

UNIVERSITE LYON II – LUMIERE
Faculté de Géographie, Histoire, Histoire de l'Art et Tourisme
Ecole doctorale des sciences des sociétés et du droit
Histoire moderne et contemporaine
Doctorat d'histoire
Nicolas GUILHOT

Histoire d'une parenthèse cartographique.
Les Alpes du nord dans la cartographie
topographique française aux 19^e et 20^e siècles.

Sous la direction du professeur Girolamo RAMUNNI
Soutenue le 29 novembre 2005

Jury : Serge CHASSAGNE, professeur à l'Université Lyon II, président ; Gilles PALSKEY, professeur à l'Université de Paris XII – Val de Marne, rapporteur ; Vittorio MARCHIS, professeur au Politecnico de Turin, rapporteur ; Monique PELLETIER, directeur honoraire du Département des cartes et plans de la Bibliothèque nationale de France ; Gérard CHAPPART, directeur de la cartotheque de l'Institut géographique national.

Table des matières

Introduction . .	9
Une histoire de la cartographie topographique des Alpes françaises. . .	9
Une définition de la cartographie topographique. . .	9
Une réponse au vide historiographique sur la cartographie contemporaine. . .	11
Une approche pluridisciplinaire dictée par les problématiques. . .	12
La spécificité de la cartographie de haute montagne en France. . .	13
Une histoire des techniques cartographiques contemporaines. . .	14
Le développement scientifique et industriel de la cartographie contemporaine. . .	15
Une périodisation technique. . .	17
Remerciements . .	18
Historiographie et méthodologie. . .	19
1. Repères historiographiques. . .	19
1.1. Etudes et collections de cartes anciennes, une proto-histoire de la cartographie. . .	20
1.2. Leo Bagrow et l'histoire classique de la cartographie. . .	22
1.3. Les nouvelles approches en histoire de la cartographie. . .	25
2. Orientations théoriques et méthodologiques. . .	36
2.1. Le corpus de cartes, reflet de la définition et des problématiques du sujet. . .	36
2.2. Archives et publications : possibilités et limites des approches envisagées. . .	42
2.3. L'approche sérielle en réponse aux spécificités de l'étude de la cartographie contemporaine. . .	46
3. Périodisation à partir d'une analyse globale des données. . .	54
3.1. Les techniques de levé utilisées, une base solide pour la périodisation. . .	54
3.2. L'activité éditoriale : mise en relief des temporalités de la production cartographique. . .	57
3.3. Les représentations cartographiques : une périodisation de la topographie indépendante. . .	62
Conclusion . .	66
Partie 1. A la croisée des influences militaire et scientifique, la géométrisation du relief par la triangulation (1800-1870). . .	69
Chapitre 1. Géodésie et cartographie topographique, naissance et développement d'une dépendance. . .	69
1.1. Le développement des méthodes de triangulation : première application de la mesure instrumentale à la représentation cartographique de la planimétrie. . .	70
1.2. La topographie militaire et l'évolution de la représentation du relief. . .	83
1.3. La Commission de topographie de 1802. . .	90
1.4. Des techniques géodésiques matures. . .	97
Conclusion . .	104
Chapitre 2. Des savants aux militaires, une autorité cartographique en quête de légitimité. . .	105
2.1. La lutte d'influence pour les spécifications de la nouvelle carte de France, 1802-1824. . .	105
2.2. Le corps des ingénieurs géographes, légitimité contestée et expertise unique. . .	116

2.3. Le Dépôt de la guerre jusqu'en 1870 : place de la cartographie topographique au sein des institutions militaires. . .	125
Conclusion . .	131
Chapitre 3. Le relief dans la carte d'état-major : entre géométrisation et figuration, la persistance de la conception fixiste. . .	132
3.1. Une base géodésique solide : la nouvelle description géométrique de la France. . .	133
3.2. Le développement problématique du nivellement topographique. . .	140
3.3. La persistance de l'approche figurative et artistique. . .	151
Conclusion . .	163
Chapitre 4. La carte d'état-major face aux Alpes : les limites d'une cartographie généraliste. . .	165
4.1. L'épreuve de la géodésie de 1 ^{er} ordre dans les Alpes, reflet de l'ignorance des conditions de travail en haute montagne. . .	165
4.2. L'adaptation aux conditions et à l'urgence des travaux dans les Alpes. . .	176
4.3. Prestige contre utilité, une motivation différente pour la carte d'état-major dans les Alpes. . .	191
Conclusion . .	196
Conclusion . .	196
Partie 2. D'une carte de France à l'autre, l'adoption d'une représentation entièrement géométrique du relief (1870-1920). . .	199
Chapitre 1. Scientifiques et ascensionnistes, les nouveaux regards sur la montagne. . .	200
1.1. La découverte artistique et littéraire de la montagne au 18 ^e siècle. . .	200
1.2. Les nouvelles approches scientifiques de la montagne. . .	203
1.3. L'excursionnisme cultivé. . .	216
Conclusion . .	226
Chapitre 2. La naissance d'une cartographie touristique et scientifique indépendante. . .	227
2.1. Une cartographie figurative soutenue par l'essor touristique. . .	227
2.2. Naissance du « topographe-alpiniste » dans les Pyrénées : la prédominance de l'approche figurative. . .	239
2.3. L'affirmation de l'approche géométrique dans les Alpes : l'influence d'Henri et Joseph Vallot. . .	247
Conclusion . .	255
Chapitre 3. De la guerre de 1870 à la première guerre mondiale, l'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie. . .	256
3.1. La défaite de 1870 et l'émergence d'une conception utilitariste de la cartographie : un bouleversement conceptuel, institutionnel et technique. . .	256
3.2. Les révisions de la carte de France : la difficile traduction pratique du problème de l'actualité d'une carte. . .	266
3.3. La conception utilitariste comme moteur de la diversification de la production cartographique. . .	281
3.4. De l'affirmation opportuniste de l'autonomie du SGA à la reconnaissance de son expertise technique, 1897-1920. . .	289
Conclusion . .	299

Chapitre 4. Le tournant méthodologique des levés de précision : une représentation entièrement géométrique du relief. . .	300
4.1. Une évolution méthodologique et structurelle autour de l'instrumentation des méthodes. . .	301
4.2. Le renversement du rapport entre géodésie et topographie. . .	308
4.3. L'affirmation du paradigme du développement scientifique de la cartographie. . .	323
Conclusion . . .	333
Conclusion . . .	334
Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940). . .	337
Chapitre 1. La Commission de topographie du Club alpin français et l'apogée des topographes-alpinistes. . .	337
1.1. La Commission de topographie : de la fédération des topographes-alpinistes au rôle d'expert en cartographie de montagne. . .	338
1.2. Le prosélytisme technique de la Commission de topographie. . .	344
1.3. L'œuvre des topographes-alpinistes, entre projet ambitieux et réalisation pragmatique. . .	355
Conclusion . . .	368
Chapitre 2. Le surinvestissement du SGA dans les Alpes, conséquence de l'opposition structurelle entre cartographies officielle et indépendante. . .	369
2.1. Le SGA et la Commission de topographie du CAF : entre relations personnelles et opposition structurelle. . .	369
2.2. Le surinvestissement du SGA dans les Alpes. . .	375
2.3. La vampirisation des travaux du CAF par le SGA. . .	398
Conclusion . . .	408
Chapitre 3. La photogrammétrie terrestre, une technique de transition vers l'industrialisation de la topographie. . .	409
3.1. Les promesses de la métrophotographie de Laussedat. . .	410
3.2. Henri Vallot, les topographes-alpinistes et les levés photographiques. . .	420
3.3. Le SGA et la mécanisation de la restitution photographique, prélude à l'industrialisation des levés topographiques. . .	429
Conclusion . . .	444
Chapitre 4. Géométrisation et formalisation de la représentation du relief : l'impact des nouvelles techniques. . .	445
4.1. Le type 1900, entre mutation conceptuelle et tradition figurative. . .	446
4.2. Le type 1922, les topographes-alpinistes et les cartes suisses : une normalisation durable de la représentation du relief. . .	456
4.3. Les impossibles tentations d'une fausse automatisation. . .	469
Conclusion . . .	475
Conclusion . . .	477
Partie 4. Normalisation et industrialisation autour des levés aériens : le déclin de la spécificité alpine (1930-1970). . .	479
Chapitre 1. D'un service cartographique militaire à un organisme civil de service : naissance et développement de l'Institut géographique national, 1938-1963. . .	480
1.1. La dernière réorganisation du Service géographique de l'armée, 1937-1940. . .	480

1.2. D'un service militaire à un institut civil : la naissance de l'IGN, 1940-1946. . .	490
1.3. Les limites de l'essor industriel d'après-guerre. . .	501
Conclusion . .	517
Chapitre 2. Le début des levés aériens et le problème de la restitution du relief, 1900-1934. . .	518
2.1. Une orientation méthodologique et technologique fixée dès le début du 20 ^e siècle. . .	519
2.2. La première guerre mondiale, catalyseur du développement des applications topographiques de la photographie aérienne. . .	526
2.3. Les années vingt, une décennie d'applications limitées et d'expérimentation. . .	533
Conclusion . .	551
Chapitre 3. Industrialisation des levés aériens : vers la disparition de la spécificité alpine (1934-1960). . .	552
3.1. Du programme de 1934 à la couverture aérienne systématique, la généralisation des levés aériens en France et dans les Alpes. . .	553
3.2. La construction d'un potentiel industriel : l'effort d'équipement et de normalisation des procédés de photographie aérienne. . .	569
3.3. Le terrain comme obstacle au rendement industriel : la rationalisation des méthodes de levés aériens. . .	586
Conclusion . .	600
Chapitre 4. Le fantasme d'une représentation scientifique du relief : la tentation topométrique. . .	601
4.1. L'industrialisation des procédés de rédaction et de reproduction cartographique. . .	602
4.2. Entre objectivité scientifique et industrialisation, le retour de la tentation topométrique. . .	611
Conclusion . .	631
Conclusion . .	632
Après 1960 : l'incursion de la problématique commerciale dans la représentation du relief. . .	634
1. L'évolution industrielle et commerciale de l'IGN, 1963-1974. . .	635
1.1. Le statut d'établissement public. . .	635
1.2. L'intégration du personnel dans les statuts de la fonction publique. . .	637
1.3. L'affirmation du caractère commercial de l'activité de l'IGN. . .	639
2. La normalisation de la représentation du relief dans le type 1972. . .	642
2.1. Le type 1972, entre orientation commerciale et réformes techniques. . .	642
2.2. La représentation du relief, un compromis dominé par la tendance scientifique. . .	646
2.3. Une acceptation rapide et complète. . .	648
3. Homogénéisation de la carte de base et déclin des spécificités de la cartographie de montagne. . .	650
3.1. Normalisation et homogénéisation de la carte de base. . .	650
3.2. L'aspect touristique, dernière spécificité de la cartographie de montagne. . .	654
Conclusion : la perte de signification de la carte de « base ». . .	659
Conclusion générale . .	662

Du désert cartographique à l'intégration complète : la haute montagne dans les cartes de France. . .	662
D'une conception fixiste à une conception utilitariste de la cartographie. . .	664
Le paradigme du développement scientifique de la cartographie. . .	665
Reconnaissance politique et industrialisation : la cartographie dans la modernisation de l'Etat. . .	667
Pour une histoire de la cartographie contemporaine. . .	668
Sources . .	671
Cartes . .	671
Cartes intégrées au corpus. . .	671
Autres cartes. . .	674
Archives . .	676
Archives de la cartotheque nationale de l'IGN. . .	676
Archives du Service historique de l'armée de terre. . .	676
Sources imprimées . .	676
Rapports d'activité . .	677
Publications périodiques. . .	677
Ouvrages et articles. . .	678
Bibliographie . .	690
Ouvrages généraux . .	690
Outils . .	690
Histoire générale, économique et culturelle . .	22
Histoire des sciences et des techniques . .	690
Histoire de la géographie et de la géomorphologie . .	691
Sémiologie et iconographie . .	692
Histoire de la lecture . .	693
Historiographie . .	693
La tradition historiographique . .	693
Le renouveau théorique des années soixante-dix et quatre-vingt . .	694
Nouvelles interrogations et nouveaux axes de recherche . .	697
Histoire de la cartographie . .	698
Techniques et pratiques. . .	698
Acteurs et institutions de la cartographie française . .	699
Les cartes de France . .	700
Découverte et représentation de la montagne . .	700
Les représentations non cartographiques . .	700
La découverte scientifique . .	701
L'alpinisme . .	701
Les représentations cartographiques . .	702
Histoire de la représentation cartographique des Alpes . .	703
Annexe 1. Glossaire des termes techniques. . .	704
Annexe 2. Reproductions. . .	716
Annexe 3. Structure de la base de données informatisées. . .	722

Commandes SQL de création de la base de données. . .	726
Annexe 4. Code PHP des fonctions de cartographie automatique. . .	727
Annexe 5. Sigles et abréviations. . .	728
Index des noms de personnes. . .	729
Index des noms de lieux. . .	742
Index des termes techniques. . .	750

Introduction

À la fin du 17^e siècle, alors que la « révolution » scientifique s'imposait aussi par la création de nouvelles structures institutionnelles, les grands Etats européens commencèrent à organiser la cartographie systématique de leur territoire. Ainsi, la carte de Cassini donna la première représentation générale de la France à moyenne échelle (une ligne pour cent toises, soit environ 1 : 86 400) ; bien que sa réalisation soit passée de l'administration civile au domaine privé, elle fut soutenue, jusqu'à sa réquisition par les militaires en 1793, par l'Académie royale des sciences qu'avait créée Colbert en 1666. Reflet des préoccupations de son temps, détermination de l'imposition foncière pour l'administration, mesure des arcs de méridien pour la science, positionnement des passages stratégiques pour les militaires, la carte de Cassini ignorait presque totalement les régions montagneuses qui commençaient à peine d'être explorées par les naturalistes du siècle des Lumières. Alors que le positionnement planimétrique des objets géographiques, c'est-à-dire leur longitude et leur latitude, s'appuyait sur les mesures du terrain effectuées lors de la triangulation générale du territoire¹, leur positionnement altimétrique n'était pas déterminé. Les éléments topographiques du paysage étaient d'ailleurs représentés dans une intention exclusivement figurative, contrairement aux éléments planimétriques (cours d'eau, routes, bâtiments, etc.) dont la représentation s'inscrivait dans une ambition d'exactitude géométrique – c'est-à-dire basée sur la mesure. La représentation topographique « scientifique » du relief ne se développa véritablement qu'aux 19^e et 20^e siècles, en même temps que l'exploration systématique des régions montagneuses. La période contemporaine marqua ainsi deux ouvertures : celle de la cartographie scientifique moderne à la troisième dimension, et celle de la haute montagne à l'activité humaine, intimement liées dans une relation complexe alimentée par la fascination des hommes pour les cartes, le progrès technique et les régions montagneuses. L'étude de cette relation est au cœur de ma thèse consacrée à l'histoire de la cartographie topographique des Alpes françaises.

Une histoire de la cartographie topographique des Alpes françaises.

Une définition de la cartographie topographique.

La cartographie répond au besoin, presque aussi ancien que l'humanité, de communiquer et de conserver la mémoire des lieux et des informations qui s'y rapportent. Bien que des peintures rupestres témoignent d'une activité proche de la cartographie dès la préhistoire et que les civilisations égyptiennes et babyloniennes aient dressé des plans urbains, la naissance de la cartographie est classiquement située dans l'Antiquité grecque durant laquelle les géographes s'attachèrent à représenter le monde connu sous la forme de cartes, en mélangeant mesures, calculs mathématiques, mythologies et réflexions philosophiques.

¹ Pour une définition de la méthode de la triangulation, voir glossaire et partie 1, chapitre 1.

Après le Moyen Age qui vit les préoccupations des géographes se concentrer sur l'aspect symbolique de la carte, ce fut d'ailleurs la redécouverte de cette géographie grecque au 16^e siècle qui posa les fondations de la cartographie occidentale moderne. Au 17^e siècle, les progrès de l'artillerie et de la guerre de siège suscitérent le développement des plans de places fortes : ces représentations détaillées d'une partie très réduite de la surface terrestre furent qualifiées de *topographiques* (du grec *topos*, lieu, et *graphein*, décrire), par opposition à la cartographie *chorographique* des atlas (du grec *choros*, paysage), aussi dite *générale*, qui couvrait de vastes régions. Mais ces deux types de représentation cartographique restaient essentiellement figuratifs, la géométrie n'intervenant que pour la détermination des systèmes de projection des mappemondes. Ce fut à l'extrême fin du 17^e siècle, sous l'impulsion de la recherche scientifique sur les dimensions de la terre et de la modernisation fiscale des Etats, que commença à s'imposer, avec la généralisation des méthodes de triangulation, une vision de la cartographie qui est encore la nôtre aujourd'hui : une carte doit représenter un lieu le plus fidèlement possible, et cette fidélité est garantie par des mesures physiques du terrain et par l'emploi de règles mathématiques pour leur transcription graphique.

Dans son acception actuelle la plus courante, la topographie est une « technique qui consiste à lever la carte ou le plan d'un terrain, à une échelle réduite, en supposant la terre plane »², « avec l'indication de son relief »³. Si cette définition générale peut effectivement s'appliquer à la cartographie topographique, elle n'est cependant pas assez précise, en particulier dans une perspective historique, pour la différencier systématiquement de la cartographie chorographique. Il me faut donc, avant toute autre considération, en faire la critique précise afin de formuler une définition plus adaptée à une étude historique de la cartographie topographique alpine.

Tout d'abord, la référence faite à une « échelle réduite » est ambiguë : si toutes les cartes utilisent une échelle *réductrice* pour représenter un territoire plus ou moins vaste sur une surface de papier forcément plus petite, les cartes topographiques sont les cartes dressées aux échelles les plus *grandes*, c'est-à-dire avec le dénominateur le plus *faible*⁴. Ensuite, la simple mention d'une « indication » du relief est aussi trompeuse : alors que les cartes chorographiques *indiquent* seulement les principales caractéristiques du relief, les cartes topographiques ont au contraire pour objectif de *représenter* avec les détails nécessaires les formes particulières du relief. Enfin, le rejet des contraintes géodésiques (« en supposant la terre plane ») n'est valable que pour des cartes topographiques locales ; les cartes d'ensemble d'un pays, souvent formées de plusieurs centaines de feuilles différentes, doivent prendre en compte la sphéricité de la terre, et donc utiliser des systèmes de projection, pour que leurs feuilles puissent être assemblées de façon cohérente.

Surtout, si le *levé*⁵ de la planimétrie et du relief du terrain est effectivement la base de toute cartographie topographique⁶, sa nature au moins partiellement *instrumentale* doit

² TLFi, *Trésor de la Langue Française informatisé* [base de données en ligne]. Nancy : CNRS - Analyse et Traitement Informatique de la Langue Française, [2002-]. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://atilf.inalf.fr>

³ Topographie. *Le Petit Robert. Dictionnaire alphabétique & analogique de la langue française*. Paris : Société du Nouveau Littré, 1970, p. 1795.

⁴ Il me faut attirer d'emblée l'attention du lecteur sur ce point : une échelle donnée est dite *supérieure* à une autre si son dénominateur est *inférieur*, puisqu'il s'agit, du point de vue mathématique, d'une fraction.

⁵ Sauf dans les citations, j'ai toujours préféré la graphie « levé » à celle plus ancienne « lever ».

être définie. En effet, certains géographes du 17^e siècle pratiquaient des repérages sur le terrain qui peuvent être considérés comme des levés très simples : c'est par exemple le cas du Piémontais Giovanni Tomaso Borgonio (1620-1683), qui fit des reconnaissances sur les lieux, entre 1676 et 1680, pour dresser sa *Carta generale de Stati di Sua Altezza Reale*⁷, publiée en 1680 à l'échelle du 1 : 192 000. Bien que considérée par certains spécialistes comme « la première véritable carte topographique militaire de l'histoire en raison de la rigueur avec laquelle les routes et les cols alpins sont représentés »⁸, elle ne me paraît pas être représentative, ni par son échelle, ni par sa méthode de levé, de la cartographie topographique moderne dont l'apparition était pourtant contemporaine. Si la mesure directe du relief, qui ne se développa que tardivement au 19^e siècle, ne me semble pas un critère pertinent pour définir cette dernière, je pense par contre que l'appui des levés sur une triangulation, c'est-à-dire l'exploitation indirecte de mesures instrumentales du terrain, en est une caractéristique fondamentale.

J'adopterai donc pour mon étude la définition, plus précise et plus restrictive, suivante : la *cartographie topographique* est une représentation graphique à grande échelle de la planimétrie et du relief d'un territoire à partir de levés effectués sur le terrain et basés sur une triangulation, représentation éventuellement établie dans un système de projection permettant de prendre en compte la sphéricité de la terre. La notion de grande échelle varie selon les époques, mais elle peut être assez généralement définie comme supérieure à 1 : 100 000 et inférieure à 1 : 10 000 dans la représentation cartographique, avec des levés effectués à des échelles supérieures au 1 : 50 000.

Une réponse au vide historiographique sur la cartographie contemporaine.

L'histoire de la cartographie reste encore un champ de recherche trop confidentiel, dominé par une pratique traditionnelle qui n'a été que tardivement et partiellement remise en cause à partir des années soixante-dix. J'ai consacré une première partie à la présentation de son historiographie et de mes choix méthodologiques, afin d'explicitier au mieux l'orientation de mon travail, mais certains éléments de cette présentation peuvent déjà être évoqués pour souligner l'intérêt d'une histoire de la cartographie topographique des Alpes à l'époque contemporaine – au-delà de ma passion pour les cartes et la montagne, qui n'est pas si différente de celle qui anima certains acteurs de cette histoire, malgré sa moindre intensité...

L'histoire de la cartographie alpine n'est pas une *terra incognita* : même s'il n'existe aucun travail jugé « classique », de nombreuses études ont traité de l'évolution des cartes alpines. Cependant, à l'image de l'ensemble de l'histoire de la cartographie, l'immense majorité de ces études ne s'est intéressée qu'à l'époque moderne, dans une approche

⁶ Voir par exemple : MARTONNE Emmanuel de. *Traité de géographie physique. Climat. Hydrographie. Relief du sol. Biogéographie*. Paris : Armand Colin, 1909, p. 371.

⁷ Connue aussi sous le nom de carte de Madame Reale et commandée à Borgonio par le roi Charles-Emmanuel II, la *Carta generale de Stati di Sua Altezza Reale* est une carte murale monochrome composée de quinze feuilles, sur laquelle le relief est représenté par un dessin estompé et ombré. Elle sert de base à plusieurs autres documents et son influence sur la cartographie des Alpes occidentales dura plusieurs décennies. Voir : ALIPRANDI Laura et Giorgio, Le relief des Alpes sur la carte de « Madama Reale » réalisée par le cartographe G. T. Borgonio en 1680. *Images de la montagne*. Paris : Bibliothèque Nationale de France, 1984, p. 95-104.

⁸ ALIPRANDI Laura et Giorgio. *La Découverte du Mont-Blanc par les cartographes, 1515-1925*. Turin : Priuli & Verlucca, 2000, p. 43 (Collection : Art dans les Alpes)

traditionnelle privilégiant l'analyse référentielle du contenu qui pourrait se résumer par la phrase suivante : « voici les erreurs des cartes anciennes par rapport à nos cartes actuelles qui sont exactes ». Cette position méthodologique est d'ailleurs intimement liée à la négligence de l'époque contemporaine : pratiquée comme une discipline d'érudition proche de la bibliophilie, l'histoire classique de la cartographie ignore les réalisations « trop récentes » qu'elle juge généralement d'une objectivité scientifique qui les soustrairait à l'analyse historique. Si le contenu factuel de ces études reste souvent du plus grand intérêt, la portée de leurs interprétations est singulièrement limitée au regard de l'histoire des sciences et des techniques, ou même de la « nouvelle » histoire de la cartographie, qui insiste sur le rôle symbolique de l'acte cartographique et sa dimension politique.

Pour autant, les « nouveaux » historiens de la cartographie n'ont encore qu'exceptionnellement abordé la période contemporaine, se limitant alors généralement au seul 19^e siècle. Si, dans le cadre d'une étude de la cartographie topographique scientifique de la haute montagne, la focalisation sur l'époque contemporaine procède directement du sujet, puisque la mesure instrumentale de l'altitude et la représentation géométrique du relief ne se développèrent qu'à partir du 19^e siècle, le choix du sujet lui-même a été dicté par ma conviction que l'histoire de la cartographie ne doit pas se limiter aux périodes antérieures à 1800 et qu'elle peut aussi traiter des évolutions récentes de cette discipline. En cela, il répond à un véritable vide historiographique sur la cartographie topographique alpine des 19^e et 20^e siècles – et même plus généralement sur toute la cartographie contemporaine.

Une approche pluridisciplinaire dictée par les problématiques.

Mon approche méthodologique s'inscrit entièrement dans cette « nouvelle » histoire de la cartographie. J'ai fait mienne la conception pluridisciplinaire défendue par Christian Jacob⁹, qu'il présente comme l'étude « quasi-anthropologique de corpus de cartes bien définis, précisément ancrés dans l'espace, le temps et le contexte culturel »¹⁰. Mon sujet et le corpus de cartes que j'ai réuni pour le traiter se définissent ainsi de la même façon : les cartes topographiques des Alpes du nord des 19^e et 20^e siècles. Cette approche pluridisciplinaire suppose de multiplier les axes d'analyse afin de donner une interprétation globale de l'acte cartographique conçu comme un fait culturel. Dans le cadre de mon étude, cette diversité a cependant été limitée, d'un côté par l'inaccessibilité de certaines archives, d'un autre côté par ma volonté de privilégier les problématiques centrales définies pour mon sujet. Ainsi, plutôt que d'étendre le cadre de mon étude au risque de me noyer dans les archives et de perdre de vue la substance de mon objet de recherche – la cartographie topographique des Alpes françaises –, je me suis consacré à des axes d'analyse dont le choix procède de prises de position fortes en faveur d'une étude de la spécificité de la cartographie topographique alpine dans la cartographie française, d'une histoire

⁹ Présentée essentiellement dans deux publications : JACOB Christian. *L'Empire des Cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*. Paris : Albin Michel, 1992, 537 p. JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Imago Mundi*, 1996, 48, p. 191-198.

¹⁰ JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Op. cit.*, p. 198.

des techniques cartographiques contemporaines et d'une étude de cas de l'évolution scientifique et industrielle de la cartographie.

La spécificité de la cartographie de haute montagne en France.

Si ma décision d'étudier la cartographie alpine tenait initialement d'une affinité régionale, elle a été rapidement, au cours des recherches qui précédèrent ma thèse, confortée par la place particulière de la représentation des régions de haute montagne dans l'évolution de la cartographie topographique. En effet, bien que les chaînes montagneuses françaises, zones de frontière à l'intérêt stratégique, aient été, dès la fin du 17^e siècle, l'objet de travaux topographiques plus importants que les simples plans des places fortes qui y étaient situées, elles furent longtemps négligées par les entreprises de cartographie générale du territoire français. Les montagnes étaient pratiquement absentes de la carte de Cassini, qui se contentait de situer planimétriquement les obstacles au déplacement qu'elles formaient. Au 19^e siècle, elles posèrent des problèmes aigus pour la réalisation de la carte de France au 1 : 80 000, dite *carte d'état-major*, d'autant plus que la direction de la carte refusa longtemps de reconnaître la difficulté des opérations sur ce type de terrain. Pourtant, ces cartes topographiques nationales s'inscrivaient dans la volonté, tant politique que scientifique, d'une représentation homogène de l'ensemble du territoire : au cours des 19^e et 20^e siècle, l'adoption et la généralisation d'une représentation géométrique du relief suscitèrent donc d'importants efforts pour l'adapter aux régions montagneuses. La conjugaison d'une méconnaissance générale de ces régions, de leur découverte scientifique et touristique par quelques pionniers et du désintérêt tardif des autorités publiques, y favorisa le développement d'une pratique cartographique très différente du reste du territoire. Cette situation apparemment paradoxale, entre ignorance tenace et attention particulière, reste une des principales originalités de la cartographie des régions alpines, et donc l'une des problématiques centrales de mon étude : dans quelles conditions apparut et se développa, entre le 19^e et le 20^e siècle, une cartographie spécifique de la haute montagne en France ?

Ma focalisation sur la cartographie française n'est pas seulement une conséquence pratique des conditions dans lesquelles j'ai mené mon travail. Certes, la réalisation d'une étude comparative systématique entre les cartographies française, suisse et italienne des Alpes du nord, aurait nécessité des moyens difficiles à mettre en œuvre dans une thèse de doctorat. Mais la France présente une situation très particulière qui renforce mon questionnement sur la spécificité de la cartographie de haute montagne. En effet, elle concentra – et singulièrement dans les Alpes du nord – l'essentiel de l'activité d'une cartographie topographique indépendante qui se développa dans la deuxième moitié du 19^e siècle, à la suite de l'essor de la glaciologie, de la géomorphologie et de l'ascensionnisme. L'objectif de cette cartographie était de donner une représentation de la montagne plus satisfaisante que celle des cartes de France ; sa structuration autour du Club alpin français, au début du 20^e siècle, permit le développement d'une importante production privée. La coexistence d'une cartographie officielle, réalisée par des topographes militaires professionnels, et d'une cartographie indépendante, réalisée par des topographes civils amateurs, constitue une situation profondément originale dans l'histoire de la cartographie, dominée depuis le 17^e siècle par des entreprises exécutées sous le seul contrôle des Etats. En imposant un regard spécifique sur la haute montagne, l'influence profonde de ces topographes indépendants marqua une parenthèse cartographique de plus d'un siècle,

entre le milieu du 19^e siècle et les années soixante. La cohérence de mon sujet procède essentiellement de l'étude de cette dualité originale, replacée dans le contexte plus large de la cartographie française des 19^e et 20^e siècles.

Cette double problématique justifie une approche elle-même double. D'un côté, l'étude de la spécificité de la représentation topographique de la haute montagne ne se conçoit qu'en parallèle d'une étude plus générale de la cartographie topographique en France qui fournit le contexte politique, institutionnel et technique des développements particuliers dans les régions montagneuses. A bien des égards, ce travail a consisté en une analyse critique de l'histoire de la cartographie officielle, exclusivement écrite par des auteurs appartenant aux différents services qui l'ont produite. L'étude de la cartographie des Alpes du nord autorise un regard particulièrement pertinent, tant sur l'investissement politique, du fait de la situation stratégique de la chaîne qui motiva de nombreuses travaux cartographiques, que sur l'évolution des techniques, du fait de la difficulté de sa représentation qui focalisa de nombreuses expérimentations méthodologiques dont la plus importante fut l'introduction des levés photographiques. Plus qu'une simple étude de cas, j'envisage donc ma thèse comme une histoire parallèle de la cartographie topographique en France et dans les Alpes, avec des allers-retours constants entre les deux domaines, chacun servant à préciser des éléments ou à ouvrir de nouvelles pistes d'interprétation pour l'autre.

D'un autre côté, j'ai aussi étudié les spécificités de la cartographie alpine en elles-mêmes, avec une attention particulière pour la cohabitation entre topographes officiels et indépendants, qui n'avait été abordée que dans des études reprenant systématiquement, sans les critiquer, les éléments de l'histoire « officielle » des topographes indépendants, martelés dans leur très riche production littéraire. Contrairement à celles-ci, j'ai appliqué une analyse historique plus stricte, insistant sur les conditions dans lesquelles se développa cette cartographie alternative pour mesurer son influence nationale, au regard des nouvelles problématiques de l'histoire des sciences et des techniques et de l'histoire de la cartographie. J'avais initialement envisagé d'appuyer cette analyse sur une prosopographie des acteurs de la cartographie alpine, mais l'inaccessibilité de l'immense majorité des dossiers du personnel du service cartographique officiel m'a empêché de la mener à bien. L'étude sociologique du milieu de la cartographie que prône Christian Jacob s'est donc malheureusement réduite, dans mon travail, à quelques hypothèses formulées à partir de l'analyse des rares références à ces acteurs dans les archives cartographiques que j'ai pu consulter. Elles suffirent pourtant à donner une vision cohérente et détaillée des conditions de l'activité cartographique dans les Alpes, en particulier de l'essor de topographes spécialisés dans la représentation de la haute montagne.

Une histoire des techniques cartographiques contemporaines.

Si mon étude parallèle des cartographies alpine et française s'inscrit dans une histoire institutionnelle et une histoire sociale, j'ai pourtant privilégié l'histoire des techniques comme principal axe d'analyse, en réponse à une véritable nécessité historiographique : malgré les vœux de David Woodward¹¹, l'étude des techniques cartographiques avec les nouveaux outils conceptuels de l'histoire des techniques est restée dédaignée, en particulier pour l'époque contemporaine. Cette préférence participe également d'un rejet de l'approche érudite classique : j'ai ainsi décidé de négliger le contenu des cartes et de me consacrer quasi-exclusivement à l'étude détaillée et systématique de leur contenant, c'est-à-dire des

¹¹ WOODWARD David. The study of the history of cartography : a suggested framework. *American Cartographer*, 1974, 1, p. 101-115.

techniques employées pour réaliser le discours cartographique, depuis la réunion des informations sur le terrain jusqu'à leur impression sous la forme d'un objet-carte physique.

Ce choix théorique m'a poussé à n'aborder qu'accessoirement les questions relatives au contenu cartographique, en particulier les problèmes de frontière – dont je ne conçois d'ailleurs l'analyse que dans une étude comparative internationale qui sort de mon cadre problématique. Par contre, l'utilisation, à de nombreuses reprises, des Alpes du nord comme un véritable laboratoire pour le développement de nouveaux procédés cartographiques, m'a permis de traiter, d'une façon plus générale, de l'évolution de l'ensemble des techniques cartographiques contemporaines. D'un point de vue méthodologique, ce choix m'a aussi imposé l'adoption d'une véritable analyse sérielle, contrairement à la traditionnelle méthode cartobibliographique dont les listes de cartes servent surtout à identifier les modifications du contenu ou à aider le collectionneur : j'ai ainsi soumis les cartes de mon corpus, réunies dans une base de données informatique, à une étude statistique systématique pour mettre à jour les caractères de l'évolution de la production cartographique et des techniques de représentation topographique.

Ma focalisation sur l'histoire des techniques cartographiques m'a incité à redéfinir le sujet en fonction de temporalités strictement techniques : ainsi, la période chronologique couverte par mon étude a été déterminée par l'évolution des méthodes de représentation cartographique de la montagne, entre le développement de la représentation géométrique du relief au début du 19^e siècle et la généralisation de procédés niant les spécificités de la cartographie de montagne dans les années soixante et soixante-dix. Il ne s'agit pas d'un postulat épistémologique : je pense au contraire qu'il est tout à fait possible, et même souhaitable, de faire une histoire de la cartographie présente – comme certains font une histoire du temps présent. Mais les années soixante-dix marquent une rupture profonde dans l'évolution cartographique, dont je soulignerai d'ailleurs les caractéristiques dans la partie pré-conclusive de mon étude. L'informatisation, l'affirmation de la problématique commerciale et la diversification des activités du service cartographique officiel participent à une évolution qui dépasse mon sujet puisqu'elle n'est absolument plus centrée sur la seule représentation topographique du territoire.

La focalisation sur l'étude des techniques cartographiques m'a également entraîné à privilégier l'étape de production cartographique à celle de réception des cartes produites ; je n'ai également abordé les techniques de reproduction elles-mêmes que quand elles influaient sur l'évolution des procédés de rédaction cartographique. Cette préférence se justifie surtout par des problèmes liés aux sources exploitables : comme toutes les questions touchant à l'histoire de la lecture, l'étude de la diffusion et de l'utilisation des cartes se heurte à l'absence quasi-totale de traces matérielles laissées par ces activités et nécessite la mise en place de protocoles de recherche particulièrement complexes et lourds, dont les exemples en histoire de la lecture montrent qu'ils ne peuvent être assurés que par des équipes de recherche travaillant sur le long terme. Cependant, mon étude des techniques cartographiques offre un point de vue pertinent sur l'utilisation des cartes, en particulier pour le fonctionnement du discours cartographique et les liens entre les modes de représentation adoptés et les utilisations potentielles ; j'ai ainsi pu émettre, chaque fois que mes sources le permettait, des hypothèses intéressantes sur l'utilisation des cartes et son influence sur leur réalisation.

Le développement scientifique et industriel de la cartographie contemporaine.

Plus généralement, je conçois aussi mon travail comme une étude de cas du développement de la cartographie topographique moderne, que je qualifierai souvent de *scientifique* puisque la généralisation de la mesure du terrain et de sa représentation géométrique l'ont fait percevoir comme telle par ses acteurs eux-mêmes. Cette axe d'analyse procède essentiellement de l'utilisation des outils conceptuels de l'histoire des sciences pour une étude globale de l'évolution de la cartographie. Dans un essai théorique fondamental, John Brian Harley a émis l'hypothèse que cette évolution s'inscrivait depuis le 17^e siècle dans un paradigme de développement scientifique, selon lequel les progrès de la mesure et de la normalisation permettaient une représentation toujours plus précise et objective de la surface terrestre¹². A cause de la traditionnelle ignorance de l'époque contemporaine en histoire de la cartographie, très peu de travaux ont traité des éventuelles manifestations récentes de ce paradigme : en étudiant l'évolution de l'histoire topographique sur les deux derniers siècles, j'ambitionne donc aussi d'étudier les modalités de sa généralisation, ce qui justifie ma focalisation – pas tout à fait exclusive toutefois – sur les productions topographiques réalisées à partir de levés originaux du terrain, c'est-à-dire à partir de nouvelles mesures.

Si la généralisation de ce paradigme me paraît évidente, je l'ai pourtant soumise à une critique historique systématique pour étudier dans quelle mesure cette *conception* scientifique de la cartographie s'est traduite dans la *pratique* elle-même. La période contemporaine marque le passage d'une pratique artisanale à une pratique industrielle, qui s'observe aujourd'hui par l'automatisation de l'exploitation des levés, la mécanisation des procédés de reproduction, l'importance du facteur commercial – c'est-à-dire de la vente du *produit*. Si les impératifs scientifiques et industriels coïncident sous certains aspects avec la rationalisation du processus cartographique, ils s'opposent également dans d'autres domaines, principalement celui de la précision souvent limitée par les exigences de rendement. J'ai donc porté une attention particulière au rapport entre ces deux orientations fondamentales de la cartographie contemporaine, dans les compromis et les arbitrages qui se sont souvent opérés entre la nécessité industrielle et la volonté scientifique.

En définitive, je conçois donc aussi ma thèse comme une étude de cas de la « scientificisation » et de l'industrialisation de la cartographie à l'époque contemporaine. Pour autant, il ne s'agit pas d'une simple ouverture sur un domaine plus large, mais bien d'une analyse essentielle pour traiter de l'évolution contemporaine de la cartographie alpine. Dans le même mouvement d'aller-retour permanent que j'ai adopté pour l'étude des cartographies alpine et française, mon étude de la cartographie des Alpes du nord fournit des éléments à l'analyse de l'évolution industrielle et scientifique de la cartographie en même temps qu'elle profite des conclusions de cette analyse. En particulier, les changements récents qui aboutirent au déclin de la spécificité de la cartographie alpine – pour ainsi dire à la fermeture de cette parenthèse cartographique – furent essentiellement motivés par l'industrialisation de la pratique cartographique et l'essor de la problématique commerciale. Ainsi, même si j'aborde des sujets qui dépassent la seule cartographie alpine, toutes mes analyses participent au questionnement central qui assure la cohérence de mon étude : quelles furent la place et l'influence de la représentation des Alpes du nord dans la cartographie topographique française aux 19^e et 20^e siècles.

¹² HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. In BAILLY Antoine éd., GOULD Pierre éd., *Le Pouvoir des cartes : Brian Harley et la cartographie*. Paris : Anthropos-Economica, 1995, p. 63-64 et 67.

Une périodisation technique.

Bien qu'elle comporte une histoire critique de l'évolution institutionnelle de la cartographie française, ma thèse reste essentiellement consacrée à l'histoire des techniques de la cartographie qui fait tant défaut pour l'époque contemporaine. J'ai donc basé son organisation sur une périodisation des ruptures techniques, déterminée par l'analyse statistique de mon corpus de feuilles que j'ai détaillée dans une première partie traitant de l'historiographie et de mes choix méthodologiques. Cette périodisation montre qu'aux 19^e et 20^e siècles, l'évolution de la représentation cartographique de la haute montagne est fondamentalement marquée par le développement de la mesure instrumentale du terrain, puis par l'industrialisation des pratiques cartographiques, qui constituent donc le double fil conducteur de mon étude.

Entre 1800 et 1870, la cartographie française fut dominée par la réalisation de la carte de France au 1 : 80 000, dite *carte d'état-major*, qui remplaçait la carte de Cassini jugée dépassée : à la croisée des influences militaire et scientifique, cette nouvelle carte de France imposa une géométrisation limitée de la représentation du relief, basée sur les seules mesures fournies par la triangulation. Mais le désintérêt quasi-total des contemporains pour les régions de haute montagne participa à une représentation essentiellement figurative de celles-ci. La couverture des Alpes illustre parfaitement l'ignorance complète des difficultés de la haute montagne par la direction de la carte de France, en même temps qu'elle montre les limites d'une cartographie généraliste face à un milieu si particulier, posant les fondations d'une cartographie spécifique de la haute montagne.

Entre 1870 et 1920, l'essor de la découverte scientifique et touristique de la haute montagne entraîna le développement d'une cartographie indépendante de plus en plus structurée, alors que l'industrialisation de la France favorisait l'adoption d'une représentation plus géométrique du relief, basée sur les courbes de niveau, afin de répondre aux nouveaux besoins techniques. Le choc de la guerre de 1870 accéléra la modification profonde de la conception de la carte, désormais perçue comme un outil de terrain dont la valeur reposait en grande partie sur l'actualité : cette mutation majeure constitue une rupture épistémologique qui précipita l'ouverture de la haute montagne à une cartographie scientifique basée sur la mesure. Les levés de précision du service officiel, particulièrement développés dans les Alpes du nord, marquèrent un tournant méthodologique qui affirma l'importance des levés topographiques par rapport aux opérations de triangulation. A l'extrême fin du 19^e siècle, ces changements profonds s'incarnèrent finalement dans le projet d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000.

Entre 1890 et 1940, l'apogée de la cartographique indépendante des Alpes participa à une convergence originale des problématiques militaires et alpinistes : si la géométrisation de la représentation du relief était encore accentuée par le développement des méthodes de levés photographiques, la conception de la carte comme une glorification de la montagne favorisa la persistance d'une approche figurative focalisée sur l'expressivité de la figuration du relief. Le surinvestissement de la représentation des Alpes par le service officiel montre que la concurrence des topographes indépendants constituait une véritable opposition structurelle, parfaite illustration de la dimension politique de l'acte cartographique. Durant cette période, plus que toute autre, la cartographie de la haute montagne fut conçue comme une activité spécifique, confiée à des spécialistes dont l'excellence artisanale s'opposait à l'industrialisation.

Entre 1930 et 1960, la généralisation des levés aériens permit finalement une industrialisation croissante du processus cartographique, qui se traduit autant dans le domaine technique que dans le domaine institutionnel. L'affirmation de la problématique de la productivité entraîna une normalisation croissante qui s'opposait à la persistance des spécificités de la cartographie de haute montagne : même si les conséquences *cartographiques* de l'industrialisation furent limitées par la lenteur du renouvellement des cartes alpines, elles mirent en place un système de représentation qui niait les particularités du dessin topographique de la haute montagne, dont le levé était déjà définitivement inscrit dans un programme national normalisé. Avec l'abandon de la publication de la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 10 000 par l'Institut géographique national, l'année 1959 marque la fin de la dernière entreprise cartographique spécialement conçue pour la représentation des Alpes, depuis les levés jusqu'à la rédaction. J'ai donc symboliquement adopté cette année comme la limite chronologique postérieure à mon étude, même si pour de nombreux domaines mon analyse se poursuit en fait jusqu'à la fin des années soixante-dix.

Finalement, dans une sorte de pré-conclusion, j'aborderai la question de l'incursion de la problématique commerciale dans la représentation du relief, puisque l'essor du tourisme de montagne et l'orientation commerciale de l'IGN me paraissent être les facteurs fondamentaux de l'évolution récente de la cartographie de montagne. En soulignant les nouvelles conditions dans lesquelles se fait et s'utilise cette cartographie, je montrerai que les années soixante marquèrent la fin d'une cartographie topographique spécifique de la haute montagne qui s'était développée depuis le milieu du 19^e siècle, formant une parenthèse cartographique originale de plus d'un siècle.

Remerciements

Avant tout, je remercie Nathalie, parce que le bonheur qu'elle m'apporte a été le plus indispensable des soutiens.

Je remercie également mes parents qui m'ont élevé dans l'amour de la connaissance et m'ont soutenu depuis si longtemps, ma mère pour sa lecture attentive et critique de ce texte, mon père à qui je dois sans aucun doute mon goût pour les cartes, ainsi que toute ma famille et tous mes amis, en particulier Claire et Renaud qui ont réussi à finir leurs études avant moi...

Tous mes remerciements vont aussi à mon directeur, le professeur Girolamo Ramunni, qui m'a suivi au long de ma formation à la recherche en histoire des sciences et des techniques, pour son exigence intellectuelle et son ouverture d'esprit qui m'ont permis d'aborder d'un point de vue novateur le champ de recherche peu fréquenté de l'histoire de la cartographie.

Je suis reconnaissant aux directeurs successifs de la carto-thèque de l'Institut géographique national, Jean-Claude Dupuis et Gérard Chappart, pour m'avoir laissé consulter avec une totale liberté ces très riches archives cartographiques, ainsi qu'à tout le personnel de la carto-thèque et de la photothèque pour son excellent accueil.

Je remercie également tous les membres du jury, en particulier Gilles Palsky, qui a immédiatement accepté d'être rapporteur, preuve de son soutien sans faille à l'histoire de la cartographie française, et Vittorio Marchis, qui, dans une situation pressante, a également accepté d'être rapporteur.

Historiographie et méthodologie.

Avant de consacrer mes recherches à la cartographie topographique des Alpes françaises, ma découverte des problématiques les plus récentes de l'histoire de la cartographie s'était faite en dilettante à travers la lecture de deux livres très différents, mais parcourus par la même volonté d'appréhender la carte dans une perspective historique plus large que sa simple conception comme un document géographique représentant une partie de la surface terrestre. *Des Chiffres et des cartes*, le livre de Gilles Palsky sur la cartographie thématique française au 19^e siècle¹³, m'initia par son introduction remarquablement synthétique et stimulante aux travaux des fondateurs de la « nouvelle » histoire de la cartographie¹⁴, David Woodward et Brian Harley. *L'Empire des cartes*¹⁵, le livre de réflexion méthodologique de Christian Jacob, me montra, à travers son cheminement empirique dans l'étude d'un choix de cartes, la possibilité d'une approche globale et pluridisciplinaire de l'histoire de la cartographie que je tentai plus tard de faire mienne – avec les inévitables adaptations aux sources disponibles et une orientation plus marquée vers l'histoire des sciences et des techniques. L'étude détaillée de l'historiographie de ce champ de recherche m'avait en effet convaincu de la pertinence et de l'efficacité d'une telle approche, que Christian Jacob définissait lui-même comme l'étude « quasi-anthropologique de corpus de cartes bien définis, précisément ancrés dans l'espace, le temps et le contexte culturel »¹⁶. C'est donc dans cette perspective que j'ai abordé l'histoire de la cartographie topographique des Alpes françaises au 19^e et 20^e siècle, le corpus de cartes étant défini par la région géographique et la période concernées, un choix se justifiant à la fois par une affinité régionale et par le rôle crucial que joua la représentation des Alpes du nord dans l'évolution technique de la cartographie topographique en France. Les spécificités de la production cartographique contemporaine, en particulier la production en série, m'encouragèrent à adopter des méthodes d'analyse sérielle beaucoup plus poussées que dans la tradition cartobibliographique, avec notamment la conception d'une base de données dont l'exploitation statistique globale a permis une périodisation pertinente du sujet de mon étude.

1. Repères historiographiques.

¹³ PALSKEY Gilles. *Des Chiffres et des Cartes, naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siècle*. Paris : CTHS, 1996, 333 p.

¹⁴ Je place le qualificatif *nouvelle* entre guillemets parce que l'appellation de « nouvelle » histoire de la cartographie ne désigne pas une école historique bien structurée et définie autour d'une approche théorique commune, comme a pu l'être l'école des Annales, bien que l'expression ait été employée par de nombreux chercheurs, notamment Christian Jacob qui employait lui aussi les guillemets de circonstance (voir infra, « Historiographie... », 1.3.5).

¹⁵ JACOB Christian. *L'Empire des Cartes. Op. cit.*

¹⁶ JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Op. cit.*, p. 198.

1.1. Etudes et collections de cartes anciennes, une proto-histoire de la cartographie.

Si tous les spécialistes s'accordent pour dater des années trente l'affirmation de l'histoire de la cartographie en un champ de recherche indépendant de la géographie, cela ne veut absolument pas dire qu'il n'y avait pas d'études historiques des cartes avant le 19^e siècle. Bien au contraire, dans sa première acception, le mot *cartographie*, néologisme fabriqué au milieu du 19^e siècle par le vicomte de Santarém à partir du grec *chartes* désignant la feuille de papier ou de papyrus qui servait de support à la carte dans l'antiquité tardive, signifiait seulement l'étude des cartes anciennes ; il n'engloba qu'un peu plus tard l'art et la science de fabriquer des cartes¹⁷.

1.1.1. L'étude des cartes anciennes comme base de l'activité cartographique dans l'Antiquité et au Moyen Age.

Assez paradoxalement, l'étude des cartes anciennes est presque aussi vieille que les premières traces connues de cartes dessinées – si l'on excepte les quelques exemples de peintures préhistoriques pouvant être assimilés à des dispositifs cartographiques primitifs. Une science géographique « moderne » se développa dans l'antiquité grecque et romaine sur le commentaire et la critique des cartes anciennes¹⁸. Les géographes redessinaient le monde connu en corrigeant, en annotant ou en confirmant les données contenues sur les cartes ou dans les textes de leurs prédécesseurs. Ces commentaires successifs furent pratiqués dès le 6^e siècle avant Jésus-Christ par Hérodote et Anaximandre, ce dernier étant généralement reconnu comme le premier cartographe¹⁹. Au 2^e siècle de notre ère, Claude Ptolémée s'inscrivait dans la même tradition quand il rédigeait sa *Géographie*.

L'intérêt pour les cartes anciennes ne connut pas de véritable déclin, même au cours de ce qui fut souvent qualifié d'« âges sombres » après la chute de l'Empire romain d'occident. Si les cartes grecques n'étaient plus connues et que la géographie s'était orientée – certains diraient qu'elle avait régressé – vers une vision plus symbolique, l'étude historique des cartes demeurait une pratique classique du savoir. Des manuscrits reproduisaient ainsi en ordre chronologique des mappemondes des périodes essentiellement romaine et post-romaine²⁰. Surtout consacrés à l'évolution des idées cosmogoniques, ils permirent cependant la conservation d'un important corpus de cartes anciennes et le début d'une accumulation de connaissances qui servit de base à l'histoire de la cartographie au 20^e siècle.

1.1.2. La séparation de l'étude des cartes anciennes et de la cartographie moderne.

¹⁷ HARLEY John Brian, WOODWARD David. Préface. In HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 1, *Cartography in prehistoric, ancient and medieval Europe and the Mediterranean*. Chicago : University of Chicago Press, 1987, p. xvii.

¹⁸ JACOB Christian. *Géographie et ethnographie en Grèce ancienne*. Paris : Armand Colin, 1991, p. 37-38.

¹⁹ *ibidem*, p. 36.

²⁰ SKELTON Raleigh Ashlin. *Maps : a historical survey of their study and collecting*. Chicago : The University of Chicago Press, 1972, p. 64-65.

Au 16^e siècle, la redécouverte des cartes de la *Géographie* de Ptolémée favorisa l'émergence d'une cartographie moderne qui portait un regard nouveau sur les cartes anciennes : elles servaient toujours de sources documentaires pour la réalisation de nouvelles cartes, mais elles étaient également regardées comme des monuments de l'antiquité, au sein du mouvement intellectuel de l'humanisme, construit sur la redécouverte des connaissances grecques et romaines. Dans une orientation nouvelle vers l'utilisation de données contemporaines pour la réalisation des cartes (portulans²¹, récits de voyage, etc.), la cartographie moderne rejeta peu à peu les cartes anciennes comme sources documentaires, sans pour autant ralentir le développement de l'attention systématique qui leur était consacrée. Dans les atlas, les cartes anciennes et les *tabulae modernae* commencèrent à être présentées dans des parties distinctes²², jusqu'à la séparation définitive : en 1578, Mercator publiait un atlas des seules cartes de Ptolémée, soulignant leur intérêt purement historique. Au 17^e siècle, le développement des techniques de triangulation et l'emploi des chronomètres pour déterminer les longitudes affirmèrent l'importance de la mesure du terrain dans la réalisation des cartes et achevèrent d'écarter les cartographes des œuvres de leur prédécesseurs pour privilégier les relevés originaux.

L'intérêt historique pour les cartes se focalisa alors sur la reproduction et la compilation de cartes anciennes, dans la tradition médiévale de copie des manuscrits. Parallèlement, les collections de cartes se développaient depuis le 16^e siècle sous l'influence du goût de l'époque pour la collection (cabinets de curiosités, encyclopédies, etc.), mais aussi pour répondre à des besoins particuliers, comme l'arbitrage des litiges politiques ou juridiques sur les limites des territoires, ou encore l'histoire des découvertes ou de la géographie antique, spécialité d'humanistes collectionneurs de cartes comme Konrad Peutinger. Les atlas et les cartes commencèrent à être classés dans des catégories spécifiques dans les bibliothèques, et à partir du 17^e siècle des sections particulières leurs furent consacrées. Un véritable marché d'antiquité s'épanouit avec le développement des collections de cartes, certains documents du 15^e siècle étant même regravés sur de nouvelles plaques pour permettre une diffusion plus importante. Cependant, ce vif intérêt pour les cartes anciennes tenait essentiellement de la philologie spécialisée et ne proposait pas une vision générale de l'histoire de la cartographie. Si le contenu de certaines cartes était parfois étudié sommairement, il s'agissait surtout d'un travail de compilation et d'édition, systématisé sous la forme biobibliographique regroupant les biographies de cartographes avec les listes de leurs réalisations, une approche intimement liée au succès de la méthode des encyclopédistes.

1.1.3. L'influence d'une géographie institutionnalisée.

Au 19^e siècle, l'institutionnalisation de la géographie favorisa l'intensification de l'intérêt pour les cartes anciennes. Les sociétés de géographie²³, avec leurs journaux et leurs collections de cartes, formaient un cadre particulièrement adapté à l'étude des cartes

²¹ Premières cartes marines destinées aux navigateurs.

²² Brian Harley cite un exemplaire de la *Géographie* de Ptolémée imprimé à Strasbourg en 1513 comme le premier ouvrage séparant dans différentes sections les deux types de cartes. HARLEY John Brian. The Map and the development of the history of cartography. In *The History of Cartography*. Vol. 1. *Op. cit.*, p. 7.

²³ La Société de Géographie de Paris fut créée en 1821, la Gesellschaft für Erdkunde de Berlin en 1828, la Royal Society of London en 1830 – pour ne citer que les trois premières.

anciennes, même si celle-ci ne fut jamais considérée comme une préoccupation majeure. Le développement des sections spécialisées des grandes bibliothèques joua également un rôle notable²⁴. Si leur objet principal restait de permettre l'étude comparative et détaillée des cartes géographiques pour la résolution de litiges politiques, diplomatiques ou historiques, ces départements devinrent rapidement le centre de travaux sur l'histoire de la cartographie, que les conservateurs eux-mêmes étaient encouragés à mener. Parallèlement, le marché des antiquités et les collections privées ne cessaient de se développer, avec des tendances plus ou moins érudites ou commerciales.

Toutes les ressources nécessaires à une histoire de la cartographie étaient ainsi réunies, mais elle ne se faisait toujours pas de façon indépendante : elle continuait à servir une histoire de la géographie conçue principalement comme une histoire des découvertes et explorations géographiques, ou à favoriser le seul objectif d'accroissement des collections. Cependant, les thèmes abordés et les méthodes employées constituèrent une partie importante de l'héritage intellectuel sur lequel se constitua un champ de recherche indépendant au début du 20^e siècle. En particulier, la méthode biobibliographique connut une certaine formalisation. Les monographies d'études de cartes anciennes ou les essais introduisant les atlas de fac-similés étaient presque toujours formés de listes de cartes, souvent complétées par des biographies. Mais des principes d'analyse et de classification spécifiques aux documents cartographiques furent mis au point, notamment dans les travaux d'Herbert Fordham qui inventa le terme de *cartobibliographie*²⁵ pour désigner cette pratique qui forma le socle méthodologique de l'histoire classique de la cartographie.

1.2. Leo Bagrow et l'histoire classique de la cartographie.

L'histoire de la cartographie ne se constitua en champ de recherche autonome et indépendant qu'à partir des années trente, sur la base d'un intérêt pour les cartes anciennes qui avait traversé les époques et qui, en accumulant connaissances et savoirs, avait posé les fondations de la recherche d'une compréhension plus globale de ces faits historiques découverts qu'étaient les cartes anciennes. Ce processus d'accumulation avait été particulièrement développé dans les sociétés colonisatrices et industrielles occidentales, ce qui favorisa une tendance eurocentriste et une préférence pour les périodes antérieures à 1800 dans une discipline encore profondément attachée aux méthodes traditionnelles comme la cartobibliographie.

1.2.1. Les premières synthèses de l'histoire de la cartographie : le poids de la *Geschichte der Kartographie* de Leo Bagrow et d'*Imago Mundi*.

L'un des signes les plus représentatifs de l'indépendance de l'histoire de la cartographie fut la publication des premiers essais de synthèse générale sur l'évolution de la cartographie des sociétés occidentales. Brian Harley recense bien quelques tentatives limitées dans

²⁴ La Collection géographique spéciale, qui devint le Département des Cartes et Plans, fut créée en 1828 à Paris, sous la direction de Jomard, le Department of Maps and Charts du British Museum en 1867, le Hall of Maps and Charts, qui devint la Geography and Map Division, en 1897 à la Library of Congress de Washington.

²⁵ FORDHAM Herbert George. *Studies in carto-bibliography, British and French, and in the bibliography of itineraries and road-books*. Oxford : Clarendon Press, 1914, 180 p.

les années vingt, comme *Die Kartenwissenschaft* de Max Eckert²⁶ dans laquelle l'auteur analysait systématiquement les caractéristiques et l'évolution de différents types de cartes, établissant ainsi des principes généraux d'études sans tenter de réelle synthèse historique. Mais les premières véritables histoires générales de la cartographie furent publiées plus tardivement autour de 1950. Destinées à servir d'ouvrages d'introduction et de référence pour les étudiants ou les amateurs – principalement collectionneurs –, elles stigmatisaient l'absence d'approche synthétique dans les publications d'histoire de la cartographie tout en soulignant la difficulté d'une telle synthèse à cause du manque d'études préliminaires détaillées dans de nombreux domaines. Publiée en 1949, *The Story of Maps* de Lloyd Brown²⁷ tenait plus de l'histoire narrative que d'un véritable travail de synthèse, abordant de nombreux thèmes sans structure précise. *Maps and their makers* de Gerald Crone (1953)²⁸ était mieux organisé, incorporant même dans sa deuxième édition de 1962 un chapitre sur les cartes contemporaines, mais son volume réduit le limitait à une introduction rapide.

L'œuvre la plus influente fut sans doute *Die Geschichte der Kartographie*, achevée dès 1943 par Leo Bagrow mais publiée seulement en 1951²⁹. Accueillie comme une remarquable synthèse dans un champ de recherche qui souffrait de l'absence d'ouvrages généraux, elle excluait pourtant de nombreux aspects de la cartographie, en particulier les méthodes de réunion des données, et s'arrêtait au 18^e siècle, période à laquelle Bagrow notait que les cartes cessaient d'être des œuvres d'art produites artisanalement par des personnes individuelles – et qu'elles cessaient donc de l'intéresser. Ce trait caractéristique eut une influence considérable sur le développement de l'histoire de la cartographie, tant dans les publications historiques que sur le marché des collectionneurs alors en pleine structuration³⁰, même si de nombreuses courtes synthèses au parti pris parfois moins radicaux furent régulièrement publiées entre 1950 et 1980 pour satisfaire l'intérêt constant du public pour les cartes anciennes³¹.

L'influence des choix de Leo Bagrow fut singulièrement accrue par la ligne éditoriale qu'il imposa à *Imago Mundi*, le « Journal of the International Society for the History of Cartography » qu'il avait fondé en 1937 et qu'il dirigea de façon quasi-dictatoriale jusqu'à

²⁶ ECKERT Max. *Die Kartenwissenschaft : forschungen und Grundlagen zur einer Kartographie als Wissenschaft*. Berlin : Walter de Gruyter, 1921-1925. 2 vol.

²⁷ BROWN Lloyd. *The Story of Maps*. Edition révisée [Boston : Little-Brown, 1949]. New York : Dover Publications, 1979, 397 p.

²⁸ CRONE Gerald Roe. *Maps and their makers : an introduction to the history of cartography*. Edition révisée [Londres : Huchinson University Library, 1953]. Folkestone, Dawson, 1968, 152 p.

²⁹ Je n'ai personnellement pu consulter à la Bibliothèque nationale de France que la traduction allemande (1963) de l'édition anglaise révisée (1964) de l'édition originale (1951) : BAGROW Leo, SKELTON Raleigh Ashlin éd. *Meister der Kartographie*. Traduction de l'édition anglaise révisée. Berlin : Safari-Verlag, 1963, 579 p.

³⁰ Autour de cercles d'amateurs comme le Circle of Lovers of Russian Antiquities fondé par Leo Bagrow à Berlin en 1927, The International Coronelli Society for the Study of Globes and Instruments (1952), la Chicago Map Society (1976) ou l'International Map Collector's Society (1980), et de certaines publications comme le *Map Collectors' Circle* (1963-1975) puis le *Map Collector* (à partir de 1977).

³¹ Je citerai seulement : LIBAULT André. *Histoire de la cartographie*. Paris : Chaix, 1959, 88 p. ; THROWER Norman J. W. *Maps and man : an examination of cartography in relation to culture and civilization*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1972, 184 p. ; KISH Georges. *La carte : image des civilisations*. Paris : Seuil, 1980, 287 p. ; HODGKISS Alan Geoffrey. *Understanding maps : a systematic history of their use and development*. Folkestone : Dawson, 1981 ; KUPCIK Ivan. *Cartes géographiques anciennes : évolution de la représentation cartographique du monde de l'antiquité à la fin du XIXe siècle*. Paris : Gründ, 1981, 240 p.

sa mort en 1957³². Ses éditoriaux affichaient clairement sa conception de la revue comme un forum ouvert visant à coordonner les recherches sur les cartes anciennes en nombre de plus en plus important, mais l'étude du contenu de la revue menée par Brian Harley³³ montre les fondations intellectuelles relativement fermées sur lesquelles l'histoire de la cartographie s'est constituée, dominées par l'eurocentrisme et la préférence pour les périodes antérieures au 19^e siècle. Si *Imago Mundi* fédéra effectivement les recherches internationales dans ce domaine, elle le fit sur le modèle de la *Geschichte der Kartographie* de Leo Bagrow, qui reprenait la tradition occidentale d'étude des cartes anciennes.

1.2.2. De nouvelles structures liées au développement de la cartographie.

L'essor de l'histoire de la cartographie fut également favorisé par le développement de la cartographie elle-même en une discipline académique distincte de la géographie. L'augmentation de la production cartographique des sociétés industrielles participa à l'indépendance de la cartographie, alors qu'elle était plus ou moins discréditée dans le milieu des géographes qui ne voyaient en elle qu'une simple discipline technique, auxiliaire nécessaire et inférieur de la science géographique³⁴. La publication séparée de bibliographies spécialisées dans la cartographie témoignait d'une coupure laissant une plus grande place à l'histoire de la cartographie³⁵, intégrée dans une catégorie spécifique qui représentait par exemple 14,5 % des références citées dans la *Bibliotheca cartographica* depuis sa première publication en 1957³⁶.

Si les sociétés de géographie avaient joué un rôle relativement important dans la formation de l'histoire de la cartographie au 19^e siècle, les nouvelles organisations cartographiques qui se créèrent à partir du milieu du 20^e siècle eurent un impact considérable sur l'affirmation de ce champ de recherche, notamment à travers leurs revues³⁷, à l'image de la Canadian Cartographic Association dont la revue *Canadian cartographer*, devenue *Cartographica*, conserva un intérêt constant pour la recherche historique³⁸. En 1972, l'International Cartographic Association étendait officiellement ses activités à l'histoire de la cartographie, lui assurant ainsi une reconnaissance internationale et comblant le vide laissé par la suppression de la commission sur les cartes anciennes de l'International Geographical Union.

³² HARLEY John Brian. The map and the development of the history of cartography. *Op. cit.*, p. 27.

³³ *Ibid.*, p. 27-29.

³⁴ Il s'agit ici d'une analyse générale. Le cas de la cartographie topographique, notamment dans ses applications militaires, est plus spécifique, comme j'aurai l'occasion de le préciser dans le reste de l'étude.

³⁵ La plus importante est : *Bibliotheca cartographica*. Bonn-Bad Godesberg : Institut für Landeskunde and Deutsche Gesellschaft für Kartographie, 1957-1972 ; qui devint en 1973 : *Bibliographia cartographica*. München : K. G. Saur, 1973-.

³⁶ WOLTER John A. *The emerging discipline of cartography*. Ph.D dissertation. Minneapolis : University of Minnesota, 1975. Cité par HARLEY John Brian. The map and the development of the history of cartography. *Op. cit.*, p. 29.

³⁷ Je ne citerai que les principales : la Deutsche Gesellschaft für Kartographie (1950), qui publie le *Kartographische Nachrichten* depuis 1951 ; le Comité Français de Cartographie et son *Bulletin* (1958) ; la Canadian Cartographic Association et son *Canadian Cartographer* (1964), devenu *Cartographica* ; la British Cartographic Society et son *Cartographer Journal* (1969) ; l'American Cartographic Association et son *American Cartographer* (1974).

³⁸ Wolter trouva que 30 % des articles publiés dans cette revue entre 1964 et 1972 portait sur l'histoire de la cartographie.

1.2.3. Des méthodes traditionnelles peu formalisées.

Malgré la structuration de la discipline et son intégration dans les organisations cartographiques, les méthodes employées en histoire de la cartographie n'avaient jamais été clairement définies ni étudiées. Les chercheurs et les spécialistes réalisaient le plus souvent des cartobibliographies, héritage direct de la méthode traditionnelle des érudits et des collectionneurs des 18^e et 19^e siècles, parfois enrichies par des analyses des cartes qui consistaient généralement en des descriptions détaillées et des évaluations de leur contenu, reposant sur un modèle purement géographique et topographique visant à critiquer l'exactitude des documents analysés. Cette tradition d'études érudites avait été entièrement reprise par l'œuvre fondatrice de Bagrow, qui s'apparentait bien plus à un vaste catalogue de cartes classées chronologiquement et thématiquement – parfois rapidement analysées – qu'à une véritable approche problématique de l'histoire de la cartographie ou à une réflexion méthodologique sur ce champ de recherche.

Il est singulièrement révélateur de l'état d'esprit de cette recherche basée sur une critique référentielle des cartes étudiées, qu'au début des années soixante, quand certains historiens de la cartographie commencèrent à s'intéresser aux problèmes théoriques posés par leur discipline, au début des années soixante, ils se focalisèrent d'abord sur les problèmes d'estimation du contenu des cartes comme enregistrement documentaire³⁹. Le questionnement et le renouvellement plus profonds des méthodes de l'histoire de la cartographie ne furent menés qu'à partir de la fin des années soixante sous l'influence de disciplines émergentes comme la sémiologie, les sciences cognitives et l'histoire des sciences, mais aussi de la cartographie elle-même, dans un mouvement analogue – toutes proportions gardées – au renouvellement de l'histoire à la fin des années vingt sous l'impulsion de son ouverture aux autres sciences humaines.

1.3. Les nouvelles approches en histoire de la cartographie.

Le renouvellement des approches en histoire de la cartographie fut essentiellement le fait d'une nouvelle génération de chercheurs plus ouverte aux autres disciplines traitant de l'histoire des sciences et des techniques, ou de la communication graphique en général. Une partie des spécialistes continuèrent leurs travaux dans l'approche traditionnelle adoptée par Leo Bagrow, à l'image d'Ed Dahl, pourtant responsable de la revue *Cartographica*, un des fers de lance du débat théorique dans ce domaine, qui reconnaissait que ses propres études s'inscrivaient dans ce qu'il appelait le « old style ». La coupure ne fut cependant jamais suffisamment nette pour que l'opposition que je fais ici entre la « tradition historiographique » et les « nouvelles approches » ne soit autre chose qu'une division artificielle facilitant la présentation des méthodes et des courants de pensée en histoire de la cartographie – d'autant plus que de nombreux travaux classiques fournirent et continuent de fournir une base documentaire essentielle au développement de ces nouvelles approches.

1.3.1. L'influence de nouveaux champs de recherche.

Il est relativement difficile de définir clairement la séparation entre les différents courants de pensée qui forment ces nouvelles approches de l'histoire de la cartographie. Cependant, ils furent tous particulièrement influencés par le renouveau de la cartographie, sous l'impulsion de nouvelles disciplines traitant de la communication graphique, et par les

³⁹ En particulier, la Conference on the History of Cartography de Londres en septembre 1967 portait sur le thème « Early maps as historical evidence ». Plusieurs communications furent publiées dans : *Imago Mundi*. Berlin : [sn], 1968, 22.

théories épistémologiques développées en histoire et sociologie des sciences et des techniques.

1.3.1.1. Communication graphique et approche sémiologique : l'influence du renouveau de la cartographie.

Les changements techniques rapides des années soixante et soixante-dix et le développement sans précédent de la production de cartes amena les cartographes à une réflexion conceptuelle qui eut une influence intellectuelle fondamentale sur l'histoire de la cartographie, même si elle mit un certain temps à pénétrer dans ce domaine via les organisations cartographiques qui structuraient la recherche. En particulier, la large diffusion de la cartographie thématique dans les *mass-media* (presses écrites, télévision) remettait en cause au sein même du grand public la définition traditionnelle de la carte comme description d'un espace géographique. Les cartographes eux-mêmes commencèrent donc à étudier la façon dont les utilisateurs lisaient les cartes pour améliorer la conception de celles-ci⁴⁰. A la fin des années soixante, ils développèrent des interprétations centrées sur la communication entre le créateur de la carte et son utilisateur, rapprochant ainsi la cartographie des sciences cognitives. L'influence de ces théories provoqua une mutation fondamentale dans la définition même des mots « carte » et « cartographie », privilégiant la notion de communication à celle de représentation de la surface terrestre. En 1974, Joel Morrison définissait la cartographie comme « une science [...] apparentée en partie avec la science de la communication graphique »⁴¹, alors que M. J. Blakemore écrivait en 1981 dans un dictionnaire de géographie que la cartographie était « un système formel pour la communication d'informations spatiales. »⁴² Ce modèle de la carte comme communication, bien que primordial dans la cartographie à partir du début des années soixante-dix, ne fut que lentement accepté et utilisé en histoire de la cartographie par des historiens comme David Woodward⁴³, Helen Wallis dans ses recherches sur la cartographie thématique, John Andrews⁴⁴ ou Brian Harley, sous l'influence majeure des travaux sur la communication cartographique d'Arthur Robinson et Barbara Petchenik⁴⁵.

La réflexion sur la nature de la carte se développa vers une véritable approche sémiologique⁴⁶, inspirée par les travaux de Roland Barthes⁴⁷ ou d'Umberto Eco⁴⁸ qui

⁴⁰ Par exemple : PETCHENIK Barbara Bartz. A map maker's perspective on map design research, 1950-1980. In TAYLOR D. R. Fraser. *Graphic communication and design in contemporary cartography*. New York : Wiley, 1983, p. 37-70 ; ROBINSON Arthur Howard. *Elements of cartography*. New York : Wiley, 1960, 343 p. ; BOARD Christopher. Maps as models. In CHORLEY Richard J. éd., HAGGET Peter éd. *Models in geography*. Londres : Methuen, 1967, p. 671-725.

⁴¹ « a science [...] allied in part with the science of graphic communication » MORRISON Joel. Changing philosophical-technical aspects of thematic cartography. *American Cartographer*, 1974, p. 12. Cité par : HARLEY John Brian, WOODWARD David. Preface. *Op. cit.*

⁴² « a formal system for the communication of spatial information » BLAKEMORE M. J. Cartography. In *The Dictionary of human geography*. Oxford : Blackwell Reference, 1981, p. 29. Cité par : HARLEY John Brian, WOODWARD David. Preface. *Op. cit.*

⁴³ WOODWARD David. The study of the history of cartography. *Op. cit.*

⁴⁴ ANDREWS John Harwood. Medium and message in early six-inch Irish Ordnance maps : the case of Dublin City. *Irish geography*, 1969-1973, 6, p. 579-593.

⁴⁵ PETCHENIK Barbara Bartz, ROBINSON Arthur H. *The Nature of maps : essays toward understanding maps and mapping*. Chicago : The University of Chicago Press, 1976, 138 p.

⁴⁶ Les anglo-saxons ont imposé le terme de « semiotic », traduit en français par « sémiotique », auquel je préfère le terme « sémiologique », notamment utilisé par Roland Barthes.

reconnaissait d'ailleurs l'étude de la communication visuelle, et notamment celle des cartes géographiques et topographiques, comme un champ de recherche de la sémiologie. Cependant, cette approche fut plus utilisée dans ses implications pratiques en cartographie que dans ses implications analytiques en histoire de la cartographie. Ainsi, dans son ouvrage désormais de référence, *La Sémiologie graphique*, Jacques Bertin construisit une grammaire des systèmes graphiques en général et des cartes thématiques en particulier, dans l'ambition de proposer « une méthode pratique d'utilisation et de rédaction de la représentation graphique »⁴⁹ permettant à tout le monde de réaliser un graphique correctement construit comme on articule une phrase correctement construite⁵⁰. Les cartographes appliquèrent plus généralement les concepts de la sémiologie et des sciences cognitives à leur activité, à tel point qu'à partir des années soixante, les périodiques spécialisés et les ouvrages collectifs furent littéralement envahis d'articles sur la communication cartographique⁵¹ et que la carte fut quasi-unanimement acceptée par les professionnels comme un langage⁵². Comme le souhaitait July Olson en 1979⁵³, cette orientation se traduisit rapidement par de véritables expérimentations cliniques sur la perception visuelle et la mémoire, menées pour des objectifs cartographiques⁵⁴. Si les résultats eurent un impact limité sur la production cartographique, certains sous domaines de cette production en profitèrent : par exemple, le développement d'une cartographie dynamique efficace s'inspira beaucoup des recherches sur les phénomènes de jaillissement d'éléments d'une carte en fonction des éléments annexes et de leurs formes ou couleurs.

Malgré la floraison d'études sur la sémiologie de la carte⁵⁵, leurs applications à l'histoire de la cartographie restèrent plus limitées, même si des travaux comme ceux de Denis Wood

⁴⁷ BARTHES Roland. *Eléments de sémiologie*. *Communications*, 1964, 4, p. 91-135 ; BARTHES Roland. *L'Aventure sémiologique*. Paris : Seuil, 1985, 358 p.

⁴⁸ Je ne citerai dans son œuvre pléthorique que : ECO Umberto. *La Structure absente, introduction à la recherche sémiotique*. Paris : Mercure de France, 1972, 448 p., pour son passionnant chapitre sur la sémiologie des codes visuels, publié séparément et précédemment en français sous le titre : ECO Umberto. *Sémiologie des messages visuels*. *Communications*, 1970, 15, p. 11-51.

⁴⁹ BERTIN Jacques. *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris : Gauthiers-Villars, 1967, p. 3

⁵⁰ D'où sa définition de la sémiologie graphique servant à la pratique plus qu'à l'analyse : « C'est l'ensemble des observations et des règles qui dirigent l'utilisation rationnelle de la graphique. La sémiologie graphique se déduit de la structure et des propriétés de la perception visuelle. » BERTIN Jacques. *La graphique*. *Communications*, 1970, 15, p. 169-186.

⁵¹ Parmi de nombreuses autres, quelques références glanées au cours des mes recherches bibliographiques : KEATES J. S. *Understanding maps*. Londres : Longman, 1982, 139 p. *Cartographic communications : a critical review*, p. 95-128 ; KOEMAN Cornelis. *The principle of communication in cartography*. *International yearbook of cartography*, 1971, p. 169-171 ; SCHLICHTMANN Hansgeorg. *Codes in map communication*. *The Canadian Cartographer*, 1970, 16, p. 81-97 ; etc.

⁵² Les titres sont suffisamment explicites : ANDREWS John Harwood. *Map and language : a metaphor extended*. *Cartographica*, 1974, 27 :1, p. 1-19 ; HEAD C. G. *The map as natural language : a paradigm for understanding*. *Cartographica*, 1984, 21 : 1, p. 1-32.

⁵³ OLSON Judy M. *Cognitive cartographic experimentation*. *The Canadian Cartographer*, 1979, 16, p. 34-44.

⁵⁴ Quelques exemples rencontrés lors du dépouillement systématique du *Canadian Cartographer / Cartographica* : CERNY J. W., WILSON John. *The effect of orientation on the recognition of simple maps*. *Canadian Cartographer*, 1976, 31 : 2, p. 132-138 ; LLOYD Robert. *Visual search processes used in map reading*. *Cartographica*, 1997, 34 : 1, p. 11-32 ; MONTELLO Daniel R., SULLIVAN Catherine N. *Recall memory of topographic map and natural terrain : effects of experience and task performance*. *Cartographica*, 1994, 31 : 3, p. 18-36.

⁵⁵ Par exemple : DESMARAIS Gaëtan. *Quelques conditions pour une sémiotique de la cartographie*. *Mappemonde*, 1986, 2, p. 18-25 ; SCHLICHTMANN Hansgeorg. *Characteristic traits of the semiotic system « map symbolism »*. *Cartographic Journal*, 1985, 22, p. 23-30.

présentaient une forte inspiration sémiologique et eurent un impact relativement important⁵⁶. La plupart des historiens privilégia en fait une approche iconographique dérivée des théories de l'histoire de l'art, sous l'influence des travaux de Panofsky⁵⁷, plus adaptées à un champ de recherche qui se consacrait encore majoritairement aux œuvres antérieures au 19^e siècle, dominées par une représentation figurative encore peu formalisée. Le travail précurseur du père François de Dainville sur *Le Langage des géographes*⁵⁸ ou l'ouvrage collectif *The iconography of landscape*⁵⁹ sont des exemples classiques d'une approche iconographique très développée dans l'histoire de la cartographie.

1.3.1.2. L'impact de l'histoire et de la sociologie des sciences et des techniques.

Les changements techniques rapides des années soixante incitèrent également les cartographes à réfléchir sur le processus de production des cartes en pleine évolution. En histoire de la cartographie, un intérêt similaire se développa pour l'étude des cartes comme artefact technique. Certains historiens cherchèrent à concilier ce nouvel aspect avec les approches plus traditionnelles d'étude du contenu, à l'exemple de Raleigh Skelton qui reconnut en 1966 la dichotomie entre la forme et le contenu. Mais à partir des années soixante-dix, à la suite de David Woodward, d'autres historiens commencèrent à donner plus d'importance aux techniques et à la conception des cartes, jugeant que le contenu était moins important que la façon dont il était représenté.

Ce mouvement se fit sous l'influence de nouvelles approches en histoire et sociologie des sciences⁶⁰ qui se développèrent à partir des années soixante-dix dans le cadre des *social studies of science* en Angleterre. Favorisées par la notion de paradigme scientifique développée par le physicien et historien des sciences Thomas Kuhn⁶¹, cette sociologie de la connaissance scientifique rejeta les normes de la science définies par le sociologue Robert Merton en 1942 (universalisme, désintéressement, mise en commun, scepticisme organisé) qui ne reflétaient que partiellement le comportement des scientifiques, ainsi que tout présupposé concernant la validité du contenu de la science. Cette approche radicale, dite relativiste, regardant la science comme n'importe quel autre ensemble de croyances se développa en deux courants, le premier étudiant les conditions culturelles, politiques et sociales gouvernant la constitution des savoirs scientifiques vus « comme des cosmologies constituées localement par les humains à fin de rendre compte du monde qui est le leur »⁶²,

⁵⁶ Voir infra, « Historiographie... », 1.3.4.

⁵⁷ PANOFSKY Erwin. *Essais d'iconologie : thèmes humanistes dans l'art de la Renaissance*. Paris : Gallimard, 1967, 396 p.

⁵⁸ DAINVILLE Père François de. *Le Langage des géographes : termes, signes, couleurs des cartes anciennes 1500-1800*. Paris : Picard, 1964, 385 p.

⁵⁹ COSGROVE Denis éd., DANIELS Stephen éd. *The Iconography of landscape : essays on the symbolic representation design and use of past environments* Cambridge : Cambridge University Press, 1988, 318 p.

⁶⁰ Pour une présentation plus détaillée, voir : PESTRE Dominique. Pour une histoire sociale et culturelle des sciences : nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques. *Annales HSS*, mai-juin 1995, 3, p. 487-522.

⁶¹ KUHN Thomas. *The Structure of scientific revolution*. Chicago : University of Chicago Press, 1963, 172 p.

⁶² PESTRE Dominique. Pour une histoire sociale et culturelle des sciences. *Op. cit.*, p. 490.

le deuxième étudiant de façon plus microsociologique comment se gèrent au quotidien les activités scientifiques et donnant naissance à l'anthropologie des laboratoires⁶³.

Le renouvellement théorique de l'histoire de la cartographie fut cependant beaucoup plus influencé par l'approche relativiste de l'histoire et de la sociologie des techniques qui se développa parallèlement aux *social studies of science*, de façon moins radicale toutefois puisque nul historien ou sociologue n'avait jamais essayé de réduire les techniques à de purs systèmes d'énoncés et que l'impact du contexte socio-économique était plus évident dans ce domaine. L'histoire des techniques était donc depuis longtemps plus relativiste que l'histoire des sciences, mais Antoine Picon fait un parallèle entre l'abandon de la notion de vérité par les *science studies* et la remise en cause de la notion d'efficacité dans l'histoire des techniques, c'est-à-dire la prise de conscience du caractère socialement construit de la plupart des performances que l'on attribue aux artefacts techniques⁶⁴.

Le rôle socialement actif de la carte favorisait l'adoption de l'approche relativiste de l'histoire des techniques en histoire de la cartographie. A partir des années soixante-dix, David Woodward se fit le tenant de cette approche, qu'il définit comme l'étude des cartes en tant que produit des techniques et des pratiques cartographiques⁶⁵. En appliquant la remise en cause de la notion de vérité scientifique au profit de la construction sociale et culturelle des savoirs, Woodward orienta non seulement ses recherches sur l'aspect matériel des cartes, mais aussi sur la sociologie des milieux producteurs de cartes⁶⁶. Il prit notamment position contre la place des cartographes dans l'histoire de la cartographie et soutint dans un article théorique important⁶⁷ une ouverture de l'histoire de la cartographie à une plus grande participation de l'histoire des techniques.

1.3.2. *The History of Cartography* et la naissance d'une « nouvelle » histoire de la cartographie.

Parallèlement à l'ouverture de l'histoire de la cartographie à d'autres disciplines, un courant d'autocritique se mit à parcourir le domaine. Crone notait en 1962 les tendances « antiquaires » et « bibliographes » de la discipline⁶⁸, alors que Skelton critiquait en 1966 l'absence de réflexion philosophique et méthodologique. David Woodward et Denis Wood soulignèrent l'absence de terminologie, d'approche et de but général. De nombreux chercheurs européens se firent l'écho de ces critiques, Koeman en Hollande, Ferro en Italie, Imhof en Suisse qui se plaignait de la prépondérance des études cartobibliographiques par rapport aux analyses techniques de l'artefact cartographique⁶⁹, ou encore l'historien de la géographie Philippe Pinchemel en France.

⁶³ Ouvrage fondateur : LATOUR Bruno, WOOLGAR Steve. *La Vie de laboratoire : la production des faits scientifiques*. Seconde édition [Londres : Sage, 1979]. Paris : La Découverte, 1988, 296 p.

⁶⁴ PICON Antoine. Construction sociale et histoire des techniques. *Annales HSS*, mai-juin 1995, 3, p. 531-536.

⁶⁵ WOODWARD David. The Study of the history of cartography. *Op. cit.*, p. 107.

⁶⁶ WOODWARD David éd. *Five centuries of map printing*. Chicago : University of Chicago Press, 1975, 177 p. ; WOODWARD David. The form of maps : an introductory framework. *AB Bokkman's Yearbook*, 1976, 1, p. 11-20 ; WOODWARD David. *Art and cartography : six historical essays*. Chicago : University of Chicago Press, 1987, 249 p.

⁶⁷ WOODWARD David. The Study of the history of cartography. *Op. cit.*

⁶⁸ CRONE Gerald Roe. Early cartographic activity in Britain. Pt. 1 of landmarks in british cartography. *Geographical Journal*, 1962, 128, p. 406-410.

⁶⁹ IMHOF Eduard. Beiträge zur Geschichte der Kartographie im Wandel. *International Yearbook of Cartography*, 1964, 4, p. 129-153.

Toutes ces critiques révélaient un état de crise autour de la remise en cause de l'approche bagrowienne par quelques chercheurs très actifs, au premier rang desquels John Brian Harley qui dirigeait la revue *Imago Mundi* depuis 1972. Après une période de réflexion méthodologique et d'étude bibliographique menée avec Michael Blakemore⁷⁰, Brian Harley commença en août 1981 à travailler avec David Woodward sur le projet d'une histoire générale de la cartographie dont l'ambition était de remplacer *Die Geschichte der Kartographie* de Leo Bagrow comme ouvrage de référence de la discipline. Prévue en six volumes, *The History of Cartography* était un projet ambitieux dont Harley ne vit que le début de la réalisation éditoriale. Le premier volume publié en 1987 traitait de la cartographie dans l'Europe et la Méditerranée préhistoriques, antiques et médiévales⁷¹, un épais ouvrage de six cents pages richement illustré qui contenait, en plus des travaux de spécialistes, une préface définissant les grandes orientations du projet et une étude historiographique de l'histoire de la cartographie. Mort en 1991, Brian Harley ne connut pas la publication du deuxième volume, partagé en trois tomes parus successivement en 1992, 1994 et 1998⁷².

Harley et Woodward voulaient proposer une base entièrement nouvelle pour l'histoire de la cartographie⁷³, ce qui nécessitait une révision radicale de la définition traditionnelle des termes « carte » et « cartographie », souvent adoptée tacitement par les chercheurs comme une variation autour de la notion de représentation d'une partie de la surface terrestre que Leo Bagrow avait reprise du mathématicien français Lagrange⁷⁴. Dans *The History of cartography*, la formulation définitive finalement adoptée fut : « Les cartes sont des représentations graphiques qui facilitent une compréhension spatiale de choses, concepts, circonstances, processus ou évènements dans le monde humain »⁷⁵, incluant la nature graphique des cartes et leur rôle de conservation et de communication de connaissances spatiales. Quant à la définition du mot « cartographie », elle fut prise dans le sens le plus large possible, intégrant toutes les étapes de la conception et de l'étude des cartes.

L'orientation du projet se définissait essentiellement en réaction à la tradition bagrowienne de l'histoire de la cartographie. La place centrale occupée par l'étude des techniques et de la communication cartographique s'opposait à la tradition cartobibliographique qui donnait plus d'importance au contenu qu'à la forme ou au rôle de la carte. Un important effort était consenti pour éviter l'eurocentrisme qui avait longtemps dominé l'histoire de la cartographie, le deuxième volume étant ainsi entièrement consacré aux sociétés traditionnelles extra-européennes. L'un des principaux objectifs était d'étudier la fabrication et l'utilisation des cartes dans leurs contextes historiques originels, en rejetant l'analyse référentielle traditionnelle. Cette œuvre majeure cristallisa autour d'elle toutes

⁷⁰ BLAKEMORE Michael J., HARLEY John Brian. Concepts in the history of cartography : a review and perspective. *Cartographica Monograph*, 26. Toronto : University of Toronto Press, 1980, 120 p.

⁷¹ HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol.1. *Op. cit.*

⁷² HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 1. *Cartography in the traditional Islamic and South Asian societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1992, 579 p. ; HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 2. *Cartography in the traditional East and Southeast Asian societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1994, 970 p. ; LEWIS G. Malcolm éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 3. *Cartography in the traditional African, American, Arctic, Australian and Pacific societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1998, 639 p.

⁷³ « The present History has had to built on new foundations. » HARLEY John Brian, WOODWARD David. Préface. *Op. cit.*, p. xv.

⁷⁴ BAGROW Leo, SKELTON éd. *History of cartography*. *Op. cit.*, p. 22.

⁷⁵ « maps are graphic representation that facilitate a spatial understanding of things, concept, conditions, processes, or events in the human world » HARLEY John Brian, WOODWARD David. Préface. *Op. cit.*, p. xvi.

les volontés de changement et de renouvellement méthodologique et théorique. Elle joua clairement le rôle d'un manifeste pour une « nouvelle » histoire de la cartographie qui, si elle ne fut jamais officiellement désignée par ce nom, fut perçue ainsi par de nombreux chercheurs⁷⁶.

1.3.3. L'approche sociopolitique de Brian Harley.

John Brian Harley concevait *The History of cartography* non seulement comme un ouvrage de référence, mais aussi comme la présentation d'une nouvelle approche de l'histoire de la cartographie qui dépassait la perception des cartes comme représentations objectives et mesurées de la réalité pour tirer partie des liens tissés avec d'autres disciplines comme l'histoire, l'anthropologie, l'histoire de l'art ou la littérature. A travers une série de quatre articles essentiels⁷⁷, il développa une approche théorique et méthodologique globale de la cartographie inspirée de ce qu'il appelait lui-même « les théories post-modernistes ». Sa réflexion était principalement basée sur l'approche iconographique en histoire de l'art, sur la sémiologie graphique et sur la sociologie du savoir, avec très peu de référence à l'épistémologie elle-même.

Harley acceptait comme postulat que la carte, comme tout objet graphique, avait un langage qui pouvait être étudié par la sémiologie et qu'il s'agissait donc d'un texte. Il tirait de Derrida qu'il fallait la soumettre à la même analyse que les textes littéraires, c'est-à-dire y « chercher métaphore et rhétorique [...], alors que les chercheurs antérieurs n'y avaient trouvé que mesure et topographie. »⁷⁸ De Foucault, il tira « l'omniprésence du pouvoir dans tout savoir » et son acceptation de la carte comme un discours socialement et culturellement construit, un « pouvoir-savoir ». De Panofsky, enfin, il tira une analyse des niveaux de signification de la carte, et notamment du niveau symbolique de l'acte cartographique lui-même, niveau où « le pouvoir politique des cartes est le plus efficacement reproduit, communiqué et ressenti. »⁷⁹

Son principal but était de remplacer la notion positiviste d'une cartographie objective et cumulative par une notion basée sur l'importance du pouvoir et des forces sociales dans le savoir cartographique⁸⁰. Pour cela, il appliquait une stratégie « déconstructionniste » visant à « rompre le lien présumé entre la réalité et la représentation qui a dominé la pensée cartographique et qui lui a fait suivre le cours d'une "science normale" depuis le Siècle des Lumières »⁸¹. En reprenant l'expression employée par Thomas Kuhn⁸², il éclairait le paradigme dirigeant la cartographie depuis la fin du 17^e siècle, selon lequel la mesure

⁷⁶ Christian Jacob employa le terme de « "new" history of cartography » pour la définir dans : JACOB Christian. Toward a cultural history of cartography. *Op. cit.*, p. 191.

⁷⁷ HARLEY John Brian. Maps, knowledge and power. In COSGROVE Denis éd., DANIELS Stephen éd. *The Iconography of landscape : essays on the symbolic representation, design and use of past environments*. Cambridge : Cambridge University Press, 1988, p. 227-312 ; HARLEY John Brian. Silences and secrecy : the hidden agend of cartography in early modern Europe. *Imago Mundi*, 1988, 40, p. 57-76 ; HARLEY John Brian. Deconstructing the map. *Cartographica*, 1989, 26 : 2, p. 1-20 ; HARLEY John Brian. Cartography, ethics and social theory. *Cartographica*, 1990, 27 : 2, p. 1-23.

⁷⁸ HARLEY John Brian. Cartes, savoir et pouvoir. In *Le Pouvoir des cartes*, *op. cit.*, p. 22.

⁷⁹ *Ibid.*

⁸⁰ HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.*, p. 64.

⁸¹ *Ibid.*, p. 63-64.

⁸² KUHN Thomas. *La Structure des révolutions scientifiques*. *Op. cit.*

précise du terrain était la caractéristique fondamentale d'une cartographie scientifique qui voyait dans l'amélioration constante de cette mesure une voie d'évolution vers la représentation parfaite et objective du monde.

Sur cette base, Harley développa la théorie du « pouvoir des cartes » qui mettait à jour des mécanismes inhérents au fait cartographique d'une grande importance pour son analyse historique : les cartes servaient ce que Foucault appelait des actes de surveillance ; elles imposaient les valeurs et les croyances dominantes d'une société ; leur nature abstraite tendait à « désocialiser » le territoire qu'elles représentaient, ce qui se traduisait par un rejet de leur dimension sociale au profit de leur dimension scientifique et objective. Il ajoutait comme preuve supplémentaire qu'il semblait n'y avoir jamais eu de forme alternative, populaire ou subversive, d'expression cartographique. Le pouvoir inhérent au savoir cartographique faisait des cartes – pour reprendre l'excellente formulation de la thèse de Harley faite par Christian Jacob – un piège sémiologique et une arme idéologique, disposant d'une étonnante capacité à donner une apparence objective et naturelle à ce qui était principalement une construction culturelle et sociale⁸³.

Bien qu'il se consacraît surtout à l'histoire de la cartographie, Brian Harley gardait l'ambition d'intégrer la cartographie contemporaine à sa réflexion. Son argumentation était focalisée sur la certitude que les cartographes percevaient toujours la carte comme un document scientifique libre de toute valeur. A ses yeux, l'accélération du progrès technologique ne faisait que renforcer l'hypothèse positiviste qui voulait que la carte soit capable d'atteindre la perfection et devienne un moyen privilégié d'accès à la réalité géographique, consolidant l'idée que la nature de la carte était évidente et qu'elle en faisait un système autonome de représentation géographique. Pour lui, la conception de la carte comme communication graphique dans les années soixante-dix n'avait pas provoqué de modification notable au niveau des questions sociales dans les pratiques cartographiques⁸⁴, et les cartographes continuaient de travailler en portant « des œillères créées par leurs propres technologies, sans aucune référence au monde social. »⁸⁵

1.3.4. Tuer le père : critiques de Harley et nouvelles approches.

La réflexion théorique de Brian Harley eut une profonde résonance dans les domaines de l'histoire de la cartographie et de la cartographie elle-même. Elle marqua toute une génération de chercheurs, donnant naissance à un véritable mouvement d'histoire sociopolitique de la cartographie. Comme toute œuvre d'une influence aussi considérable, elle fut rapidement discutée et critiquée, mais les oppositions les plus constructives⁸⁶ ne s'épanouirent vraiment qu'après la mort de Harley chez des chercheurs très engagés dans les nouvelles approches de l'histoire de la cartographie, dans un processus classique de lutte contre la figure paternelle et fondatrice.

Au-delà des oppositions à une approche sociopolitique du fait cartographique, la réflexion de Brian Harley fut sévèrement critiquée sur sa lecture superficielle des auteurs européens qu'il citait comme influence. En particulier, Barbara Belyea s'interrogea, à partir

⁸³ JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Op. cit.*, p. 194.

⁸⁴ HARLEY John Brian. *Cartography, ethics and social theory. Op. cit.*

⁸⁵ HARLEY John Brian. *Déconstruire la carte. Op. cit.*, p. 62.

⁸⁶ Les critiques les plus acerbes furent également les plus stériles, comme par exemple : ANDREWS John Harwood. *Meaning, knowledge and power in the map philosophy of J. B. Harley. Trinity papers in geography*, 1994, 6, p. 7, qui listait des contre-exemples pour démonter les propositions de Harley.

de l'exemple des cartes française du 18^e siècle utilisant la « géographie théorique » pour déterminer la position d'éventuelles mers ou montagnes, sur les conclusions plus radicales qu'une lecture précise de penseurs comme Foucault ou Derrida aurait pu permettre à Harley de tirer⁸⁷. Selon elle, « les deniers articles de Harley, loin d'appliquer à la cartographie la révision radicale de la relation entre le signe et le référent faite par les écrivains français, ajoutaient simplement une dimension sociopolitique à la traditionnelle représentation d'éléments géographiques des cartes », alors qu'« appliqués plus complètement à la cartographie, les arguments de Derrida et de Foucault [pouvaient] pousser à questionner la définition orthodoxe des cartes comme images du monde »⁸⁸, notamment à travers l'insistance de Derrida sur le signe plutôt que sur l'image et les notions d'archive et d'énoncé introduites par Foucault.

Denis Wood critiqua plus fondamentalement les théories de Harley, en affirmant que sa tentative de réformer l'histoire de la cartographie était vouée à l'échec à cause d'une certaine fermeture d'esprit qui lui faisait concevoir la cartographie comme une fonction universelle de l'homme⁸⁹ et la rendait indépendante de la société et donc de l'histoire⁹⁰. Wood faisait une différence essentielle entre une perception structurée de l'espace, envisagée comme une sorte de cartographie mentale (*mapping*), et la production matérielle d'une carte (*mapmaking*). Alors que pour Harvey l'inscription physique de la carte n'avait que peu d'importance puisqu'elle était perçue comme la transcription d'une carte mentale préexistante dans l'esprit du cartographe, Wood insistait sur la cartographie interprétée comme un acte de communication qui nécessitait cette inscription. Pour lui, tout individu adulte *homo sapiens sapiens* avait la compétence spatiale pour produire une carte, mais la carte n'apparaissait que quand une situation de communication la demandait et si un système de signes existait pour la coder⁹¹ : il définissait ainsi des sociétés à tradition protocartographique (*protomapmaking tradition society*), comme par exemple l'occident médiéval, qui pouvaient évoluer vers des états de sociétés à tradition cartographique (*mapmaking tradition society*), par exemple la Renaissance européenne⁹², voire des sociétés envahies par la pratique cartographique (*map-immersed society*) dans

⁸⁷ BELYEA Barbara. Images of power : Derrida, Foucault, Harley. *Cartographica*, 1992, 29 : 2, p. 1-9.

⁸⁸ Traduction personnelle de : « Harley's last papers, far from applying the French writers' radical rethinking of the relationship of sign and referent to cartography, simply add a sociopolitical dimension to the map's traditional representation of geographical features. However, when they are applied more thoroughly to cartography, the arguments of Derrida and Foucault should lead us to question the orthodox definition of maps as images of the world. » *Ibid.*, p. 9.

⁸⁹ « the primary function of cartography is ultimately related to the historically unique mental ability of map-using peoples to store, articulate, and communicate concepts and facts that have a spatial dimension » HARLEY John Brian, WOODWARD David. Preface. *Op. cit.*, p. xviii.

⁹⁰ WOOD Denis. The fine line between mapping and mapmaking. *Cartographica*, 1993, 30 : 4, p. 50.

⁹¹ Il donnait souvent comme exemple les Indiens d'Amérique du nord qui n'avaient pas de tradition cartographique (*mapmaking tradition*), mais qui étaient capables de tracer des schémas cartographiques quand des explorateurs le leur demandaient.

⁹² Ces sociétés à tradition protocartographique pouvaient aussi ne pas évoluer vers des sociétés à tradition cartographique, comme le peuple des îles Marshall qui réalisait des cartes par assemblage de batons pour apprendre et affirmer l'appartenance à la fraternité des pilotes maritimes, mais dont la tradition protocartographique fut supplantée par la tradition cartographique des colonisateurs européens.

lesquelles un adulte serait naturellement amené au cours de sa vie à émettre ou utiliser des cartes⁹³.

L'approche théorique de Wood était également inspirée de ses études sémiologiques antérieures⁹⁴ qui l'avaient amené à la conclusion que la carte était à la fois une synthèse de signes et un signe en elle-même, et que les signes de la carte et la carte comme signe n'étaient jamais indépendants du contexte culturel et des motivations de leurs auteurs. L'apparente naturalité de la carte qui entraînait sa perception comme une représentation objective de la surface terrestre procédait essentiellement d'une naturalisation de ses codes dans la culture qui la produisait, alors qu'ils étaient autant des produits culturels que des produits de la perception de l'environnement. Il critiquait la limitation de l'analyse de Harley à l'influence sociopolitique sur la cartographie. Harley voyait la cartographie comme une fonction universelle « colorée » ou influencée par des facteurs sociaux, mais qui avait toujours un lien avec la représentation d'un monde réel⁹⁵. Au contraire, Wood percevait la cartographie comme une fonction du discours qui ne se développait que dans des circonstances et des structures sociales particulières, et qui, en tant que communication basée sur un système complexe de signes culturellement construit, était *véritablement* une construction sociale de la réalité – un simple acte de communication.

1.3.5. Christian Jacob : pour une histoire culturelle globale de la cartographie.

Comme souvent dans les sciences humaines et sociales, le rejet radical de l'approche traditionnelle de l'histoire de la cartographie connut un stade polémique où s'affrontaient de multiples orientations issues de ce rejet et de la critique de ce rejet, puis un stade d'apaisement où les chercheurs essayèrent de faire une synthèse des apports de ces différentes orientations. La réflexion méthodologique et théorique de Christian Jacob⁹⁶ représentait un effort particulièrement stimulant de regrouper les différentes approches de l'histoire de la cartographie dans une tentative de compréhension globale du fait cartographique envisagé avant tout comme un fait culturel. Tout en se situant clairement dans la « nouvelle » histoire de la cartographie⁹⁷, il ne rejetait pas aussi radicalement qu'Harley ou Woodward les méthodes traditionnelles de la discipline, reconnaissant par exemple l'utilité de la cartobibliographie dans certains cadres d'études comme l'analyse de l'artefact cartographique.

Son approche était toutefois fortement marquée par le rejet de la conception positiviste de la cartographie. Il distinguait notamment l'étude de la *carte transparente*, disparaissant devant l'information qu'elle contient, comme elle avait été et était encore souvent pratiquée par les historiens de la géographie ou de la cartographie, et l'étude de la *carte opaque*, dans

⁹³ Wood émettait l'hypothèse que l'imprimerie était une condition nécessaire à l'apparition d'une *map-immersed society*, mais sa confirmation était limitée par l'unique exemple historique des sociétés occidentales ou influencées par la colonisation occidentale.

⁹⁴ WOOD Denis. Cultured symbols : thoughts on the cultural contexts of cartographic symbols. *Cartographica*, 1984, 21 : 4, p. 7-37 ; WOOD Denis, FELS John. Designs on signs : myth and meaning in maps. *Cartographica*, 1986, 23 : 3, p. 57-104.

⁹⁵ Comme Belyea, Wood insistait sur le fait qu'Harley n'avait jamais vu la carte autrement que comme une représentation du monde et qu'il n'avait approché la cartographie que par l'utilisation de la carte, et jamais par la carte elle-même.

⁹⁶ Présentée essentiellement dans deux publications : JACOB Christian. *L'Empire des cartes. Op. cit.* ; JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Op. cit.*

⁹⁷ Il met lui-même des guillemets : « the "new" history of cartography ». JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography. Op. cit.*, p. 191.

laquelle l'intérêt se portait non pas sur le contenu mais sur le medium, son fonctionnement et le processus de sa fabrication. Alors que la première sous-entendait la croyance que la carte était un medium neutre, et faisait de l'histoire de la cartographie une discipline historique auxiliaire⁹⁸, la deuxième ouvrait un large panel de recherches possibles.

Dans *L'Empire des cartes*, réflexion méthodologique le long d'un cheminement empirique à travers l'étude d'un choix de cartes, Christian Jacob proposait une définition de la cartographie dans laquelle « la carte [était] envisagée essentiellement comme une médiation symbolique, entre l'homme et son environnement spatial, mais aussi entre individus qui peuvent communiquer grâce à ce support visuel »⁹⁹, balançant entre une conception harleyenne large incluant les cartes mentales (« médiation symbolique ») et une conception woodienne plus stricte insistant sur le « support visuel ».

Cette balance entre deux conceptions opposées était en fait conçue dans une perspective pluridisciplinaire affirmée, qu'il présenta méthodiquement dans un article plus tardif¹⁰⁰ par l'énumération des approches possibles et nécessaires à une histoire culturelle de la cartographie :

- *l'étude de la carte comme artefact social*, c'est-à-dire l'étude de la carte dans son contexte historique et culturel, qui ouvre, dans la lignée des théories de Brian Harley¹⁰¹, sur une analyse de la façon dont la carte communique un savoir et renforce implicitement l'ordre politique et social ;
- *la sociologie de la carte*, qui cherche à définir et à étudier les groupes sociaux qui font et utilisent la carte (producteurs, institutions, publics), une approche défendue notamment par David Woodward ;
- *l'approche structurale*, qui s'attache à l'étude de la carte en tant qu'artefact graphique, à l'analyse de ses niveaux de représentation et de sa « grammaire », en allant de l'histoire des techniques à la sémiologie ;
- *l'étude de la dimension cognitive de la carte*, la façon dont elle est lue et perçue, les opérations intellectuelles que demandent son utilisation – une approche influente en cartographie mais sous-développée en histoire de la cartographie, en raison de difficultés liées à la nature de la documentation historique.

Reprenant comme Harley les leçons de la sociologie relativiste, Christian Jacob affirmait que « la tâche principale de l'histoire de la cartographie [était] d'interpréter les cartes selon les catégories de la culture qui les [avait] produites et utilisées »¹⁰², définissant son ambition d'une histoire culturelle globale de la cartographie servie par une approche pluridisciplinaire. Dans cette perspective, l'importance cruciale donnée à la contextualisation dans tout projet de recherche pose le problème des frontières de l'histoire de la cartographie. La diversité des approches – finalement aussi grande que la diversité des cultures intellectuelles des chercheurs pratiquant cette histoire – en fait peut-être plus un champ de recherche pluridisciplinaire qu'une discipline autonome, chaque chercheur privilégiant telle ou telle approche, selon l'objet étudié et ses propres compétences.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 192.

⁹⁹ JACOB Christian. *L'Empire des cartes*. *Op. cit.*, p. 24.

¹⁰⁰ JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography*. *Op. cit.*

¹⁰² « the main task of the history of cartography is to interpret maps according to the categories of the culture which produced and used them » JACOB Christian. *Toward a cultural history of cartography*. *Op. cit.*, p. 196.

2. Orientations théoriques et méthodologiques.

Christian Jacob définissait sa conception d'une histoire culturelle de la cartographie comme l'étude « quasi-anthropologique de corpus de cartes bien définis, précisément ancrés dans l'espace, le temps et le contexte culturel »¹⁰³, une approche particulièrement adaptée à mon sujet avant tout défini par la zone géographique (les Alpes du nord) et par la période chronologique (les 19^e et 20^e siècles) du corpus de cartes que je comptais constituer pour analyser l'évolution de la cartographie topographique « scientifique » de la haute montagne en France. L'approche pluridisciplinaire dans laquelle Christian Jacob envisageait une telle étude s'accordait avec mon ambition de traiter la cartographie alpine dans son ensemble, sans me limiter au seul aspect politique, socioculturel ou technique de son évolution. Mais il m'apparut rapidement que, compte tenu des sources disponibles, je ne pourrais pas mener avec la même richesse de développement les quatre « niveaux » d'analyse qu'il décrivait dans son article « Toward a cultural history of cartography »¹⁰⁴. Cependant, l'approche pluridisciplinaire a l'avantage d'une souplesse qui permet de l'adapter à la fois à la documentation historique et à la fois aux problématiques spécifiques au sujet abordé. D'un côté, l'accélération de l'évolution technique de la cartographie depuis le 19^e siècle demandait de privilégier une approche d'histoire des techniques qui reste encore sous-utilisée en histoire de la cartographie. D'un autre côté, l'histoire institutionnelle et socioculturelle était limitée par les sources accessibles, même si certains documents permettaient une approche indirecte qui fut exploitée le plus souvent possible, et l'étude des problèmes de la réception et de l'utilisation de la carte était fortement compliquée par les difficultés inhérentes à toute histoire des pratiques de lecture, même si là encore certaines sources indirectes permirent la formulation de quelques hypothèses. Enfin, l'importance de mon corpus de cartes et les conditions particulières de l'industrialisation de la production cartographique aux 19^e et 20^e siècles nécessitaient d'envisager une exploitation sérieuse beaucoup plus poussée que la traditionnelle approche cartobibliographique, ce que j'ai réalisé par la conception d'une base de données informatisée relativement complexe permettant de multiples traitements différents des informations qu'elle contient.

2.1. Le corpus de cartes, reflet de la définition et des problématiques du sujet.

Bien que les études annexes aient souvent une grande importance, l'histoire de la cartographie s'est véritablement construite autour de l'étude de corpus de cartes clairement définis, depuis les manuscrits médiévaux compilant les *mappaemundi* connues jusqu'à la formalisation de l'approche cartobibliographique. Même les partisans les plus radicaux des nouvelles approches de l'histoire de la cartographie, quand ils délaissent le domaine théorique pour des études historiques plus empiriques, structurent généralement leurs travaux autour de tels corpus qui reflètent à la fois les problématiques et les limites du sujet abordé. Mon inscription dans une histoire culturelle de la cartographie telle qu'a pu la décrire Christian Jacob donne à ce corpus une place centrale autour de laquelle gravitent différentes approches empruntant à des champs de recherche variés comme l'histoire institutionnelle, l'histoire sociale ou – principalement – l'histoire des sciences et des

¹⁰³ *Ibid.*, p. 198.

¹⁰⁴ Voir supra, « Historiographie... », 1.3.5.

techniques. Sa conception est donc intimement liée à la définition et aux problématiques du sujet de mon étude.

2.1.1. Les problématiques initiales.

Les raisons qui m'orientèrent initialement vers l'étude de la cartographie des zones montagneuses tenaient – assez classiquement – surtout à un parcours personnel, à une certaine forme de hasard et à un intérêt ancien pour ces régions et pour l'objet cartographique lui-même. Cependant, mon exploration bibliographique du sujet m'amena assez rapidement à en considérer la pertinence à la fois comme étude de cas offrant un point de vue révélateur sur l'évolution générale de la cartographie en France et dans les sociétés industrialisées, et à la fois comme analyse d'une cartographie conservant relativement longtemps un certain particularisme, que ce soit dans les institutions productrices, les groupes socioculturels réalisateurs ou utilisateurs, ou les conceptions mises en œuvre.

Surtout, elle me convainquit de me consacrer à la période contemporaine des 19^e et 20^e siècles qui, à part quelques études très synthétiques, était très largement sous-étudiée d'un point de vue historique, perdue entre l'époque classique de l'histoire de la cartographie s'étendant du 15^e au 18^e siècle et les études techniques contemporaines s'attardant essentiellement sur l'évolution depuis les années soixante ou soixante-dix.

Sans m'étendre ici sur des questions qui seront détaillées dans d'autres parties de cette étude, il me faut cependant souligner certains éléments glanés au cours de mes recherches bibliographiques qui structurèrent profondément les problématiques et les limites de mon sujet. Alors que le développement des méthodes de triangulation au 16^e et 17^e siècle avait permis le développement d'une cartographie géométrique dans laquelle certaines positions en latitude et longitude étaient calculées à partir de mesures du terrain, c'est-à-dire d'une cartographie *scientifique* dans le sens généralement admis de cartographie basée sur la mesure, la problématique de la représentation cartographique scientifique du relief ne commença à être véritablement posée qu'au début du 19^e siècle pour des raisons liées aux conceptions théoriques¹⁰⁵ et aux utilisations pratiques qui ne voyaient le relief que comme un obstacle aux déplacements. La complexité de la mesure instrumentale et de la représentation graphique du relief¹⁰⁶ participèrent à la formation d'une cartographie plus ou moins spécifique de la haute montagne qui servit de laboratoire pour la représentation du relief dans les autres régions, tant au niveau des techniques de levés que des méthodes de représentation graphique proprement dites. Les différences de perception et d'utilisation entre les producteurs officiels de cartes, essentiellement militaires et administratifs, et les catégories émergentes d'utilisateurs exigeants qu'étaient les scientifiques et les alpinistes, favorisèrent le développement d'une cartographie indépendante des zones montagneuses¹⁰⁷, dont l'influence scientifique et l'œuvre éditoriale importante constituent un des rares – si ce n'est le seul – exemples d'une

¹⁰⁵ Voir à ce sujet l'article extrêmement stimulant : NARDY Jean-Pierre. Réflexions sur l'évolution historique de la perception géographique du relief terrestre. *L'Espace géographique*, 1982, 3, p. 224-232, ou sa version synthétique plus axées sur la problématique cartographique : NARDY Jean-Pierre. Cartographies de la montagne, de l'édifice divin au bas-relief terrestre. In *Images de la montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur*. Paris : Bibliothèque nationale, 1984, p. 77-79.

¹⁰⁶ Pour une présentation très synthétique de ces questions, voir : ELEB-BAILLY A., « La troisième dimension, l'altitude », in : *Cartes et figures de la Terre*, 1980, p. 335-345.

¹⁰⁷ Voir, entre autres : BROCC Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme (1815-1925). In *Images de la Montagne, op. cit.*, p. 111-124.

cartographie topographique alternative, d'ailleurs spécialement développée en France et surtout dans les Alpes du nord.

2.1.2. La période chronologique.

Mon corpus de cartes devait refléter ces problématiques originales de la cartographie topographique des régions montagneuses. Dans un premier temps, je pensais le limiter à la période de pleine activité des topographes « amateurs » qui faisaient l'originalité de mon sujet du point de vue de l'histoire de la cartographie, soit essentiellement entre 1890 et 1950. Mais il m'apparut assez vite que cette parenthèse d'une cartographie indépendante s'inscrivait dans un mouvement plus vaste de « scientification » et d'industrialisation de la cartographie topographique qui débutait, pour la question de la représentation du relief, avec la première carte de France véritablement topographique au début du 19^e siècle. La limite chronologique postérieure était plus difficile à définir, mais au fur et à mesure de la constitution de mon corpus, il m'apparut de plus en plus judicieux de la fixer aux années soixante, sans pour autant arrêter une date précise qui n'aurait pas la même pertinence dans tous les aspects de l'activité cartographique que je comptais aborder. Cette décennie marquait en effet des changements profonds, au niveau institutionnel (le statut d'établissement public de l'Etat de l'IGN en 1966), au niveau éditorial (abandon de la publication de la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000 par l'IGN en 1959, adoption de l'échelle du 1 : 25 000 pour la carte de France), et au niveau des techniques de levé (l'abandon de la photographie aérienne sur plaque, puis les débuts de l'informatisation des processus de production cartographique) ou de représentation cartographique (en 1970, l'édition spéciale de la carte au 1 : 25 000 du Mont Blanc constituait le premier essai d'une nouvelle représentation du relief bientôt généralisée à toute la France). Mon hypothèse était qu'entre la fin des années cinquante et le début des années soixante-dix, la cartographie de haute montagne avait perdu toutes ses spécificités : selon les domaines abordés, mon étude se poursuit donc plus ou moins tardivement dans les années soixante et soixante-dix, avec plus ou moins de détails aussi en fonction des sources dont je disposais.

2.1.3. La zone géographique.

La période définie pour mon corpus de cartes était longue : en s'étalant sur un siècle et demi, elle rendait pratiquement irréalisable une étude de toutes les régions françaises un tant soit peu montagneuses. Une telle étude n'aurait de toute façon pas été pertinente, puisque son étendue aurait gommé les temporalités fortes des travaux cartographiques officiels, alors qu'elle n'aurait rien apporté à l'analyse des évolutions techniques ou institutionnelles. Il n'était pas envisageable non plus d'utiliser les méthodes de sondage basées sur les probabilités statistiques qu'emploient généralement les sociologues ou les historiens réalisant des prosopographies (par exemple en n'étudiant que les personnes dont le nom commence par la lettre B). La seule limitation judicieuse devait bien évidemment se baser sur des critères géographiques, fondamentaux en cartographie. Une analyse rapide de la production cartographique en France au 19^e et 20^e siècle, à partir des catalogues et inventaires d'éditeurs ou de bibliothèques, confirma ce que mon étude bibliographique avait déjà mis en valeur : l'essentiel des travaux des topographes indépendants se concentrait dans les massifs touristiques des Alpes du nord et les publications officielles y étaient généralement plus nombreuses et plus précoces que dans les autres régions montagneuses.

La zone couverte par mon corpus était ainsi définie globalement comme les Alpes du nord, comprenant les parties montagneuses des départements de Savoie, de Haute-Savoie et d'Isère, ainsi qu'une partie des Hautes-Alpes. Une délimitation plus précise fut effectuée en suivant le découpage mis en place en 1897 par le service cartographique officiel pour la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 : conservé pour la majorité des publications postérieures, il offrait une base stable sur laquelle furent situées les productions antérieures pour décider de leur intégration au corpus. J'ai d'ailleurs repris pour cette étude les dénominations traditionnelles des documents cartographiques adoptées pour la carte de France : *carte* désigne un ensemble cohérent pouvant être formé de nombreux documents, à l'image de la carte de France justement ; *feuille* désigne une unité de cet ensemble, c'est-à-dire ce qu'on appelle traditionnellement une carte au sens physique de l'objet matériel ; *coupure* désigne la sous-division d'une feuille pour les besoins de publication à des échelles supérieures¹⁰⁸. La figure suivante illustre, par un trait en pointillés gras, la zone géographique couverte par mon corpus de cartes (figure 1)¹⁰⁹.

¹⁰⁸ Par exemple, une *feuille* de la *carte* de France au 1 : 50 000 est divisée en huit *coupures* qui peuvent être publiées individuellement ou par groupes au 1 : 20 000 ou 1 : 25 000 – on parle alors de coupure double ou de coupure quadruple.

¹⁰⁹ Il s'agit du fond de carte très schématique également utilisé pour les cartes statistiques générées à partir de la base de données, voir infra, « Historiographie... », 2.3.3.3.

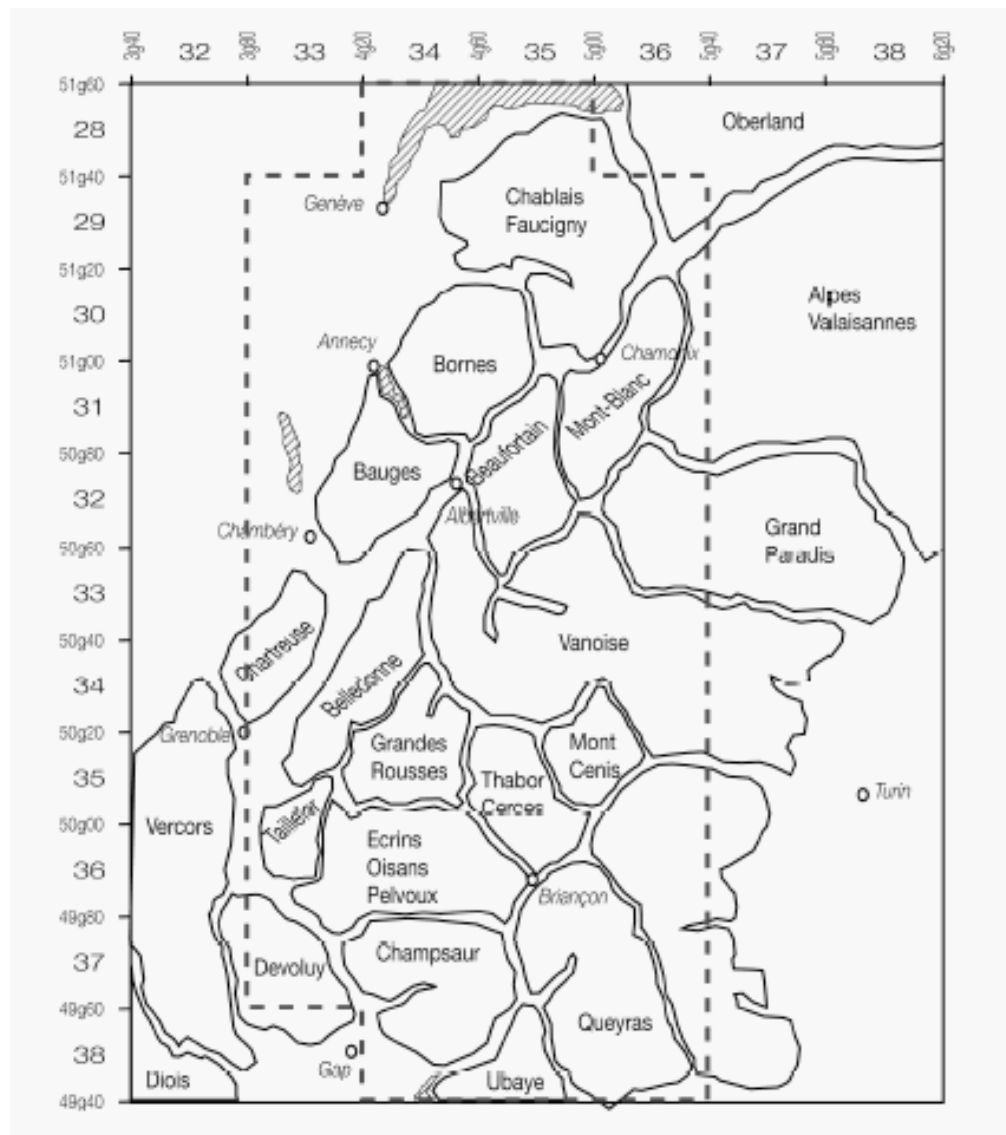


Figure 1 : Zone géographique couverte par le corpus de cartes.

2.1.4. Le type de cartes.

Une fois déterminées la période et la région couvertes par mon corpus, il restait à définir précisément le type de cartes qu'il devait comprendre. La catégorie des cartes *topographiques* à laquelle je m'intéressais avait connu des acceptions variées selon les époques et les usages qui ne facilitaient pas une définition précise et stricte des cartes à intégrer dans mon corpus. Mon questionnement principal portant sur la représentation cartographique « scientifique » du relief, c'est-à-dire à partir de mesures instrumentales du terrain, les cartes concernées auraient dû avoir comme caractéristiques principales d'être dressées à partir de levés directs. Cette catégorisation se révélait pourtant trop rigide parce qu'elle excluait des cartes importantes dans l'évolution de la représentation *détaillée* du relief qui avaient été réalisées à partir de données indirectes, provenant parfois de triangulations exécutées pour d'autres réalisations cartographiques, parfois directement d'autres cartes. La définition des cartes topographiques par une fourchette d'échelles

n'était pas non plus suffisamment pertinente, puisque les échelles considérées comme topographiques variaient selon les époques.

Devant l'impossibilité de définir les caractéristiques précises déterminant la nature *topographique* d'une carte, je décidai d'adopter une définition plus souple qui prenait en compte l'époque considérée : seraient incluses dans mon corpus toutes les cartes majoritairement perçues comme topographiques dans le contexte de leur publication. Jusqu'à la fin du 19^e siècle, cette définition recouvrait la carte d'état-major au 1 : 80 000 et des cartes d'auteurs indépendants jusqu'à l'échelle du 1 : 100 000¹¹⁰. Pour le 20^e siècle, elle comprenait essentiellement les cartes à une échelle supérieure au 1 : 60 000. Les cartes dérivées, c'est-à-dire dressées à partir d'autres cartes, ne furent intégrées au corpus que si elles apportaient des données supplémentaires importantes pour l'usage contemporain des cartes topographiques, par exemple les itinéraires d'alpinisme, ou si elles s'inséraient dans des séries importantes, comme les cartes publiées par l'Army map service américain pendant la deuxième guerre mondiale. Les plans industriels, à une échelle généralement supérieure au 1 : 10 000, ne furent pas retenus parce qu'ils formaient, dans la conception même des contemporains, une catégorie différente de cartographie. Les cartes géologiques ou hydrographiques furent également rejetées parce qu'elles présentaient des caractéristiques dépassant de loin la simple spécialisation. Enfin, si certaines cartes-esquisses furent intégrées au corpus parce qu'elles avaient eu une influence importante liée à la couverture d'une région encore peu cartographiée ou parce qu'elles avaient été dressées à partir de levés directs même simples, les cartes-croquis très localisées qui se multiplièrent avec le développement des topo-guides ne furent pas incorporées, principalement parce que leur représentation schématique du relief sortait du cadre d'une topographie « scientifique ».

2.1.5. La réunion du corpus.

La complexité de la production de cartes topographiques a toujours réservé leur publication à des groupes ou institutions relativement visibles, ce qui m'a permis de dresser assez facilement une liste presque exhaustive des cartes susceptibles d'être intégrées dans mon corpus, à partir d'inventaires, de catalogues ou de publications périodiques spécialisées comme les revues d'alpinisme. Par contre, leur consultation n'a été possible que grâce à la collection considérable conservée à la cartothèque de l'Institut géographique national, dont les directeurs successifs Jean-Claude Dupuis et Gérard Chappart ont eu l'extrême obligeance d'accepter de me laisser photographier les cartes formant mon corpus, ce qui m'a permis de pouvoir les étudier à loisir sur une table lumineuse pour la saisie des informations dans la base de données et les analyses répétées que j'ai faites de certaines feuilles. Seules les cartes les plus rares ou publiées dans des circuits moins traditionnels ont nécessité de recourir à la collection tout aussi considérable du département des cartes et plans de la Bibliothèque nationale de France. Au total, mille neuf cent vingt-trois feuilles sont ainsi réunies dans mon corpus, publiées sur une période de cent cinquante ans allant de 1837 à 1987. Bien que la collection ne soit évidemment pas exhaustive, j'estime avoir une proportion très importante des cartes topographiques couvrant la région étudiée et publiées avant 1980. Je n'ai retenu quelques cartes postérieures à 1980 que quand elles renouvelaient la cartographie d'une région jusque-là basée sur des levés très anciens : elles m'ont cependant permis, à l'extrême fin de mon étude, d'émettre quelques hypothèses sur l'évolution récente de la cartographie des Alpes du nord.

¹¹⁰ Quelques rares cartes à des échelles inférieures ont été intégrées au corpus pour leur intérêt historique dans la formation d'une cartographie indépendante (voir infra, partie 2, chapitre 2.1).

2.2. Archives et publications : possibilités et limites des approches envisagées.

Les cartes constituent l'objet principal de mon étude, reflet et prolongement de la définition du sujet abordé. Elles déterminent les institutions, les personnes, les techniques, les documents annexes à prendre en compte parce qu'ils ont participé à leur élaboration. Cependant, si elles contiennent une quantité considérable d'informations, elles restent le plus souvent muettes sur ces éléments qui ne s'inscrivent pas dans la représentation cartographique elle-même. D'autres sources historiques, parfois extrêmement riches, parfois insuffisantes, durent être utilisées pour étudier l'environnement et les conditions de production de ces cartes, particulièrement dans les domaines fondamentaux soulignés par Christian Jacob : le contexte socioculturel, à travers notamment l'histoire des institutions et la sociologie des cartographes, l'histoire des techniques de la cartographie, l'histoire de la perception et de l'utilisation des cartes.

2.2.1. Le contexte socioculturel : inaccessibilité des archives et richesse de la littérature institutionnelle.

La « nouvelle » histoire de la cartographie a définitivement montré la pertinence de l'étude de la carte comme artefact social qu'il convient d'analyser à travers et dans ses liens avec le contexte socioculturel de l'époque de sa publication. Une vision globale de ce contexte peut facilement être tirée de la riche bibliographie concernant les sociétés occidentales des 19^e et 20^e siècles. Dans une perspective plus strictement cartographique, l'étude de ce contexte consiste essentiellement en deux approches : la première concerne l'histoire des institutions productrices de carte, qui, en raison de la complexité de la production cartographique, forment le cadre principal d'une activité peu développée en dehors d'organismes structurés ; la seconde constitue une partie de la « sociologie de la carte » défendue par David Woodward ou Christian Jacob, consacrée aux groupes sociologiques producteurs de carte.

L'histoire institutionnelle et l'histoire sociale exploitent généralement des sources distinctes, mais très proches par leur origine et leur localisation, puisque dans des activités fortement organisées comme la cartographie, les documents intéressant l'historien furent émis et sont le plus souvent conservés par les institutions concernées, en particulier les archives administratives et la source reine de l'histoire sociale : les dossiers de personnel. Malheureusement, je me suis rapidement rendu compte qu'il me serait impossible d'exploiter la plupart de ces sources, soit pour des raisons légales, soit pour des raisons pratiques. D'un côté, la direction de l'Institut géographique national ne m'accorda pas l'accès aux archives administratives récentes, notamment aux dossiers du personnel conservés à la caisse de retraite de l'IGN à Draguignan, pour lesquelles la loi sur les archives impose une dérogation¹¹¹. L'exploitation prosopographique que j'avais envisagée à l'origine était donc compromise pour la période la plus contemporaine. D'un autre côté, si j'étais libre de consulter les archives plus anciennes ne nécessitant pas une telle dérogation, principalement les documents concernant le Service géographique de l'armée, « ancêtre » de l'IGN¹¹², et conservés en partie au Service historique de l'armée de terre (SHAT) à Vincennes, des dispositions pratiques rendaient définitivement impossible l'exploitation

¹¹¹ Plus précisément, elle ne répondit pas à mes demandes répétées pour une autorisation d'accès aux archives administratives. Je dois à une source indirecte et officieuse la confirmation qu'on ne me donnerait pas l'accès à ces documents.

¹¹² Le service cartographique officiel était militaire jusqu'à la création de l'IGN en 1940 : le Dépôt de la guerre fut supprimé en 1887 et remplacé par le Service géographique de l'armée.

prosopographique même pour les périodes plus anciennes. En effet, les dossiers de carrière des sous-officiers, qui composèrent la majorité des opérateurs employés par le SGA, étaient systématiquement reversés aux archives départementales de leur lieu d'incorporation. S'il me restait la possibilité d'étudier les dossiers de carrière des officiers, une partie importante de ceux-ci avait en fait été versée aux archives de l'IGN – auxquelles je n'avais pas accès – à la suite de la « transformation » du service cartographique en 1940. Enfin, en ce qui concerne les topographes indépendants majoritairement membres du Club alpin français, l'organisme m'affirma ne pas avoir conservé d'archives. J'aurais pu chercher par des voies détournées des informations sur certains d'entre eux¹¹³, mais, l'abandon forcé de la prosopographie des cartographes officiels empêchant toute étude comparative, les bénéfices d'une enquête longue et difficile auraient été limités.

Dès lors, l'analyse sociologique directe des institutions et des personnes ayant travaillé dans la cartographie topographique alpine était compromise. Une analyse indirecte était toutefois rendue possible par l'étonnante richesse de la littérature institutionnelle (rapports d'activité, publications périodiques, décrets et lois, etc.), en particulier pour la période allant des années 1880 aux années 1940, que ce soit pour le service cartographique officiel ou pour les organismes privés comme le Club alpin français. Cette littérature contenait non seulement d'innombrables informations précises sur le fonctionnement et l'évolution des institutions, mais aussi pour certaines périodes des listes détaillées de leur personnel. Si ces sources ne permettaient pas une véritable prosopographie comme je l'avais envisagée au début de mes travaux, elles offraient suffisamment d'informations pour une étude relativement précise du contexte socioculturel de la cartographie alpine. Ponctuellement, en fonction des données contenues qui variaient selon les périodes, l'exploitation sérielle des archives topographiques permet également des hypothèses sur la sociologie des groupes travaillant dans la cartographie.

2.2.2. Littérature technique et archives topographiques, des sources fondamentales pour une histoire des techniques cartographiques.

Depuis l'essor de la « nouvelle » histoire de la cartographie, l'importance du contexte socioculturel de la production cartographique, notamment la problématique politique du pouvoir des cartes, a tenu une place centrale dans de nombreux travaux de recherche. Par contre, l'histoire des techniques cartographiques, malgré l'influence de David Woodward, reste majoritairement sous-étudiée, selon moi pour les trois raisons principales qu'elle s'oppose à l'approche traditionnelle privilégiant la critique référentielle du contenu des cartes – ce que ne fait pas aussi radicalement l'approche socioculturelle –, qu'elle n'a pas fait l'objet d'une réflexion théorique aussi développée et mise en avant que l'approche socioculturelle, et qu'elle est victime de l'attachement des historiens de la cartographie à la période antérieure au 19^e siècle, généralement perçue comme une période techniquement moins intense ne nécessitant pas d'études détaillées dans ce domaine. Si cette dernière position – tacite – est très discutable, il n'en reste pas moins évident que la période contemporaine, avec son accélération sensible des changements techniques dans tous les domaines et en particulier dans la cartographie, est peut-être plus propice à des études d'histoire des techniques cartographiques. L'absence d'études importantes dans ce domaine, la période concernée par mon sujet, la problématique de la mesure « scientifique » du relief, le caractère de plus en plus technique de la cartographie contemporaine, mais aussi ma formation et mon encadrement plus spécialisés dans l'histoire des sciences et

¹¹³ Par exemple dans les archives des établissements d'enseignement qu'ils avaient fréquentés.

des techniques, favorisèrent naturellement une certaine focalisation sur cette approche, soutenue par la richesse des sources disponibles.

L'histoire des techniques fait une place fondamentale aux publications imprimées comme sources de premier ordre pour l'étude de la culture et de l'évolution techniques, surtout pour l'époque contemporaine où l'idéologie positiviste du progrès technique et la diffusion de l'information imprimée sont à l'origine d'une quantité considérable de publications traitant de ces questions : rapports d'activités, notes internes aux institutions, revues spécialisées, notices techniques, manuels d'initiation dont était friand le public cultivé de la fin du 19^e et du début du 20^e siècle, etc. Ces sources permettent une étude souvent très pertinente du contexte dans lequel apparaissent, se développent, s'imposent ou disparaissent des techniques, à travers une critique de la rhétorique de rationalité généralement mise en avant pour justifier les choix techniques et une analyse des déterminants profonds souvent très variés de ces choix.

Si les publications imprimées permettent une approche globale satisfaisante, elles ne contiennent que rarement des informations détaillées et précises sur la réalisation de chaque feuille de mon corpus, en particulier sur les levés topographiques : date d'exécution, surface couverte, techniques employées, etc. Pour les topographes indépendants, peu nombreux et dont l'activité restait exceptionnelle dans leur milieu, la richesse de ces publications, souvent rédigées par les topographes eux-mêmes, comble l'absence d'archives – ou du moins l'impossibilité de les localiser. Le style littéraire très particulier de cette élite scientifique des alpinistes, mêlant évocations lyriques, descriptions techniques et récits personnels, permet, à partir de certains textes, d'étudier les pratiques techniques d'une façon quasi-anthropologique. Par contre, pour la production beaucoup plus importante du service cartographique officielle, seule la consultation des archives cartographiques permet d'accéder à ce type d'informations.

Pour les questions qui m'intéressaient, ces archives cartographiques étaient essentiellement constituées des *dossiers topographiques*¹¹⁴. Ils contiennent la plupart des documents nécessaires à la rédaction des feuilles définitives : les minutes topographiques de levé, de restitution, de complètement et/ou de révision, les enquêtes toponymiques, certains carnets géodésiques, des rapports de restitution, etc. Bien que le recours à leur contenu le plus ancien soit de plus en plus rare, il arrive encore qu'il soit nécessaire pour la rédaction d'une feuille de chercher des informations sur des documents âgés de plusieurs décennies. Pour cette raison – en plus de leur intérêt historique bien sûr – les anciens dossiers topographiques sont consciencieusement conservés dans les archives de la cartoθήque. Ils constituent une source fondamentale pour mon étude, notamment parce qu'ils permettent une analyse précise de la répartition géographique et chronologique des différentes techniques de levé, mais aussi parce qu'ils offrent un point de vue quasi-anthropologique sur le travail cartographique à travers les documents de base de ce travail. Une grande quantité d'informations fut ainsi recueillie tout au long du dépouillement des archives cartographiques et des dossiers topographiques, à travers les textes, les notes, les données contenues dans ces documents.

Dans les dossiers topographiques, les informations concernant les missions de photographies aériennes se sont révélées souvent lacunaires ou incertaines, généralement précisées seulement pour les missions dont les photographies furent l'objet d'une restitution systématique ou importante. Pour compléter les données sur les levés aériens exécutés

¹¹⁴ Comme pour la conception de mon corpus de cartes, je reste là encore infiniment redevable aux directeurs successifs de la cartoθήque qui m'ont laissé un accès totalement libre à ces dossiers que j'ai pu ainsi dépouiller pendant de longues semaines.

par les services officiels, j'ai également consulté les dossiers de la photothèque de l'Institut géographique national qui regroupent les informations principales sur tous les levés aériens depuis les années vingt, et notamment les régions et les surfaces couvertes.

2.2.3. La difficile histoire des utilisations de la carte.

Malgré l'orientation de plus en plus marquée de l'histoire de la cartographie vers une conception de la cartographie comme un acte de communication, l'étude historique de la réception, de la perception et de l'utilisation de la carte reste aujourd'hui très peu développée, contrairement aux études des conditions de sa production et de l'artefact lui-même en tant que médium. Elle se trouve confrontée aux mêmes problèmes de sources qu'essaie de surmonter depuis plusieurs décennies l'histoire de la lecture¹¹⁵ : comment faire l'histoire d'une pratique qui ne laisse que peu ou pas de traces ? Les réflexions théoriques et méthodologiques des historiens de la lecture peuvent de fait être presque intégralement reprises par les historiens de la cartographie.

La plus importante reste sans doute le refus du postulat que le texte – ou la carte au sens de représentation mentale – se suffit à lui-même comme source pour l'étude de sa lecture : « la lecture n'est pas déjà inscrite dans le texte, sans écart pensable entre le sens assigné à celui-ci (par son auteur, son éditeur, la critique, la tradition, etc.) et l'usage ou l'interprétation qui peut en être fait par ses lecteurs. »¹¹⁶ Cette position théorique a favorisé le développement de deux orientations de recherche. La première s'intéresse au contexte socioculturel du lecteur, jugé aussi important dans la manière qu'il a de percevoir le texte que le texte lui-même. Elle fait une place importante à la notion de *texte pragmatique*, une version originale du texte avec les transformations que lui fait subir le lecteur¹¹⁷. La deuxième se concentre sur la matérialité du texte et les gestes du lecteur, ces pratiques de lecture qui définissent en grande partie ce que Stanley Fish appelle des « communautés d'interprétation ». Elle étudie spécialement les variations des formes du texte et des publics eux-mêmes, notamment à travers des études sur la circulation des textes à l'intérieur de groupes culturels partageant une même façon de lire.

Dans ce qui est un véritable plaidoyer pour une histoire des pratiques de la carte, Christian Jacob reprend les mêmes types de questionnements en insistant particulièrement sur les gestes et opérations intellectuelles que la forme physique et la conception de la carte obligent ou poussent son lecteur à faire. Cependant, ni l'histoire de l'art souvent appliquée à l'aspect figuratif de la cartographie, ni les études en science cognitive qui concernent surtout la cartographie thématique, ne fournissent des outils intellectuels adaptés à l'analyse de l'évolution des pratiques de lecture des cartes topographiques, un type de carte fortement marquée par les apparentes naturalité, objectivité et rationalité « scientifiques » de sa représentation – des caractéristiques qui présidèrent à de nombreuses tentatives plus ou moins fructueuses de normalisation au cours des 19^e et 20^e siècles. Pour la période contemporaine, l'histoire de la lecture de la carte doit donc se concentrer sur l'effet de cette normalisation et d'une certaine « scientificisation » de la rhétorique cartographique. L'étude

¹¹⁵ CAVALLO Guglielmo dir., CHARTIER Roger dir. *Histoire de la lecture dans le monde occidental*. Paris : Seuil, 1997, 522 p. ; CHARTIER Roger dir. *Histoire de la lecture : un bilan des recherches – Actes du colloque des 29 et 30 janvier 1993*. Paris : Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, 1995, 316 p.

¹¹⁶ CAVALLO Guglielmo, CHARTIER Roger. Introduction. In *Histoire de la lecture dans le monde occidental, op. cit.*, p. 7.

¹¹⁷ BÖDKER Hans Erich. D'une « histoire littéraire du lecteur » à l'« histoire du lecteur » : bilan et perspectives de l'histoire de la lecture en Allemagne. In *Histoires de la lecture : un bilan des recherches, op. cit.*, p. 93.

du contenu graphique des cartes et certaines sources indirectes comme les initiations à la lecture cartographique offrent des points d'analyse intéressants, mais souvent insuffisants.

Comme dans l'histoire de la lecture, la sociologie des utilisateurs de cartes permet d'analyser le contexte socioculturel de cette pratique et de compléter l'analyse du médium cartographique lui-même. Là encore les sources sont rares et souvent insuffisantes, notamment parce qu'une étude de la diffusion des cartes au cours des 19^e et 20^e siècles réclamerait un travail à part entière dont l'efficacité ne serait d'ailleurs pas assurée. Pour la cartographie topographique des Alpes, si les utilisations militaires ou administratives peuvent être plus facilement déterminées parce qu'elles entrent dans des pratiques générales sur tout le territoire français, les utilisations spécifiques par les scientifiques ou les touristes sont plus difficiles à étudier. Si les études concernant le milieu des alpinistes offrent parfois des éléments intéressants¹¹⁸ – notamment le court article de René Siestrunk sur les rapports entre tourisme de montagne et cartographie¹¹⁹ –, les sources principales restent indirectes : récits de courses et articles scientifiques des revues spécialisées, manuels techniques, notes manuscrites en marge des cartes, etc. Leur analyse a permis des hypothèses intéressantes, en particulier sur les rapports entre la culture scientifique des utilisateurs et les orientations techniques des producteurs, et sur le rôle de rhétorique d'autorité du discours scientifique incorporé à la carte elle-même.

2.3. L'approche sérielle en réponse aux spécificités de l'étude de la cartographie contemporaine.

Si une partie des sources utilisées ne justifiait qu'une analyse critique et qualitative, une autre partie particulièrement importante était composée de documents de nature sérielle pour lesquels une analyse quantitative s'imposait pour des raisons pratiques liées au nombre de documents, mais aussi et surtout pour des raisons méthodologiques et problématiques liées à la période étudiée. Le nombre de documents étant relativement élevé, avec presque deux milles feuilles et quelques milliers de sources topographiques diverses (minutes, rapports de restitution, etc.), l'analyse de mon corpus et de la documentation cartographique annexe a nécessité la conception d'une base de données informatisée pour en augmenter l'efficacité et la portée. Cependant, certaines spécificités du sujet limitèrent les applications de l'analyse quantitative globale et imposèrent de fractionner l'approche sérielle.

2.3.1. Une analyse quantitative signifiante.

Le recours à l'analyse quantitative en histoire n'a de sens que quand elle apporte des réponses à des questionnements qui échappent à l'analyse qualitative – c'est-à-dire quand elle est autre chose qu'un simple « vernis statistique » apportant une illusoire rationalité mathématique à l'analyse historique. Dans le cadre de mon étude, la pertinence d'une approche sérielle était justifiée par l'essor des problématiques industrielles au sein du service officiel et le développement d'une véritable production en série, dans laquelle plusieurs centaines ou milliers de feuilles étaient publiées dans le cadre d'une même

¹¹⁸ LEJEUNE Dominique. *Les Alpinistes en France à la fin du XIXe et au début du XXe siècle : vers 1875 – vers 1919, étude d'histoire sociale, étude de mentalité*. Paris : CTHS, 1988, 271 p. ; HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France, 1870-1950 : une histoire culturelle*. Paris : L'Harmattan, 2000, 338 p.

¹¹⁹ SIESTRUNCK René. Tourisme, patriotisme et topographie. In *Cartes et figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 345-346.

carte – représentant plusieurs dizaines de documents pour la seule région des Alpes du nord. L'étude d'une telle production nécessitait une analyse globale afin d'en souligner les caractéristiques et les temporalités. Cette analyse constitue le premier niveau de l'approche sérielle, qui me servit notamment à définir une périodisation précise de l'évolution de la cartographie topographique des Alpes françaises¹²⁰, mais aussi à mettre en relief certaines particularités de cette évolution et en particulier les changements dans la représentation du relief. Ce niveau se doublait d'études qualitatives ponctuelles sur des feuilles ou des documents topographiques particulièrement intéressants ou représentatifs de l'évolution cartographique.

Le deuxième niveau est constitué par des analyses quantitatives plus sectorielles, concentrées sur des variables, des périodes ou des producteurs cartographiques particuliers, dont l'objectif principal est de répondre à des questionnements que les limitations de certaines sources ne me permettent pas d'aborder autrement. L'impossibilité de réaliser une véritable prosopographie – autre forme d'analyse quantitative – ou les problèmes spécifiques à l'étude des utilisations de la carte m'ont poussé par exemple à adopter des stratégies détournées et à exploiter certaines données des sources sérielles, comme les noms d'opérateurs indiqués sur les minutes de levé ou le contenu de l'habillage des cartes elles-mêmes. La richesse des sources sérielles dont je disposais m'a ainsi permis une multitude de « détournements » méthodologiques pour émettre des hypothèses sur des questions pour l'étude desquelles je n'avais pas de sources directes.

2.3.2. La base de données : nécessité et choix de conception.

Compte tenu du nombre de feuilles incluses dans mon corpus et de la quantité de documents topographiques annexes, une analyse quantitative globale ne pouvait être réalisée, d'un point de vue pratique, qu'avec les possibilités de traitement offertes par les outils informatiques de gestion de base de données. Leur utilisation en histoire s'est développée depuis les années soixante-dix, essentiellement pour faciliter l'étude des sources sérielles dont l'exploitation avait été au cœur du renouveau de l'histoire économique, puis de l'histoire sociale avec les prosopographies. Elle est confrontée à deux spécificités de l'analyse historique, qui complexifient sensiblement la conception des bases de données : la primauté de la variable temporelle et l'absence d'une typologie des variables bien définie et stable dans le temps. Celles-ci empêchent le recours aux méthodes développées dans des disciplines plus formelles comme la sociologie, dans laquelle les analyses sont généralement synchroniques et le codage des variables préalable à l'étude, alors qu'il fait partie de l'étude elle-même en histoire. A ces deux problèmes que doit résoudre toute utilisation historique des bases de données, ma propre étude consacrée à la cartographie en ajoutait deux autres liés à la complexité des documents cartographiques et à l'importance de la variable spatiale.

2.3.2.1. La complexité des documents cartographiques.

Dans le cadre de mon étude, deux types de sources se prêtaient à une analyse quantitative nécessitant l'utilisation d'une base de données informatisée : les cartes elles-mêmes, pour étudier l'évolution de la représentation du relief, de la normalisation cartographique et de l'habillage¹²¹ de ces cartes, et l'ensemble des documents annexes contenus dans les dossiers topographiques, pour étudier l'évolution des techniques de

¹²⁰ Voir infra, « Historiographie... », 3.

¹²¹ Tous les éléments autres que le dessin cartographique lui-même : titres, légendes, tableaux d'assemblage, cartouches, etc.

levé topographique. Pour la conception d'une base de données, ces sources posaient des problèmes bien identifiés liés à l'approche historique de la cartographie (codage des variables, importance des variables temporelles et spatiales), amplifiés par la complexité du document cartographique dont la nature extrêmement synthétique, réunissant une quantité considérable d'informations de types très divers, nécessitait de prendre en compte un grand nombre de variables numériques et textuelles.

Pour une même feuille, certaines variables étaient elles-mêmes susceptibles d'avoir un nombre variable de valeurs. Par exemple, une feuille pouvait être basée sur une, deux, trois ou plus triangulations, ou encore la représentation du relief pouvait cumuler plusieurs systèmes différents. Cette particularité se traduit dans le schéma de la base de données par de nombreuses associations dites « binaires de plusieurs à plusieurs », qui permettent seules de gérer rationnellement le nombre variable de valeurs pour une même variable¹²². Sur le schéma entités / associations (E/A), les associations *Utiliser* du cadre « Données cartographiques » constituent un bon exemple de ce type d'association (annexe 3, figure 19).

Mon étude étant spécialement consacrée à la représentation cartographique du relief, sa définition dans la base de données devait être relativement détaillée. Le principal problème qui se posait était la multiplicité potentielle des systèmes de représentation du relief sur une même feuille : en fonction des levés à partir desquels elle était dressée ou en raison de la couverture de territoires étrangers, une feuille pouvait contenir différentes zones représentées de différentes façons. Plutôt que de ne retenir que la zone principale, j'ai décidé de prendre en compte toutes ces zones en divisant la définition de la représentation cartographique d'une feuille en autant de zones qu'elle en contenait, même si cette précision supplémentaire alourdissait un peu la base et donc la saisie des données. Dans la structure de la base, ce choix se traduit par des associations dites « un à plusieurs avec type entité faible », parce que l'une des entités, dite faible, ne peut être liée qu'à une seule autre entité : c'est le cas en particulier de l'entité *Zones* (annexe 3, figure 19). Cette structure permet de gérer toutes les éventualités avec un maximum de souplesse et de saisir aussi bien une feuille ne contenant qu'une zone, qu'une feuille en contenant quatre ou cinq.

2.3.2.2. Le codage des données.

L'analyse quantitative des informations contenues dans une base de données ne peut être efficace que si ces informations présentent une variété limitée pour éviter la dispersion des résultats. Dans la plupart des disciplines utilisant l'analyse quantitative, cette limitation est préalable à l'étude et consiste à coder les données sur les bases d'une typologie, comme par exemple les Catégories socioprofessionnelles en sociologie. En histoire cependant, cette typologie existe rarement et les informations contenues dans les archives présentent souvent une grande variété de dénominations, qui rend l'étape de codage d'autant plus délicate que l'évolution des termes employés fait partie intégrante de l'analyse historique. Le codage ne doit donc être effectué qu'après la saisie des données et il doit conserver les termes employés dans les archives pour une éventuelle analyse de leur évolution.

Bien que ce soit moins marqué sur la période contemporaine, les termes employés en cartographie, dans les textes, les documents topographiques ou les cartes elles-mêmes, ne

¹²² La solution, trop souvent adoptée par les historiens peu compétents en informatique, qui consiste à multiplier les attributs (par exemple : triangulation1, triangulation2, etc.) n'est absolument pas rationnelle, ni normalisée, ni efficace d'ailleurs puisqu'elle amène à créer autant d'attributs que le nombre maximum de valeurs pour une variable – qui n'est pas forcément connu au moment de la conception de la base –, ce qui alourdit et ralentit le fonctionnement de la base.

s'inscrivent pas dans une typologie bien définie. En fonction des périodes, de la méticulosité des opérateurs, ou encore des spécifications officielles, les documents contenus dans les dossiers topographiques et les cartes elles-mêmes contiennent des informations très variables, à la fois dans leur contenu (certains éléments ne sont pas toujours indiqués) et dans le vocabulaire employé.

Dans les informations intégrées à la base de données, cette variation du vocabulaire ne posait de véritables problèmes que pour les termes désignant les techniques de levés et les fonctions assurées lors de ces levés. Les autres données provenaient soit d'un codage préalable d'informations non textuelles (représentation du relief ou du rocher, type de paysage, etc.)¹²³, soit d'informations numériques qu'il n'était donc pas nécessaire de coder¹²⁴, soit d'informations disposant d'une typologie fixe (grades militaires, numéros de coupures, etc.). Pour les techniques ou les fonctions dans les levés topographiques, j'ai donc scrupuleusement respecté les termes employés dans les archives. J'ai ensuite effectué un tri léger en regroupant les termes très proches pour lesquels il ne me semblait pas nécessaire de maintenir une distinction, mais en conservant les bases lexicales distinctes : par exemple, les termes « stéréotopographie » et « stéréophototopographie », bien que désignant la même technique, n'ont pas été regroupés pour permettre l'analyse de l'évolution des termes employés. Pour permettre des analyses plus synthétiques, chacun de ces termes a été relié aux techniques qu'il englobait, par une association plusieurs à plusieurs avec l'entité *Technique* (annexe 3, figure 19).

2.3.2.3. La variable temporelle : l'année comme unité de temps.

La variable temporelle, évidemment fondamentale pour une étude historique, posait deux difficultés. La première, inhérente à toute utilisation historique d'une base de données, concernait le codage d'informations temporelles qui pouvaient être des dates précises ou des périodes continues ou discontinues. La gestion des périodes est un problème délicat puisqu'elles ne peuvent pas être saisies dans un attribut unique de type numérique ou date permettant des analyses quantitatives exploitant les données temporelles. La seule méthode efficace consiste à saisir autant d'enregistrements que le nombre d'unités temporelles dans une période : par exemple, un levé topographique exécuté entre 1925 et 1927 doit être saisi dans trois enregistrements distincts pour chacune des années. Dans la structure d'une base de données, cela revient soit à créer une entité faible pour l'information temporelle, soit à intégrer l'attribut temporel dans l'identifiant unique d'une entité¹²⁵. La base de données se trouve relativement alourdie par une structure plus complexe et un nombre d'enregistrements plus important, mais il est alors possible, facile et particulièrement efficace, d'interroger la base de données en prenant en compte de manière rationnelle les données temporelles. Dans ma base de données, la structure est encore complexifiée par l'utilisation systématique d'entités pour gérer les énumérations, afin de faciliter le codage *au cours de la saisie* des variables prises en compte ; ainsi, la plupart des variables temporelles se trouvent en fait intégrées dans des associations complexes, comme *Opérations* ou *Sources* (annexe 3, figure 19), liant plusieurs entités.

¹²³ Ce codage a été exécuté dans des entités distinctes dont les noms sont préfixés par « enum_ » (Annexe 3, figure 20).

¹²⁴ Même si lors des traitements statistiques certaines données numériques ont été regroupées en classes pour permettre une meilleure lisibilité des résultats, elles n'ont jamais été modifiées dans la base de données.

¹²⁵ Identifiant unique (ou clé primaire) : attribut ou ensemble d'attributs assurant l'unicité de chaque enregistrement d'une entité, c'est-à-dire pour lesquels aucun enregistrement ne peut avoir les mêmes valeurs.

Dans la plupart des cas, je n'ai conservé que l'année comme unité temporelle significative¹²⁶, cette précision s'avérant largement suffisante pour des analyses portant sur plusieurs décennies. En particulier, j'ai décidé de ne pas saisir les informations contenues dans les dossiers topographiques avec tous les détails disponibles : si certains rapports de restitution précisait le jour et la durée en heures pour des opérations portant sur quelques kilomètres carrés, cette précision n'aurait fait qu'alourdir la base en multipliant de façon exponentielle le nombre d'enregistrements nécessaires, tout en n'offrant qu'une matière très limitée à l'analyse puisqu'elle n'était disponible que pour certaines feuilles et certaines périodes peu étendues.

La deuxième difficulté que posait la variable temporelle tenait à la multiplicité des références temporelles pour une même feuille, liée aux spécificités du processus de production cartographique (date de levés, date de réalisation, date de dessin, date de gravure, date d'édition, date d'impression). Afin de ne pas multiplier inutilement le nombre d'enregistrements, j'ai décidé de concevoir l'entité *Feuille* comme un enregistrement de chaque publication d'une feuille *comportant des modifications*. Les tirages de simple réimpression ont été inclus dans l'entité faible *Tirage*, liée à *Feuille* par une association un à plusieurs. J'ai conservé les autres références temporelles liées aux feuilles, qui correspondaient à des données spécifiques éventuellement nécessaires pour certaines analyses, mais pour simplifier la recherche et le tri des feuilles ainsi que la plupart des requêtes, un attribut de référence (*anneereference*) a cependant été créé, déterminé en fonction des dates d'édition et de tirage.

2.3.2.4. La variable spatiale : la coupure comme unité de surface.

En plus de la question délicate de la gestion de la variable temporelle, je me trouvais confronté dans le cadre d'une telle étude sur la cartographie au problème de la gestion de la variable spatiale, particulièrement difficile à intégrer dans une base de données. Il n'était bien évidemment pas envisageable de recourir à une définition reposant sur une liste de coordonnées géographiques déterminant les sommets du parallélogramme formé par la surface concernée. Cette méthode est l'apanage des Systèmes d'information géographique (SIG), bases de données particulièrement complexes servant à gérer l'information spatiale. Je n'avais ni le temps, ni la compétence, ni surtout les données nécessaires à une telle précision. Pour autant, la variable spatiale, c'est-à-dire essentiellement les surfaces couvertes par les différentes zones d'une feuille ou les levés topographiques, conservait un intérêt primordial dans de nombreux traitements quantitatifs envisagés : si une grande précision n'était certes pas nécessaire, il fallait cependant trouver une solution efficace pour pouvoir étudier la répartition des techniques employées ou des cartes publiées afin de vérifier les nombreuses hypothèses d'analyse historique basées sur le type de terrain ou la région géographique couverte.

Pour simplifier sa gestion, j'ai donc décidé d'adopter une unité de surface suffisamment petite pour conserver un certain niveau de détail dans les analyses, mais aussi suffisamment facile à employer pour définir les zones couvertes par les feuilles ou les levés. Mon choix s'est porté sur la *coupure*, surface correspondant à un huitième d'une feuille de la carte de France au 1 : 50 000. Son application était particulièrement facile puisque environ les quatre cinquièmes des feuilles de mon corpus étaient publiées selon le tableau d'assemblage de cette carte, et qu'une majorité des levés topographiques était organisée sur ce tableau. Pour les feuilles ou levés organisés sur un autre système, j'ai simplement reporté leur position

¹²⁶ Du moins dans les analyses, puisque la saisie de certaines données a tiré parti de la souplesse du type SQL Date pour conserver la précision des informations tirées des archives.

géographique sur un schéma du tableau d'assemblage pour déterminer les coupures couvertes. L'utilisation de la coupure comme unité de surface avait également l'avantage de permettre un codage facile, puisqu'elle était défini par deux numéros à deux chiffres pour la colonne et la ligne du tableau d'assemblage, plus un chiffre pour le numéro de coupure, soit un entier à cinq chiffres. La définition de la surface couverte par chaque zone d'une feuille se fait dans une entité faible spéciale (*Coupure*) puisqu'elle pouvait être rattachée à une entité unique (l'entité faible *Zone*, elle-même rattachée à une entité unique *Feuille*). Par contre, la définition de la surface couverte par des opérations topographiques se fait dans l'association *Opérations*, ce qui a nécessité d'intégrer l'attribut *coupure* à l'identifiant unique de cette association (en plus de l'attribut *annee* déjà intégré pour gérer la variable temporelle).

2.3.3. Des choix logiciels privilégiant l'*open-source*.

2.3.3.1. Le modèle relationnel.

Les compétences informatiques souvent limitées des historiens et la relative imperméabilité des informaticiens aux problématiques historiques ont fortement limité leur collaboration, forçant souvent les historiens à concevoir eux-mêmes leurs bases de données et à résoudre les problèmes spécifiques à leur discipline par des méthodes plus ou moins heureuses. Leur manque de formation les orienta souvent vers des approches simplistes, privilégiant des structures peu rationnelles et non normalisées, ne comportant qu'un faible nombre d'entités – quand ce n'est pas une seule –, généralement exploitées dans des logiciels peu adaptés¹²⁷.

Au contraire, et en relation directe avec la complexité des informations à analyser, la structure de ma base de données repose sur un grand nombre d'entités organisées dans un souci constant de normalisation. La traduction du schéma Entités / Associations en un modèle relationnel¹²⁸ exploitable dans un logiciel de base de données s'est faite avec la même orientation (annexe 3, figure 20)¹²⁹. Bien qu'elle soit loin d'être parfaite, cette structure ainsi définie a démontré une efficacité certaine dans l'utilisation que j'en ai faite.

Dans le modèle relationnel, chaque entité est traduite par une table (ou « relation ») dont la clé primaire (ou « identifiant unique ») est définie par un numéro d'identification arbitraire, l'attribut *id* (il est incrémenté automatiquement à la saisie de chaque nouvelle feuille). La clé primaire des tables traduisant les entités faibles est définie par l'*id* de la table à laquelle elles sont liées (par exemple, *id_feuille* dans le cas de *feuille_zone* ou *feuille_tirage*) et par un autre attribut qui permet de différencier plusieurs enregistrements (par exemple, *id_typezone* dans le cas de *feuille_zone*, ou *annee* dans le cas de *feuille_tirage*). Chaque association binaire de plusieurs à plusieurs est traduite par une table qui associe deux autres tables, comme par exemple *feuille_trianguation* ou *feuille_zone_relief* : le couple de clés primaires des tables associées forme la clé primaire de cette table. Les

¹²⁷ Un grand nombre d'études historiques ont été réalisées en exploitant des bases de données réalisées avec le logiciel Excel, qui, s'il propose effectivement des fonctions de gestion de bases de données, reste avant tout un tableur et ne dispose pas de fonctions d'interrogation suffisamment puissantes.

¹²⁸ Type de base de données le plus utilisé actuellement, basé sur l'utilisation d'une seule structure : la relation. Une relation peut être représentée sous la forme d'une *table* contenant, comme une feuille de calcul, des colonnes, les *attributs* ou *champs* (*fields* en anglais), et des lignes, les *enregistrements* (*rows* ou *records* en anglais), chaque ligne correspondant à une entité.

¹²⁹ La normalisation de la structure doit beaucoup au soutien conceptuel de mon beau-frère Brian McAllister, programmeur spécialisé dans les bases de données qui travailla notamment au sein d'Oracle.

associations complexes, comme *Sources* ou *Opérations*, sont traduites par des tables associant plusieurs tables (*id_acteur*, *id_structure*, *id_fonction*, *id_nomleve* par exemple, pour *operations*) : la clé primaire de ces tables complexes est formé non seulement par les clés primaires des tables associées, mais aussi parfois par des attributs supplémentaires, comme *annee* et *coupure* pour la table *operations* ¹³⁰.

2.3.3.2. MySQL, un système de gestion de bases de données *open-source*.

De nombreux logiciels sont spécialisés dans la gestion des bases de données relationnelles. Les historiens, et plus généralement les chercheurs en sciences humaines et sociales, privilégient souvent les logiciels les plus simples d'utilisation, intégrant le Système de gestion de base de données (SGBD) à une interface graphique facilitant la conception et la saisie, à l'image de FileMaker ou d'Access qui sont utilisés dans la plupart des cours d'initiation à l'emploi des bases de données de ces disciplines. Ces logiciels ont cependant les inconvénients d'imposer des limites à la conception, d'être peu efficaces sur un très grand nombre de données et de n'intégrer que faiblement les normes internationales définies dans le domaine des bases de données, en particulier la norme SQL de 1992 (SQL signifiant *Structured Query Language*). Cela pose non seulement des problèmes quant à la pérennité des bases conçues avec ces logiciels, mais empêche également d'employer le langage SQL qui permet d'exécuter facilement des requêtes complexes et performantes pour interroger la base de données.

Mon ambition étant de concevoir une structure qui pourrait éventuellement être utilisée pour des études ultérieures ou partiellement mise à disposition sur Internet, je me suis orienté vers des systèmes plus « solides » où le SGBD est indépendant de l'interface graphique de saisie ¹³¹. Mon choix s'est fixé sur MySQL ¹³², un SGBD *open-source* qui présentait les avantages d'être gratuit, soutenu par une très large communauté d'utilisateurs – garantie d'une résolution simple et rapide des problèmes – et très proche de la norme SQL dans ses versions récentes ¹³³.

Cette proximité a d'ailleurs permis de résoudre un problème lié à la gestion de la variable temporelle que je n'avais pas identifié lors de la conception théorique de la base de données et qui n'influa donc pas dans la décision d'adopter MySQL. Dans les logiciels habituellement utilisés en histoire, il reste en effet impossible de saisir dans un attribut de type Date une valeur imprécise ne comprenant pas le jour ou le mois. Le problème peut être contourné par l'utilisation d'attribut de type Entier, mais cette solution n'est ni élégante, ni facile puisqu'elle oblige à développer des fonctions particulières pour gérer la variable temporelle ainsi codée. Au contraire, le type Date de la norme SQL accepte sans problème des valeurs imprécises, comme par exemple '1974-03-00' pour le mois de mars 1974, sans précision de jour. Les attributs de type Date peuvent ensuite être interrogés et manipulés avec un véritable arsenal de fonctions spécifiques. Si cet avantage ne changeait que peu de choses dans la gestion générale de la variable temporelle basée sur l'année comme

¹³⁰ Ce choix de conception alourdit la base avec des tables dont la clé primaire est très complexe, mais si, d'un point de vue technique, il est envisageable d'utiliser un numéro d'identification (id) pour la clé primaire de ces associations complexes, cette solution n'est pas conforme aux critères de normalisation des structures de base de données et ne s'accorde pas avec le schéma logique de la structure (annexe 3, figures 19 et 20).

¹³¹ La base est d'ailleurs consultable en ligne à l'adresse suivante : <http://carto.folkup.com>

¹³² Site Internet : www.mysql.com

¹³³ J'utilise la version 4.1.12-max pour système Mac OS X.

unité, il s'avéra crucial pour distinguer efficacement des éditions ou des tirages différents mais effectués la même année¹³⁴.

2.3.3.3. Une interface graphique de saisie programmée en PHP.

L'interface graphique de saisie des données a été programmée en langage PHP, particulièrement adapté à la publication en ligne et massivement utilisé en interface avec MySQL pour la conception de site Internet. La saisie s'est donc faite par des formulaires accessibles via n'importe quel navigateur internet, même si, la base n'ayant pas été déployée en ligne, cette saisie devait être effectuée sur l'ordinateur sur lequel tournait le serveur MySQL. Pour faciliter et accélérer la saisie des informations en séries souvent répétitives, comme les opérations de levés topographiques pour lesquelles un enregistrement devait être saisi pour chaque ensemble opérateur / année / coupure¹³⁵, quelques formulaires spéciaux ont été conçus, permettant de ne saisir qu'une seule fois les informations communes à plusieurs enregistrements.

La souplesse du langage PHP a également été utilisée pour développer le module de cartographie automatique. Celui-ci permet, à partir de requêtes formulées en langage SQL, de générer, sur un fond de carte schématique, des cartes de la répartition des surfaces couvertes par les feuilles ou les travaux topographiques étudiés. Toutes les cartes présentées dans le corps du texte ont été générées avec ce module.

2.3.3.4. Un traitement quantitatif avec R.

Toutes les analyses quantitatives ne nécessitant pas une représentation cartographique ont été effectuées à l'aide de l'environnement logiciel R¹³⁶, spécialisé dans les traitements statistiques et les représentations graphiques sur ordinateur. *Open-source* comme MySQL, il présente les mêmes avantages : gratuité et large communauté d'utilisateurs.

2.3.4. Limites et fractionnement de l'approche sérielle.

Si l'analyse quantitative peut apporter des renseignements précieux dans le cadre de questionnements bien définis, elle est également à manier avec précaution. Les tableaux et graphiques doivent être étudiés en gardant constamment à l'esprit la signification des chiffres pour ne pas en déduire des conclusions hâtives ou erronées. Les statistiques ne résolvent pas tous les problèmes. Elles sont souvent perçues comme offrant une preuve scientifique et rationnelle plus solide que l'analyse qualitative, mais cette perception n'est valable que si elles sont utilisées avec discernement. Mes compétences de statisticien étant très limitées, je me suis volontairement restreint à des traitements simples, qui n'impliquent aucune méthode complexe d'analyse des données du type Analyse des correspondances multiples ou autres.

A ces précautions générales se sont ajoutées des précautions plus spécifiquement liés aux caractéristiques même des données soumises à l'analyse. Dans la relativement petite région étudiée, les temporalités de la production cartographique induisent des variations

¹³⁴ Les dates d'édition ou de tirage sont typiquement des données temporelles imprécises pour lesquelles le mois est parfois précisé, mais beaucoup plus rarement le jour.

¹³⁵ L'identifiant unique est même plus complexe pour prendre en compte l'éventualité qu'un même opérateur participe à plusieurs levés différents, au sein de plusieurs structures différentes, voire avec un grade différent – des éventualités rencontrées effectivement pendant la saisie (annexe 3, figure 20).

¹³⁶ Site internet : www.r-project.org

de l'importance des levés et des publications qui influent considérablement sur l'évolution apparente de nombreuses variables. De plus, les différences d'échelle entre les cartes entraînent une différence dans la quantité de feuilles publiées, puisqu'une même surface est par exemple couverte par huit fois plus de feuilles au 1 : 20 000 qu'au 1 : 50 000 – du moins si ces feuilles sont publiées en coupures simples. Les effets de ces caractéristiques de la production cartographique ont été systématiquement pris en compte, soit par l'utilisation de méthode de lissage des courbes des graphiques pour gommer les variations périodiques¹³⁷, soit par la représentation des données en proportion des publications annuelles, soit par une analyse critique adaptée. Enfin, la différence entre les quantités de feuilles publiées par les services officiels et les topographes indépendants, sans aucun rapport proportionné avec l'importance relative de ces publications, a entraîné une analyse systématiquement séparée de ces deux types de production.

3. Périodisation à partir d'une analyse globale des données.

La recherche bibliographique, le dépouillement des archives et la longue étape de saisie des données m'avaient donné une intuition assez claire des grandes périodes de l'évolution de la cartographie topographique des Alpes françaises. J'ai cependant déterminé une périodisation plus solide à partir d'une analyse globale des informations saisies dans la base de données, en me limitant aux variables générales les moins susceptibles d'être fortement corrélées à d'autres variables. Par exemple, l'analyse globale de l'évolution de l'équidistance utilisée pour les courbes de niveau a révélé – assez logiquement – une corrélation extrêmement forte avec l'échelle de publication et n'a donc pas été prise en compte. Cette approche globale a concerné trois domaines : les techniques de levé, la publication des feuilles, la représentation du relief adoptée sur ces feuilles. Dans chacun de ces domaines, l'analyse statistique brute des données a été critiquée en fonction des conditions institutionnelles de la production cartographique.

3.1. Les techniques de levé utilisées, une base solide pour la périodisation.

3.1.1. Restriction de l'analyse aux techniques de levés proprement dites.

Ayant décidé de privilégier une approche d'histoire des techniques, mon premier questionnement concernait logiquement l'évolution des techniques de levé. Je ne disposais de sources détaillées que pour les opérations topographiques des services officiels français, mais comme l'activité de terrain des topographes indépendants s'était concentrée, pour les Alpes du nord, entre 1890 et 1930, ces sources officielles étaient les premières à traiter pour une approche globale sur toute la période. Les travaux des topographes indépendants restant relativement marginaux, leur influence pouvait être plus simplement analysée d'un

¹³⁷ Les courbes lissées ont été obtenue en utilisant la fonction *lowess* du langage R : la valeur du *smoother span* utilisée, qui représente la proportion de points du graphique influençant le lissage de chaque point de la courbe, est toujours indiquée sur les graphiques. J'ai également systématiquement conservé la représentation des points précis sur le graphique, en plus de la courbe lissée tracée en gras, pour que le lecteur puisse toujours mesurer l'impact du lissage.

point de vue qualitatif et critique, sans chercher à interpréter les données issues des nombreux articles et comptes-rendus les concernant pour les adapter à une structure de données avant tout conçue pour gérer la quantité considérable d'informations contenue dans les dossiers topographiques des services officiels.

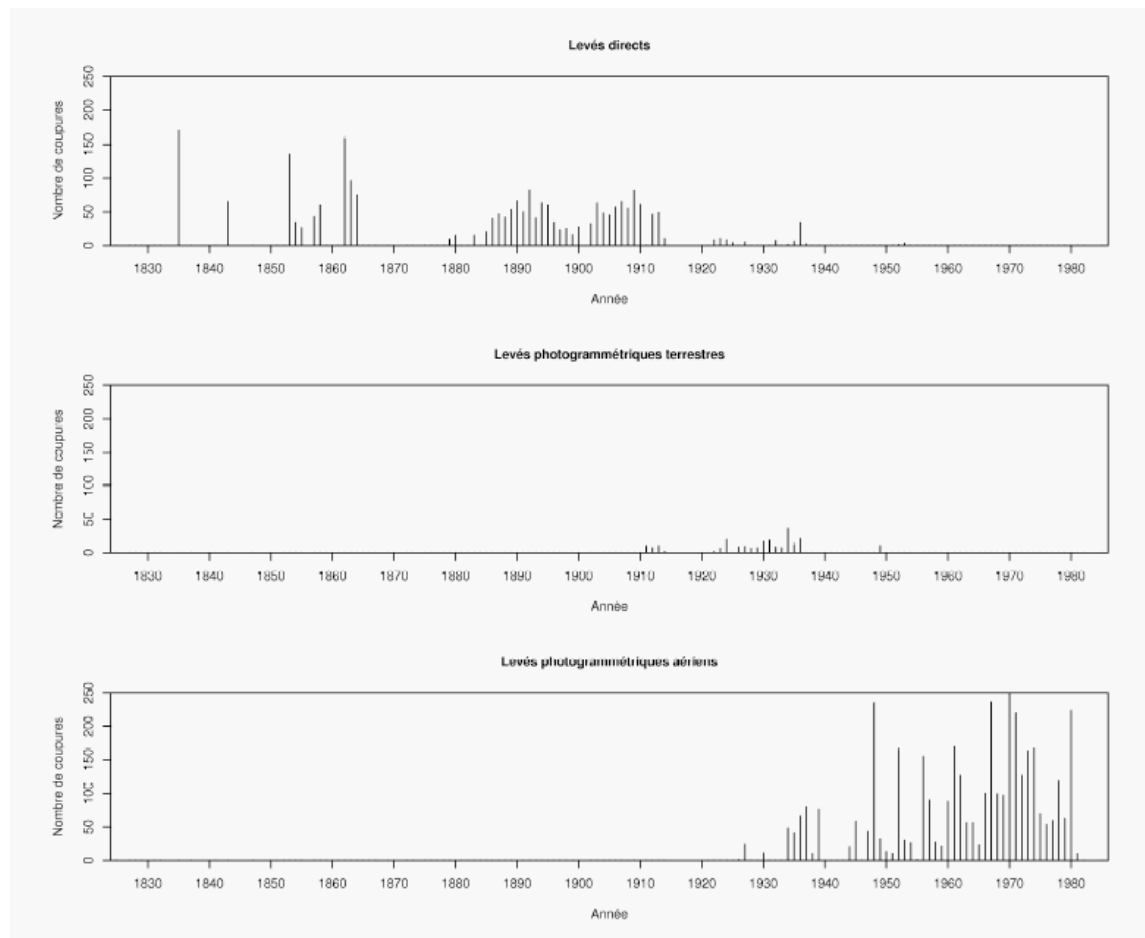
Dans la structure de la base de données, le codage des techniques utilisées pour les opérations sur le terrain se fait à deux niveaux : tout d'abord, dans une association complexe reliant les entités *Acteur*, *Fonction*, *Grade*, *NomLevé* et *Structure*, précisée notamment par l'année et la coupure concernées, et traduite dans le schéma relationnel par la table *operations* dont l'attribut *id_fonction* contient une référence à la fonction de l'acteur dans une opération particulière ; ensuite, dans l'association entre les entités *Fonction* et *Technique* qui définit le(s) type(s) de techniques mis en œuvre pour une fonction donnée. Le tableau suivant donne les différents enregistrements de la table *enum_technique*, traduction dans le schéma relationnel de l'entité *Technique* (tableau 1). Pour une analyse globale, j'ai préféré ne prendre en compte que les techniques de levé proprement dites, en excluant les techniques de restitution ou de rédaction au bureau, ainsi que les techniques de révision ou de complètement, ces dernières comportant souvent une partie de levés directs sur le terrain dont il est difficile d'évaluer l'importance par rapport à la partie de révision. La technique des levés photographiques terrestres non stéréoscopiques n'ayant été utilisée que par les topographes indépendants, elle a également été exclue de l'analyse.

Tableau 1 : Enregistrements de la table *enum_technique*.

id	terme
1	Levés directs
2	Levé photographique terrestre
3	Levé stéréophotographique terrestre
4	Levé stéréophotographique aérien
5	Toponymie
6	Dessin
7	Complètement de levé photographique terrestre
8	Complètement de levé photographique aérien
9	Révision directe
10	Restitution de levé photographique aérien
11	Restitution de levé photographique terrestre
12	Révision indirecte

3.1.2. Une périodisation technique particulièrement nette.

Le graphique suivant illustre le nombre de coupures levées avec chacune des trois grandes catégories de techniques (levés directs, levés photogrammétriques terrestres, levés photogrammétriques aériens) sur toute la période concernée par mon corpus de feuilles (graphique 1). L'échelle des ordonnées est la même sur les trois graphiques afin de permettre une comparaison directe.



Graphique 1 : Techniques de levés utilisées par les services officiels.

Quatre périodes sont très facilement identifiables :

- de 1830 à 1870, les levés dans les Alpes pour la carte d'état-major furent effectués par campagne intensive, en un petit nombre d'années durant lesquelles de grandes surfaces étaient levées – même compte tenu de la relative petite échelle des opérations (1 : 40 000), puisque les officiers d'état-major couvraient en une année une surface à peu près équivalente à la moyenne des levés aériens dans les années soixante ;
- de 1880 à 1910, des levés directs appelés « levés de précision » furent effectués au 1 : 20 000 pratiquement chaque année dans les Alpes, couvrant des surfaces relativement régulières ;
- de 1910 à 1940, des levés photographiques terrestres furent très ponctuellement exécutés sur des surfaces réduites, principalement entre le milieu des années vingt et le milieu des années trente, *en même temps* que des levés directs et les premiers levés aériens. Si l'on prend en compte les levés effectués par les topographes

indépendants Henri et Joseph Vallot pour leur carte du massif du Mont Blanc à partir de 1892, la période d'utilisation de cette technique s'étend de la fin du 19^e siècle au milieu des années trente ;

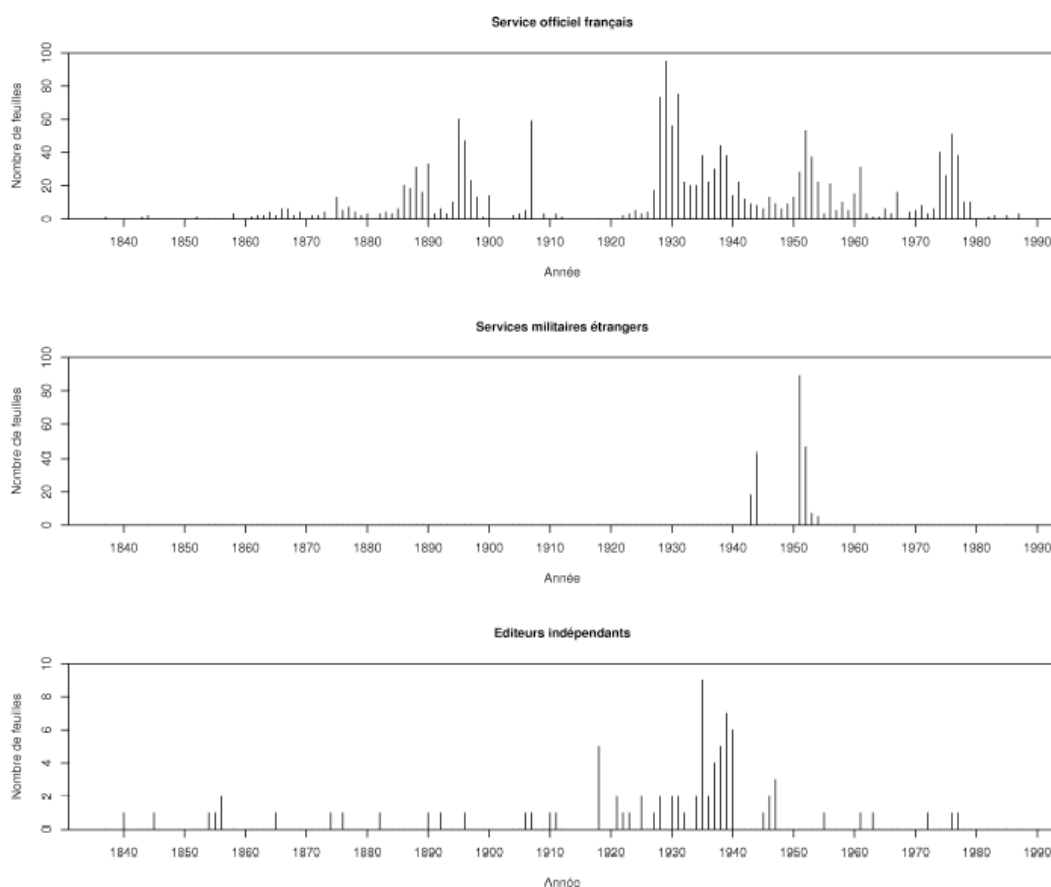
de 1930 à 1980, l'utilisation des levés photographiques aériens se développa très fortement. A l'exception d'une coupure pendant l'occupation et en tenant compte des variations périodiques inévitables dans l'étude d'une région limitée, l'augmentation des surfaces couvertes fut relativement marquée depuis le milieu des années trente jusqu'aux années soixante-dix.

Cette répartition chronologique particulièrement nette des techniques utilisées forme une base solide pour une périodisation globale de l'évolution de la cartographie topographique alpine. Elle marque quatre conceptions différentes et successives des opérations de levés topographiques qui connurent des développements et des applications plus ou moins importants. Cette périodisation basée sur les techniques de levé est cependant à adapter en fonction des temporalités de la publication des feuilles et de l'évolution des méthodes de représentation du relief.

3.2. L'activité éditoriale : mise en relief des temporalités de la production cartographique.

3.2.1. Evolution du volume des publications cartographiques.

Le graphique suivant montre l'évolution du nombre de feuilles publiées annuellement par le service topographique officiel français, les services étrangers – essentiellement l'Army map service (AMS) américain et quelques publications du service allemand – et les topographes indépendants (graphique 2). L'échelle des ordonnées n'est différente que pour le graphique concernant les topographes indépendants, dont la production est environ dix fois inférieure à celle des services officiels. Le nombre total de feuilles publiées pour une carte étant presque directement proportionnel à l'échelle de la carte et à la taille des feuilles publiées, la représentation graphique de l'évolution de cette publication ne reflète pas l'importance d'une carte envisagée comme un document d'ensemble. Par exemple, la publication de la carte d'état-major au 1 : 80 000, effectuée par feuilles entières jusqu'en 1889, produisit nettement moins de feuilles que la publication des plans directeurs au 1 : 20 000, essentiellement faites par sixième de coupures entre 1880 et 1900, d'autant plus qu'une coupure au 1 : 20 000 représente environ un quarantième de la surface d'une feuille au 1 : 80 000. Mais il est délicat, sinon impossible, de corriger ce biais par une pondération mathématique dans le tracé du graphique. La solution la plus efficace reste donc une analyse critique des résultats statistiques en prenant en compte les spécificités de la production selon les périodes envisagées.



Graphique 2 : Nombre de feuilles publiées.

Dans le cas du service officiel français, il faut donc bien distinguer la période de seule production de la carte d'état-major avant 1880 et la période où furent publiées la carte d'état-major, les plans directeurs et certaines cartes dérivées de la carte d'état-major après 1880 et jusqu'à 1910 environ. A partir des années vingt, la production du service officiel connut un accroissement considérable, qui s'explique entre autre par la publication systématique des cartes de France au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000. Après l'achèvement de la couverture cartographique des Alpes du nord en 1954, une période de production plus limitée s'étend jusqu'au milieu des années soixante-dix, marquée par un changement important des spécifications de la carte de France avec l'adoption du *type 1972*¹³⁸.

Les publications des services militaires étrangers ne concernent logiquement que la période de l'occupation et de la guerre, ainsi que le début des années cinquante où l'influence américaine était encore forte en France à travers le plan Marshall et les subventions de l'Army map service. Les publications de ce que j'appelle les « éditeurs

¹³⁸ Voir infra, « Après 1960... », 2.

indépendants », dénomination rassemblant un ensemble hétérogène de publications diverses à vocation touristique ou scientifique, sont plus dispersées dans le temps. Cependant, une période d'importante production éditoriale se dégage dans les années vingt et trente, qui marque l'apogée des publications des topographes indépendants réunis autour du Club alpin français.

3.2.2. Les échelles de publication.

Pour compléter cette analyse très générale de la publication, une analyse de l'évolution de l'échelle des cartes publiées me semble indispensable. Douze échelles différentes sont référencées dans la base de données, ce qui nécessite un regroupement en classe pour une exploitation statistique efficace. Le tableau suivant donne le nombre de feuilles publiées pour chaque échelle (tableau 2). Sur la base de cette répartition, j'ai regroupé les échelles employées en trois classes – qui seront d'ailleurs utilisées pour d'autres analyses ultérieures :

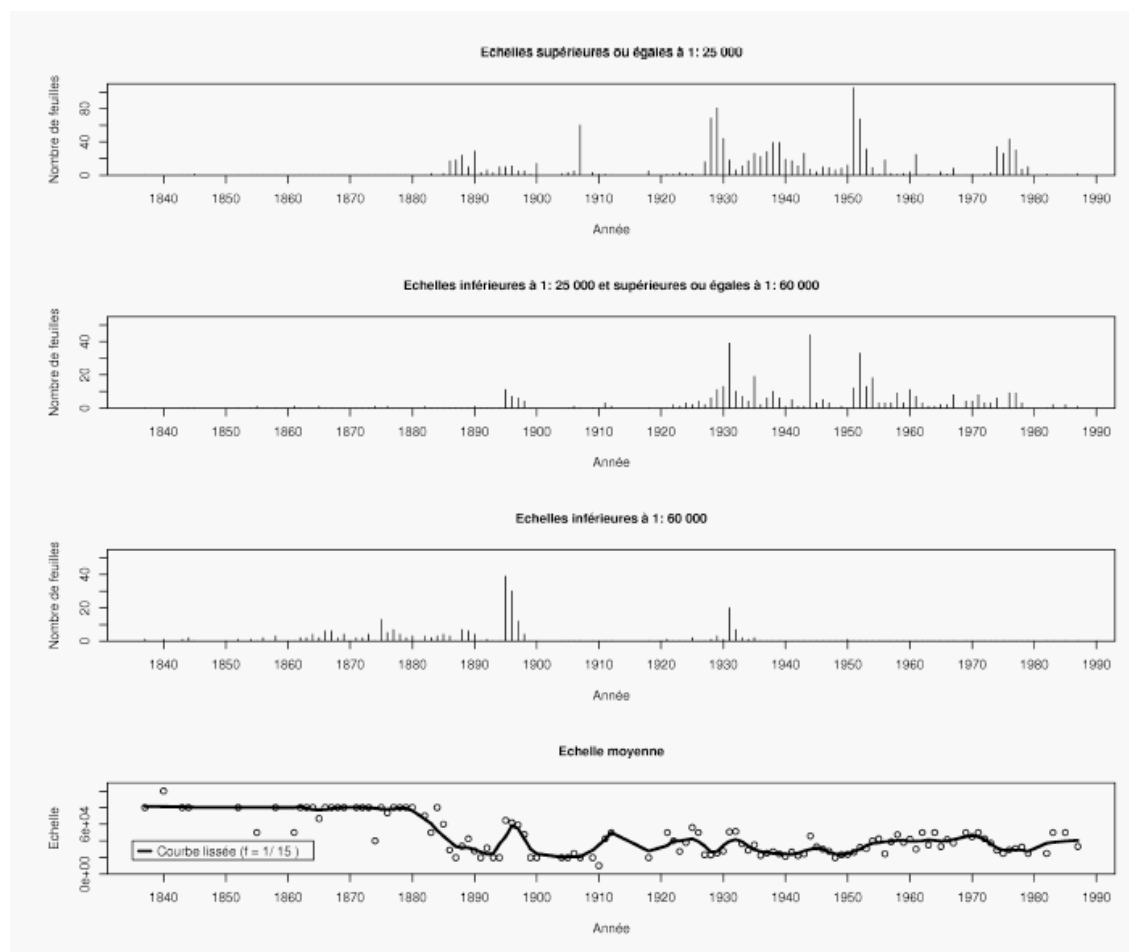
- les « grandes » échelles topographiques¹³⁹ du 1 : 10 000 au 1 : 25 000 : le grand nombre de feuilles publiées au 1 : 20 000 et au 1 : 25 000 pourrait justifier deux classes différentes, mais les feuilles au 1 : 25 000 sont généralement issues de la carte de France au 1 : 25 000 qui a succédé – pour des raisons autant politiques et financières que cartographiques – à la carte au 1 : 20 000 et s'inscrivent dans la même catégorie d'utilisation ;
- les « moyennes » échelles topographiques, du 1 : 40 000 au 1 : 60 000 : très largement dominée par l'échelle du 1 : 50 000, cette catégorie intègre, assez artificiellement il est vrai, les rares feuilles au 1 : 40 000 et au 1 : 60 000, très différentes, mais qui reste clairement des cartes topographiques ;
- les « petites » échelles topographiques, du 1 : 63 000 au 1 : 265 000 : principalement la carte de France au 1 : 80 000, et des cartes très diverses d'orientation plus ou moins topographiques¹⁴⁰.

Tableau 2 : Répartition des échelles.

Echelle	Nombre de feuilles publiées	Nombre de feuilles publiées
1 : 10 000	10	0,52 %
1 : 20 000	859	44,67 %
1 : 25 000	372	19,34 %
1 : 40 000	5	0,26 %
1 : 50 000	426	22,15 %
1 : 60 000	9	0,47 %
1 : 63 000	1	0,05 %
1 : 75 000	1	0,05 %
1 : 80 000	235	12,22 %
1 : 100 000	3	0,16 %
1 : 130 000	1	0,05 %
1 : 265 000	1	0,05 %
Total	1923	100 %

Le graphique suivant illustre le nombre de feuilles publiées chaque année pour chacune de ces classes et l'évolution de l'échelle moyenne des feuilles de mon corpus – une variable qui n'a aucune signification en elle-même puisque l'échelle d'une carte n'est pas une

valeur numérique continue, mais qui reflète une caractéristique générale de la production cartographique (graphique 3). La fin du 19^e siècle marque une rupture importante dans la cartographie topographique, avec un changement radical d'échelle et l'abandon quasi-définitif des échelles supérieures au 1 : 60 000 (les publications aux environs de 1930 correspondent à une édition révisée de la carte d'état-major). Cette rupture justifie la séparation très nette effectuée dans ma périodisation technique entre les levés de la carte d'état-major et les levés de précision. Le 20^e siècle est par contre marqué par une balance entre les échelles « moyennes » et « grandes », principalement avec les cartes de France au 1 : 20 000 / 1 : 25 000 et au 1 : 50 000 qui continuèrent d'être publiées parallèlement. Les variations de l'échelle moyenne entre ces deux valeurs illustrent d'ailleurs parfaitement cette balance qui dépendait principalement des travaux sur le terrain et des temporalités propres à la production cartographique.



Graphique 3 : Evolution de l'échelle des feuilles publiées.

3.2.3. Les temporalités de la production cartographique.

La comparaison de l'évolution des levés topographiques, de l'édition des feuilles et des échelles de publication donne une idée générale des temporalités de la production cartographique. En particulier, elle montre comment les levés n'entraînent pas nécessairement et surtout pas immédiatement la publication de nouvelles feuilles, dont les conditions de réalisation n'ont que peu de relation avec les travaux sur le terrain. Un décalage temporel plus ou moins marqué s'installe systématiquement entre les opérations de levé et à la publication des feuilles. Il est particulièrement visible sur les graphiques lorsque ces opérations sont importantes. Par exemple, les levés de précision de la fin du 19^e siècle et du début du 20^e siècle (graphique 1) entraînèrent bien une augmentation de la publication de feuilles sur la même période, mais leur effet fut bien plus marqué à la fin des années vingt (graphique 2), avec un pic de la publication de feuilles qui ne correspondait à aucune nouvelle opération de levés, mais plutôt à une volonté affirmée par la direction du service officiel d'accélérer la publication de la carte de France¹⁴¹. Un autre exemple est donné par l'augmentation assez régulière des levés aériens qui ne se traduit pas par une même augmentation des publications cartographiques, à la fois parce qu'une partie de plus en plus importante des levés aériens n'étaient pas destinés directement à la réalisation de cartes topographiques, et à la fois parce que les conditions budgétaires des années cinquante et soixante ralentirent sérieusement le rythme de publication du service officiel¹⁴².

Ce décalage systématique entre les levés topographiques et la publication des feuilles ne provenait pas simplement de la répartition chronologique des étapes de levé, de rédaction et de reproduction des feuilles, mais aussi de temporalités spécifiques à la production cartographique en série. Les graphiques précédents montrent bien une caractéristique fondamentale de cette production : alors que les levés topographiques étaient organisés aussi souvent que possible de façon régulière (graphique 1), la publication des feuilles connaissait d'importantes variations périodiques et en particulier des pics de production ponctuelles, comme en 1895, en 1907, en 1928-1931, en 1952, ou encore en 1974-1977 (graphique 2). Ces variations n'étaient pas liées aux seules conditions techniques, mais aussi – et peut-être surtout – aux conditions financières, « commerciales » (les besoins exprimés par les utilisateurs), ou politiques, dont le retard provoqué par la première guerre mondiale dans l'exploitation des levés de précision est un exemple particulièrement révélateur.

La périodisation technique que j'ai adoptée doit nécessairement refléter les temporalités de la production cartographique, en prenant notamment en compte l'impact durable des changements techniques sur la publication des feuilles. Si les périodes chronologiques définies sur la base des techniques de levé utilisées demeurent essentiellement pertinentes, elles subissent un étirement au niveau de leur borne postérieure pour intégrer toutes les applications cartographiques de ces techniques. La définition de ces périodes est donc particulièrement floue, non seulement parce que les changements techniques ne s'effectuent jamais brusquement, mais aussi parce que les levés topographiques sont susceptibles d'être exploités longtemps après leur exécution et d'avoir une influence notable sur les feuilles publiées alors. Ainsi, j'ai pris le parti de conserver la référence technique de la périodisation, mais en traitant à l'intérieur de chacune des périodes toutes les conséquences parfois très postérieures des techniques employées.

¹⁴¹ L'ancienneté de certains levés nécessita cependant une révision assez étendue dans les Alpes du nord.

¹⁴² Voir infra, partie 4, chapitre 1.3.

3.3. Les représentations cartographiques : une périodisation de la topographie indépendante.

L'analyse globale des différentes représentations cartographiques adoptées sur les feuilles de mon corpus pose des problèmes spécifiques essentiellement liés à l'extrême corrélation entre les différentes variables considérées. Cette corrélation peut être facilement prise en compte et critiquée à l'intérieur des limites imposées par les techniques de levé employées. En effet, la cohérence de l'œuvre cartographique, quelque soit son ampleur – de quelques feuilles pour les topographes indépendants à des milliers pour le service officiel –, nécessitait une certaine stabilité dans les spécifications de la carte qui reposaient donc beaucoup sur les techniques employées pour les levés topographiques. Mais il est plus délicat de le faire dans une analyse globale qui doit rester peu détaillée pour être efficace dans le but de définir une périodisation. Dans l'ensemble des variables retenues pour la représentation cartographique, seuls le nombre de couleurs utilisées et la méthode de représentation du relief se sont révélés pertinents dans le cadre d'une approche générale.

3.3.1. Le nombre de couleurs utilisées.

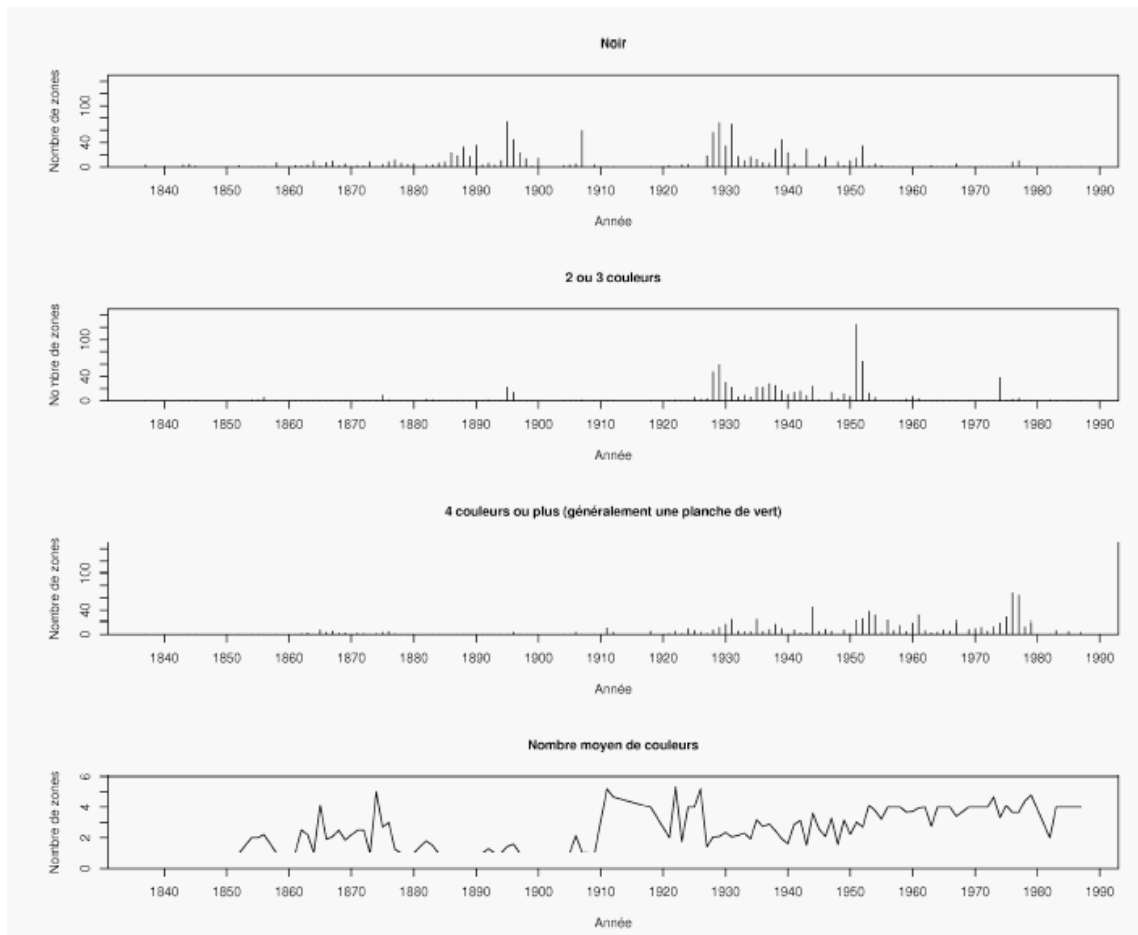
Le nombre de couleurs utilisées dans la représentation cartographique d'une zone d'une feuille est renseignée par l'attribut *nbcouleur* de l'entité *GroupeCouleur* – conçue pour faciliter la saisie en évitant de devoir renseigner systématiquement pour chaque feuille toutes les couleurs utilisées. Il pourrait également être calculé à partir de l'association entre les entités *GroupeCouleur*, *Couleur* et *UtilisationCouleur*, qui définit les couleurs utilisées dans un groupe de couleur spécifique et qui est traduite dans le schéma relationnel par la table *groupecouleur_couleur*, mais des imprécisions dans le détail des couleurs utilisées pour certaines cartes m'ont amené à créer un attribut plus général pouvant être renseigné à partir de sources indirectes. Pour l'ensemble de mon corpus, la répartition du nombre de couleurs utilisées est donnée par le tableau suivant (tableau 3).

Tableau 3 : Répartition du nombre de couleurs utilisées.

Nombre de couleurs utilisées	Nombre de zones	Pourcentage du nombre total de zones
0 (zone non représentée)	217	7,56 %
1	1096	38,19 %
2	34	1,18 %
3	693	24,15 %
4	699	24,36 %
5	106	3,69 %
6	2	0,07 %
8	14	0,49 %
9	9	0,31 %
Total	2870	100 %

Pour une analyse globale, les très faibles pourcentages de zones utilisant deux ou plus de six couleurs pouvaient être négligés. Sur l'ensemble des zones des feuilles de mon corpus, la moyenne du nombre de couleurs utilisées est 2,55, la médiane 3, le premier quartile 1 et le troisième quartile 4. En prenant en compte la signification cartographique du nombre de couleurs, j'ai donc utilisé trois classes différentes pour mon analyse générale : noir seul ; deux ou trois couleurs ; plus de quatre couleurs, ce qui signifiaient dans la majorité

des cas l'adoption d'au moins une planche de vert pour représenter la végétation en plus des planches destinées à la planimétrie, à l'orographie et à l'hydrographie. Le graphique suivant représente l'évolution du nombre de couleurs utilisées, soit par classe, soit en moyenne – une valeur qui n'a pas plus de signification que l'échelle moyenne mais qui se révèle remarquablement illustratrice de l'évolution générale (graphique 4).



Graphique 4 : Evolution du nombre de couleurs utilisées pour le dessin cartographique.

La représentation par classe reproduit logiquement des profils proches de l'évolution du nombre de feuilles publiées, mais la répartition globale montre bien une évolution vers l'utilisation d'un nombre plus important de couleurs, particulièrement à partir des années cinquante. La courbe du nombre moyen de couleurs illustre encore plus clairement cette tendance. Les différentes variations avant 1880 s'expliquent par des applications artisanales – parfois même manuelles – de couleurs sur une base en noir seul : la faible production annuelle entraîne un impact disproportionné de ces expérimentations sur le nombre moyen de couleurs utilisées, à l'exception des années 1870 normalement marquées par la publication de la carte de la frontière des Alpes en couleur. Dans les périodes

1880-1900 et 1927-1940, la publication de nombreux plans directeurs est particulièrement visible sur le graphique représentant les zones en noir seul. Cependant, sur la courbe moyenne, la période 1910-1930 est marquée par la rupture de la première guerre mondiale (qui provoque un pic artificiel de la courbe qui relie directement les valeurs de 1912 et 1917) et l'influence de la luxueuse carte de France au 1 : 50 000 type 1900, en huit couleurs, dont les dernières publications pour la région des Alpes datent de 1926. Ensuite, à partir de la fin des années vingt, la moyenne augmente presque régulièrement avant de se stabiliser aux environs de quatre vers la fin des années cinquante : cette augmentation régulière montre un effort de normalisation plus formelle qu'avant 1930, c'est-à-dire le début d'une industrialisation de la production.

On retrouve donc une périodisation proche de celle des techniques de levés (1830-1870, 1880-1910, 1910-1940, 1930-1980), même si le changement autour de 1930 est bien plus marqué dans le nombre de couleurs utilisées que dans les techniques de levé pour lesquelles les années vingt et trente correspondent plus à une transition progressive, principalement en raison des modalités de changement dans ces domaines : dans la production sérielle du service officiel, le nombre de couleurs utilisées est défini par les spécifications relativement stables des cartes de France, alors que les techniques utilisées nécessitent d'importants efforts d'équipement et de formation du personnel.

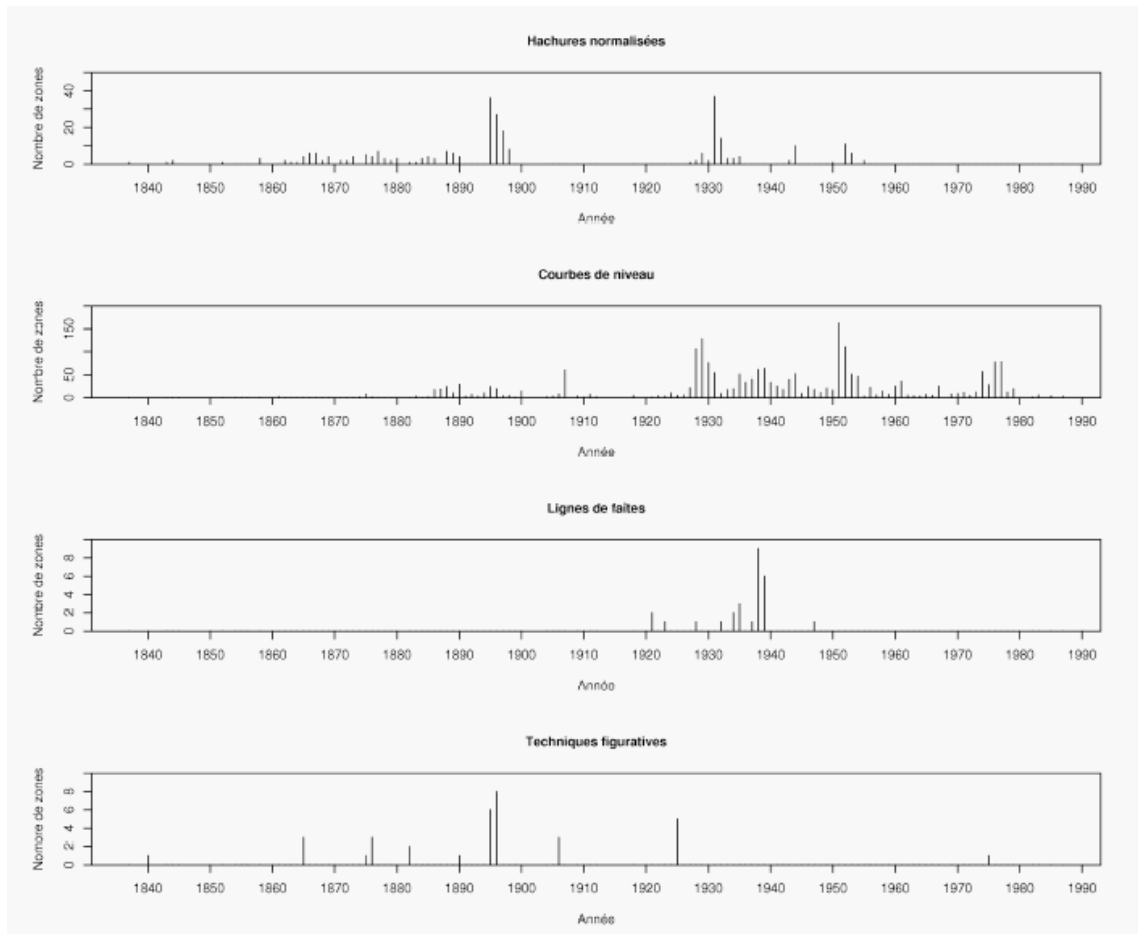
3.3.2. La représentation du relief.

La répartition des différentes techniques de représentation du relief utilisées sur les feuilles de mon corpus est encore plus marquée que pour le nombre de couleurs (tableau 4). Leur regroupement en quatre classes a donc été particulièrement évident : les courbes de niveau, utilisées dans plus des quatre cinquièmes des zones ; les hachures normalisées, utilisées essentiellement sur la carte d'état-major au 1 : 80 000 et son amplification au 1 : 50 000 ; les lignes de faîtes, technique peu utilisée mais qui se distingue des autres méthodes uniquement figuratives par sa base géométrique limitée ; les autres méthodes, essentiellement figuratives, utilisées très ponctuellement.

Tableau 4 : Répartition des techniques de représentation du relief.

Technique de représentation du relief	Nombre de zones	Pourcentage du nombre totale de zones*
Perspective	1	0,03 %
Hachures figuratives	15	0,52 %
Couleurs / Effet	16	0,56 %
Courbe de niveau fictive	17	0,59 %
Ligne de faîte	31	1,08 %
Hachures normalisées	288	10,03 %
Zones non représentées	392	13,66 %
Courbe de niveau	2129	74,18 %

* Plusieurs techniques de représentation du relief peuvent être utilisées dans une même zone : les totaux n'ont donc pas été indiqués, puisqu'ils n'auraient aucune signification.



Graphique 5 : Evolution des techniques de représentation du relief.

En raison de l'utilisation majoritaire des courbes de niveau et des hachures normalisées, la représentation graphique de l'évolution des techniques de représentation du relief suit l'évolution des publications¹⁴³ (graphique 5). Les mêmes regroupements s'y retrouvent : pour les hachures normalisées, la carte d'état-major entre 1860 et 1880, sa réédition en type 1889 et son amplification au 1 : 50 000 entre 1880 et 1900, sa dernière révision autour de 1930 ; pour les courbes de niveau, les plans directeurs entre 1880 et 1900, puis la carte de France type 1922 entre 1920 et 1960, et la carte de France type 1972 à partir de la seconde moitié des années soixante-dix.

Seul le graphique représentant l'utilisation des autres techniques de représentation du relief permet de définir deux nouvelles périodes. La première est marquée par l'utilisation des techniques figuratives essentiellement entre 1840 et 1900, caractérisée par les « cartes-tableaux » des cartographes indépendants utilisant des techniques comme la représentation

¹⁴³ La répartition très inégale des techniques de représentation du relief a d'ailleurs nécessité l'emploi de trois échelles différentes pour la représentation graphique.

perspective ou les variations de couleurs selon l'altitude pour illustrer à la façon d'un peintre le relief représenté. La deuxième est marquée entre 1910 et 1940 par l'utilisation des lignes de faites, une technique géométrique simple employée à la fois dans la carte de France au 1 : 20 000 type 1922 pour représenter les régions étrangères et à la fois dans les « cartes-croquis » dressées par les alpinistes, reposant sur des levés ou des observations simples sur le terrain. Si la répartition des méthodes de représentation du relief utilisées par le service officiel n'a que peu d'intérêt dans une périodisation générale, puisqu'elle recoupe les périodes déjà soulignées, la définition des deux périodes de la topographie indépendante doit être prise en compte, même si leur importance en nombre de feuilles reste limitée. Elle affine la périodisation générale en soulignant l'existence d'une topographie indépendante dont l'influence – au delà de sa production limitée – reste une problématique importante de mon étude : son activité éditoriale, nécessairement postérieure aux opérations techniques sur le terrain, fut particulièrement développée dans la période 1870-1900, recoupant plus ou moins la période de développement des levés de précision au service officiel, et dans la période 1920-1940, au moment même où le service officiel connaissait une mutation technique fondamentale, avec le développement de levés photographiques terrestres puis aériens.

Conclusion

A partir des années soixante, la cartographie, et à sa suite l'histoire de la cartographie, ont connu une mutation conceptuelle profonde, dont les fondations reposaient sur une nouvelle définition de la carte comme *acte de communication*, remplaçant la définition traditionnelle comme *représentation de la surface terrestre*. Dans l'histoire de la cartographie, cette mutation s'est traduite par l'émergence d'approches multiples, dont la plus influente reste encore aujourd'hui l'histoire sociopolitique de la carte théorisée par John Brian Harley, qui met l'accent sur la notion de pouvoir des cartes, dérivée du pouvoir-savoir de Michel Foucault. Cette diversification procède essentiellement du rôle crucial joué par l'ouverture sur d'autres disciplines comme la sémiologie ou l'histoire des sciences et des techniques. Au contraire de l'histoire « classique » de la cartographie, discipline cohérente fondée sur la méthode cartobibliographique, la « nouvelle » histoire de la cartographie constitue, selon moi, moins une discipline à part entière qu'un champ de recherche pluridisciplinaire. J'ai donc fait mienne la position théorique de Christian Jacob qui défend une histoire culturelle cumulant différentes approches dans une tentative d'explication globale du fait cartographique.

Mon étude porte sur la cartographie topographique des Alpes aux 19^e et 20^e siècles : la zone géographique a été restreinte aux seules Alpes du nord, dans lesquelles fut menée la plupart des travaux importants, et la période chronologique aux quelques cent cinquante ans entre l'adoption du premier projet de carte topographique de la France en 1817 et le début des changements techniques qui aboutirent à l'informatisation des processus cartographiques, à la fin des années soixante. Les problématiques spécifiques à mon sujet et les sources disponibles m'ont poussé à privilégier certains axes d'analyse. Ainsi, pour des raisons documentaires inhérentes à l'histoire des pratiques de lecture, je n'ai pas pu mener une étude détaillée de la réception et de l'utilisation de la carte, tout comme l'inaccessibilité de certaines archives m'a empêché de réaliser une prosopographie des acteurs de la cartographie. Par contre, bien que j'aborde également l'histoire institutionnelle

par une analyse critique de la très riche littérature institutionnelle, je me suis surtout consacré à l'histoire des techniques cartographiques et des conceptions théoriques de la carte, pour des raisons liés à ma formation initiale, à mon encadrement, et au vide historiographique sur cet aspect de l'histoire de la cartographie.

La cartographie contemporaine est dominée par les productions en série des services cartographiques officiels. Cette spécificité et la quantité importante de feuilles réunies dans mon corpus de cartes m'ont fait adopter une analyse sérielle fondée sur l'utilisation d'une base de données informatisée relativement complexe. L'exploitation statistique de cette base m'a permis de déterminer une périodisation précise de mon sujet, dominée par mes questionnements sur l'évolution des techniques cartographiques. Cette périodisation est donc basée sur la succession très marquée des procédés de levés employés : les levés à la planchette peu attentifs à la représentation géométrique du relief pour la carte d'état-major entre 1830 et 1870 ; les levés de précision généralisant la mesure instrumentale du relief entre 1880 et 1910 ; les levés photographiques terrestres qui se développèrent principalement dans les Alpes entre 1910 et 1940 ; et enfin les levés photographiques aériens qui se généralisèrent rapidement dans une orientation industrielle à partir de 1930. Mais l'activité cartographique étant dominée par des temporalités fortes et relativement longues, j'ai décidé d'étudier chacune de ces périodes techniques en intégrant leurs conséquences ultérieures souvent tardives : le plan de mon étude reflète cette position en s'organisant en quatre parties fondées sur ces périodes « élargies ». La cartographie topographique indépendante, dont l'influence fait l'originalité de la cartographie alpine contemporaine, a été systématiquement replacée dans ce contexte technique général, en particulier dans ses rapports avec la cartographie officielle et les milieux scientifiques et touristiques.

Enfin, malgré ses spécificités très fortes, la cartographie alpine s'insère dans une production nationale dont l'étude sur la période contemporaine n'a jamais été faite, en dehors des œuvres très traditionnelles des « cartographes-historiens » officiels comme le colonel Berthaut¹⁴⁴, Georges Alinhac¹⁴⁵ ou Marc Duranthon¹⁴⁶, qui, si elles possèdent un intérêt documentaire souvent considérable¹⁴⁷, donnent une vision extrêmement linéaire et peu critique de l'histoire de la cartographie française. Même si certains axes ont été privilégiés, mon approche globale de la cartographie alpine justifie mon ambition de traiter également, dans des allers-retours permanents entre mon sujet particulier et l'histoire plus générale, de l'évolution de la cartographie topographique en France, en particulier parce que la haute montagne, par ses conditions extrêmes de parcours et la complexité de son relief, et spécialement les Alpes du nord, par leur importance militaire, politique, scientifique et touristique, servirent en de nombreuses occasions de laboratoire pour de nouveaux procédés cartographiques généralisés ensuite à tout le territoire français. Si mon travail reste avant tout centré sur les problématiques spécifiques de la représentation topographique de la montagne, il constitue aussi une étude de cas révélatrice et apporte des

¹⁴⁴ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France, 1750-1898. Etude historique*. Paris : Imprimerie du Service géographique, 1898, 2 vol.

¹⁴⁵ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. *Premier fascicule : Historique de la cartographie*. Paris : Institut géographique national, 1958, 105 p.

¹⁴⁶ DURANTHON Marc. *La Carte de France. Son histoire. 1678-1978*. Paris : IGN-Solar, 1978, 64 p.

¹⁴⁷ En particulier, bien que son approche historique très événementielle soit discutable, le livre-somme de Berthaut, *La Carte de France*, reste une source privilégiée pour l'étude de la cartographie du 19^e siècle en France, parce qu'il contient de très nombreuses reproductions *in extenso* de documents essentiels.

éléments critiques sur l'évolution conceptuelle de la cartographie aux 19^e et 20^e siècles : je le conçois donc comme une contribution à une histoire de la cartographie contemporaine en France qui reste encore à faire dans son ensemble.

Partie 1. A la croisée des influences militaire et scientifique, la géométrisation du relief par la triangulation (1800-1870).

Les historiens de la cartographie s'accordent pour dater du 17^e siècle l'apparition d'une cartographie qualifiée de scientifique, dans le sens où elle est basée sur une mesure instrumentale du terrain qu'elle représente. Le développement des premières cartes géométriques, c'est-à-dire reposant sur des opérations de triangulation, marque ainsi ce que John Brian Harley a appelé une « rupture épistémologique »¹⁴⁸ : de purement descriptive, élaborée à partir des relations de voyage et de l'interprétation, parfois même de l'imagination du cartographe comme artiste complet, la cartographie devenait scientifique, mettant les sciences à son service pour donner une représentation du territoire qui se voulait de plus en plus fidèle, « un modèle relationnel "correct" du terrain »¹⁴⁹. Les fondements instrumentaux de cette cartographie scientifique reposaient sur les méthodes de triangulation qui permettent, à partir de quelques points situés astronomiquement, de mesurer et calculer la position de nombreux points représentés sur la carte, formant le *canevas géométrique* ou *canevas géodésique*. Mais pendant plus de deux siècles, la conception de la cartographie, les besoins pratiques et les techniques employées contribuèrent à limiter l'application de la mesure à la troisième dimension du terrain : l'altitude.

Quand le souci d'une représentation géométrique du relief s'affirma au début du 19^e siècle, celle-ci se développa dans une dépendance totale des méthodes de triangulation. L'opposition entre l'origine scientifique des méthodes mises en œuvre et les utilisations pratiques essentiellement militaires et administratives de la cartographie entraîna une véritable lutte d'influence entre savants et militaires pour le contrôle de la cartographie officielle et en particulier la définition des spécifications de la première carte topographique générale de la France. La « victoire » des militaires favorisa l'adoption d'une géométrisation partielle du relief dans une conception fixiste et figurative de la cartographie, mais la couverture inédite des régions les plus élevées des Pyrénées et des Alpes souligna les limites d'une approche généraliste de la cartographie pour la représentation de la haute montagne.

Chapitre 1. Géodésie et cartographie topographique, naissance et développement d'une dépendance.

¹⁴⁸ HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.*, p. 66.

¹⁴⁹ *Ibid.*

L'étude de la cartographie topographique « scientifique », c'est-à-dire basée sur les mesures instrumentales du terrain pour la représentation graphique à grande échelle de sa planimétrie et de son relief, suppose de présenter brièvement le développement des méthodes instrumentales de mesure du terrain, en particulier la formalisation des méthodes de triangulation au 15^e siècle en Italie sur des bases architecturales et au 16^e siècle aux Pays-Bas sur des bases astronomiques. Appliquées dans un premier temps à la seule représentation de la planimétrie, ces méthodes furent notamment utilisées pour la première carte géométrique¹⁵⁰ couvrant l'ensemble d'un territoire national, la fameuse carte de France dressée par les Cassini : bien qu'il ne s'agisse pas d'une carte topographique, je présenterai succinctement sa réalisation qui posa les bases de la géodésie française. L'étude spécifique de la cartographie de la haute montagne suppose quant à elle de présenter les conditions dans lesquelles se développa un intérêt nouveau pour la représentation du relief au sein de la cartographie militaire et notamment une approche de plus en plus soucieuse d'une représentation topographique effectuée directement sur le terrain. Là encore, je présenterai surtout la situation en France, en particulier la façon dont cette évolution parallèle aboutit au début du 19^e siècle à la formalisation d'une représentation géométrique du relief totalement dépendante des données issues des opérations de triangulation, dictée à la fois par l'affirmation de la cartographie scientifique, par l'apparition de nouveaux besoins et par l'existence de techniques géodésiques matures.

1.1. Le développement des méthodes de triangulation : première application de la mesure instrumentale à la représentation cartographique de la planimétrie.

1.1.1. Les premières méthodes de triangulation.

La première utilisation des principes trigonométriques pour la mesure indirecte d'une distance est habituellement attribuée à Thalès qui formula au 6^e siècle avant Jésus-Christ une méthode pour déterminer la distance d'un point à partir de mesures angulaires aux extrémités d'une base de longueur connue. L'anecdote raconte qu'il le fit pour évaluer la distance d'un bateau éloigné sur la mer. Sa méthode reposait sur les propriétés angulaires du triangle et les règles de la trigonométrie : on mesurait les angles a (BAC) et b (ACB) faits par la direction du bateau B avec les deux points d'observations A et C ; la distance AC pouvant être mesurée sur le rivage, on pouvait calculer les longueurs AB et CB à partir de ces seules données (figure 2). Ce principe fut la base de toutes les méthodes de mesure indirecte.

¹⁵⁰ Au 17^e et 18^e siècle, on qualifiait de « géométriques » les cartes basées sur une triangulation.

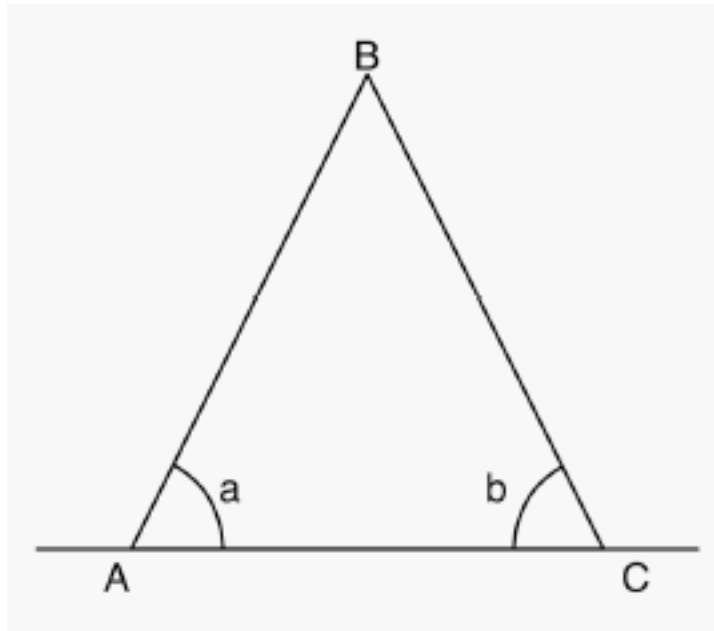


Figure 2 : Principe de la triangulation.

1.1.1.1. Les applications architecturales de la triangulation en Italie.

Les traces écrites les plus anciennes des méthodes de mesure indirecte datent du 13^e siècle, en Italie. Essentiellement appliquées aux mesures architecturales, elles dérivent certainement des propriétés de la perspective et des proportions mentionnées chez Euclide et transmises par la science arabe. Des pratiques formatives s'étaient développées avec d'une part, l'apparition des armes à feu et l'essor de la guerre à distance, et d'autre part, l'humanisme et la redécouverte de l'architecture antique.

L'architecte Leon Battista Alberti les théorisa en exposant une méthode de relevé topographique territorial et architectonique dans le *Ludi Matematici*, rédigé vers 1445¹⁵¹. Il présentait dans cet ouvrage un goniomètre¹⁵² horizontal en forme de cercle gradué, divisé en quarante-huit parties de quarante minutes chacune, qui permettait de localiser en coordonnées polaires¹⁵³ les principaux points d'un territoire pour en effectuer la triangulation. Il décrit une méthode inspirée de la triangulation pour *mesurer* les dimensions d'un lieu. Elle consistait à « effectuer des mesures d'angles à partir de deux lieux distincts dont la distance réciproque [était] déterminée par mesure directe, [ces] mesures [étant] ensuite contrôlées à l'aide d'un troisième point, non aligné sur les deux autres et défini par l'intersection des rayons optiques issus de ces derniers »¹⁵⁴. Il s'agissait de ce qui fut appelé plus tard la méthode de relevé topographique par intersections successives, mais elle reposait encore

¹⁵¹ Sur la description de la triangulation par Leon Battista Alberti, voir : VAGNETTI Luigi. Mieux vaut voir que courir 1. In *Cartes et Figures de la Terre, op. cit.*, p. 242-247.

¹⁵² Goniomètre : instrument servant à mesurer les angles.

¹⁵³ Le principe des coordonnées polaires, c'est-à-dire la définition d'un point par ses coordonnées par rapport à un point d'origine, était connu depuis Ptolémée et appliqué notamment dans l'utilisation de l'astrolabe, mais n'avait encore jamais été appliqué à un mécanisme goniométrique – à l'exception d'une utilisation inconsciente par un moine viennois anonyme en 1432. VAGNETTI Luigi. Mieux vaut voir que courir 1. *Op. cit.*, p. 244-246.

¹⁵⁴ *Ibid.*, p. 246.

sur la multiplication des relevés angulaires et nécessitait la mesure des distances, au pas ou à la corde à nœuds. Alberti l'appliqua en 1450 à la détermination de la planimétrie de Rome dans son *Descriptio urbis Romae* : le livre ne contenait que des coordonnées polaires qui permettaient de dresser un plan géométrique de la ville – et non plus perspectif comme on les faisait à l'époque.

Les deux ouvrages d'Alberti cités ne furent publiés que tardivement, mais sa méthode connut une certaine diffusion : elle est supposée avoir été utilisée pour dresser quelques plans célèbres, comme celui de la ville d'Imola à la fin du 15^e siècle¹⁵⁵. Plus généralement, la mesure indirecte des distances se développa dans des applications essentiellement architecturales, en particulier pour la guerre de siège. Les bases d'une cartographie *géométrique*, fondée sur la mesure, furent ainsi posées dans le domaine des plans urbains par les architectes et ingénieurs italiens de la Renaissance¹⁵⁶.

1.1.1.2. Les applications cartographiques de la triangulation aux Pays-Bas.

L'application de la triangulation à des territoires plus vastes que les villes posait de façon plus aigüe le problème de la mesure des distances. Gemma Frisius donna la première description de la triangulation dans une application cartographique autre qu'un plan urbain. Dans la deuxième édition de son *Cosmographicus liber Petri Appiani* parue en 1533, il proposait une explication claire et précise du principe de la triangulation d'un territoire dans un appendice de seize pages : le *Libellus de Locorum describendorum ratione deque distantis eorum inveniendis*. La publication d'une édition en langue commune – et en français en 1544 – le destinait non seulement aux savants, principalement géographes, mais aussi aux professions moins cultivées comme les arpenteurs¹⁵⁷. La méthode présentée généralisait la mesure indirecte des distances par la trigonométrie et posait les fondations de la triangulation dans son acception cartographique moderne : à partir de la mesure d'une *base* plus ou moins longue sur le terrain, qui constitue le côté d'un premier triangle, la triangulation permet de déterminer la position géographique de points par la mesure des angles des triangles formés par ces points.

Bien que l'« invention » de la triangulation par Frisius soit controversée, la publication de son livre fut véritablement à l'origine de l'application de cette méthode à la cartographie.

La deuxième moitié du 16^e siècle connut un certain développement de la réalisation de cartes régionales *géométriques*, c'est-à-dire basée sur une triangulation. Des instruments adaptés furent mis au point. L'astrolabe fut ainsi modifié pour les mesures géodésiques. En 1612, J. P. Dou inventa le « cercle hollandais », qui devint le goniomètre le plus utilisé pendant deux siècles. Le français Philippe Danfrie construisit en 1597 le premier exemplaire du graphomètre, combinant boussole et astrolabe, qui resta l'instrument fondamental de l'arpenteur avec sa version réduite, le quart de cercle, jusqu'à l'invention du théodolite à

¹⁵⁵ « L'attribution [du plan] à Léonard de Vinci a été récemment soumise à discussion. » BOUTIER Jean. L'affirmation de la cartographie urbaine à grande échelle dans l'Europe de la Renaissance. In IACHELLO Enrico éd., SALVEMINI Biagio (éd. *Per un atlante storico del Mezzogiorno e della Sicilia in età moderna. Omaggio a Bernard Lepetit*. Naples : Liguori, 1998, p. 113.

¹⁵⁶ BOUTIER Jean. Mesures et triangulation de l'espace urbain. Le lever des plans de Paris à l'époque moderne (XVIe-XVIIIe siècles). *Le Monde des cartes. Revue du Comité Français de Cartographie*, mars 2002, 172, p. 7.

¹⁵⁷ Sur le développement de la triangulation aux Pays-Bas, voir : POULS H. C. Mieux vaut voir que courir 2. In *Cartes et Figures de la Terre, op. cit.*, p. 248-251.

la fin du 17^e siècle¹⁵⁸. Enfin, la planchette topographique, mise au point dans la deuxième moitié du 16^e siècle, permettait d'effectuer simultanément le dessin cartographique et la mesure des angles – ou plus précisément le tracé graphique des angles à partir de visées.

1.1.1.3. De la cartographie à l'astronomie : l'appropriation de la triangulation par la géodésie.

Malgré de nombreuses applications, ce ne fut pas dans le domaine de la cartographie que l'utilisation de la triangulation fut le plus remarquable, mais dans celui de l'astronomie. Le mathématicien et astronome Willebrord Snel van Royen (1580-1626), dit Snellius, adopta le procédé de Frisius pour résoudre le problème ancien du calcul des dimensions de la Terre. Il mesura à l'aide d'une triangulation la distance séparant Alkmaar et Bergen-op-Zoom et calcula à partir de cet arc de méridien la circonférence de la terre. Les résultats de ses travaux furent publiés en 1617 dans *Eratosthenus Batavus, de Terrae ambitus vera quantitate* (L'Eratosthène néerlandais, sur la véritable circonférence de la Terre). La même méthode fut utilisée en Angleterre par Norwood et en Italie par le Père Riccioli, mais ce fut surtout en France qu'elle connut son plus grand développement, avec le soutien de la monarchie absolue, plus intéressée au mécénat scientifique que les nations commerçantes.

La question des dimensions de la Terre s'était affirmée comme l'un des problèmes centraux de la science en général et de l'astronomie en particulier, au point de former une discipline spécifique : la géodésie, science ayant pour objet l'étude de la forme et la mesure des dimensions de la Terre. Le terme lui-même apparut en français au milieu du 17^e siècle¹⁵⁹, quelques décennies avant les premiers travaux de triangulation générale de la France. L'implication des savants dans tous les grands projets de triangulation entraîna la séparation plus ou moins stricte entre les opérations de triangulation et les opérations cartographiques, les premières n'étant plus systématiquement menées dans la perspective des deuxièmes, même si les cartographes pouvaient en exploiter les résultats. Dès la fin du 17^e siècle, la triangulation n'était plus considérée comme une méthode utilisée en cartographie, mais plutôt comme une méthode spécifique à la géodésie. Son utilisation en cartographie fut de plus en plus souvent désignée sous le terme d'« opérations géodésiques », dont l'emploi traduisait un glissement de l'acceptation du terme géodésie vers le domaine cartographique¹⁶⁰. Ce rapprochement lexical ne traduisait pas l'opposition qui s'imposa aux 18^e et 19^e siècles entre l'approche scientifique plus fondamentale et l'approche cartographique plus pratique de la géodésie, dont la première triangulation générale de la France offre un parfait exemple.

¹⁵⁸ Le graphomètre « était constitué par un limbe de 180° muni d'une boussole et d'une alidade, à pinnules au début, à lunette par la suite, le tout supporté par un pied planté dans le sol. Le limbe pouvait prendre la position horizontale, inclinée ou verticale ; cette dernière donnait la possibilité de mesurer les angles verticaux, par adjonction d'un fil à plomb, mais on n'en usait pas, l'altimétrie étant délaissée (on connaissait bien aussi le niveau à bulle d'air, mais il n'était utilisé que pour les travaux d'arpentage et de terrassement, non pour les levés topographiques). Le quart de cercle n'était autre qu'un graphomètre réduit à environ 100°, mais de rayon plus grand, ce qui permettait de gagner en précision sans augmentation de poids. Ce sont ces instruments qui, progressivement perfectionnés et transformés, donnèrent naissance au théodolite ». ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. *Op. cit.*, p. 73.

¹⁵⁹ *Le Robert* date le nom « géodésie » de 1647, alors que le Trésor de la Langue Française rapporte son emploi dès 1644 dans l'*Horographie curieuse* de P. Bobynet.

¹⁶⁰ *Le Robert* intègre d'ailleurs aujourd'hui dans les objets de la géodésie « l'établissement de cartes ».

1.1.2. La description géométrique de la France : première triangulation nationale et affirmation de la perspective scientifique.

1.1.2.1. L'Etat, la carte de France et les savants.

En France, dans la deuxième moitié du 17^e siècle, la mise en place d'un Etat moderne, avec une structure administrative plus centralisée, avait soulevé la question de la cartographie détaillée du territoire, principalement pour des raisons administratives de gestion des voies de communication et d'optimisation de la fiscalité – les militaires dressant déjà leurs propres cartes¹⁶¹. Colbert s'était ainsi préoccupé très tôt du problème de l'établissement d'une cartographie homogène de la France, alors qu'il n'existait que des cartes à petite échelle généralement dressées par des géographes de cabinet¹⁶² pour les intégrer dans des atlas. En 1644, il demandait aux maîtres des requêtes de réunir des informations et si possible des cartes sur les provinces et généralités de l'intérieur du Royaume, avec peu de succès. En 1665, un mémoire attribué à Nicolas Sanson, géographe du Roi, prenait position pour la réalisation à partir des cartes et informations existantes d'une carte générale de la France à assez grande échelle pour représenter dans leurs détails les communes et routes du royaume, mais il n'eut pas de réponse directe¹⁶³.

L'intérêt naissant pour une cartographie à plus grande échelle du territoire reposait encore sur les conceptions traditionnelles d'une cartographie indirecte, mais les développements récents des méthodes de mesure du terrain, en particulier de la triangulation, soulignaient la possibilité de dresser des cartes détaillées à partir de levés directs, dont certaines cartes régionales fournissaient des exemples. Cette nouvelle façon de pratiquer la cartographie ne pouvait plus être ignorée, et dans son mémoire de 1665, Nicolas Sanson rejetait d'ailleurs explicitement la réalisation de levés directs généralisés. Pourtant, l'idée de dresser une carte de France détaillée sur les bases d'une triangulation générale du territoire faisait son chemin, notamment dans les milieux scientifiques pour lesquels la géodésie était la seule assurance d'une cartographie précise. Malgré la domination des questions astronomiques, les problèmes géodésiques et cartographiques n'étaient jamais complètement séparés, sous l'influence d'un pouvoir central plus intéressé par les applications pratiques que par la science fondamentale.

1.1.2.2. L'Académie royale des sciences : une référence scientifique pour la cartographie.

Quand Colbert fonda l'Académie royale des sciences en 1666, elle ne réunissait que des astronomes et des mathématiciens, parmi lesquels l'abbé Jean Picard (1620-1682) et Christian Huygens (1629-1695), inventeur en 1657 du pendule régulateur qui avait permis aux horloges de gagner une précision suffisante pour être utilisées dans la détermination des longitudes, convaincu à prix d'or de quitter La Haye pour Paris. Sur les conseils de Picard et pour l'aider dans ses travaux, Colbert avait également fait venir d'Italie Jean-Dominique Cassini (1625-1712), astronome réputé pour ses travaux sur la

¹⁶¹ Voir infra, partie 1, chapitre 1.2.

¹⁶² L'expression « géographe de cabinet » désigne les cartographes dressant des cartes à partir de sources indirectes (relations de voyage, cartes anciennes, etc.) et ne procédant à aucune observation directe sur le terrain.

¹⁶³ PELLETIER Monique. La Carte de France. *Bulletin du Comité français de cartographie*, septembre 1987, 113, p. 7-15.

détermination des longitudes¹⁶⁴. L'Académie se préoccupait dès lors essentiellement de questions astronomiques, et en premier lieu des problèmes géodésiques centraux de l'époque : la détermination des longitudes et la mesure des dimensions de la Terre. Pour abriter les instruments de mesure astronomique et servir de base au travail géodésique, elle fonda en 1667 l'Observatoire de Paris, dont Picard prit la direction, et définit sur son terrain le méridien de Paris, aussi appelé « méridien origine » pour la France. Même si l'étude des méthodes cartographiques faisait également partie de ses priorités énoncées, l'Académie se positionna pendant longtemps moins comme un organisme producteur de cartes que comme un organisme de référence, fournissant une méthode, des documents et des mesures de base pour aider les cartographes¹⁶⁵.

1.1.2.3. Des travaux entre géodésie scientifique et cartographie.

Le premier siècle d'activité de l'Académie fut marqué par un perpétuel balancement entre les préoccupations plus pratiques de la cartographie que soutenaient essentiellement Colbert et Picard, et celles plus scientifiques de la géodésie et de l'astronomie qui eurent longtemps l'avantage sous l'influence de la « dynastie » des Cassini. Le premier programme d'étude, défini en 1668 par Picard, s'articulait d'ailleurs autour de trois réalisations qui mêlaient géodésie et cartographie.

- La mesure d'un arc de méridien : pour proposer un nouveau calcul du rayon de la Terre, Picard réalisa de 1668 à 1670 la première mesure française d'un arc de méridien à partir d'une triangulation¹⁶⁶, pour laquelle l'emploi de nouveaux instruments de qualité et sans doute la compensation des erreurs entre elles donnèrent des résultats jugés particulièrement satisfaisants à l'époque.
- La détermination astronomique du pourtour de la France : entre 1679 et 1682, Picard et Philippe de La Hire (1640-1718) déterminèrent des positions astronomiques sur toutes les côtes du royaume, à l'aide des nouvelles méthodes de détermination des longitudes développées par Cassini. Ce travail fixait un cadre de référence pour les réalisations à l'intérieur du territoire. La *Carte de France corrigée par ordre du Roi sur les observations de messieurs de l'Académie des Sciences*, dressée de la carte de Nicolas Sanson modifiée par les nouvelles mesures, fut dessinée et gravée par La Hire, présentée à l'Académie en 1682 et publiée en 1693¹⁶⁷.
- L'établissement de la *Carte particulière des environs de Paris* : pour expérimenter les nouvelles méthodes, l'ingénieur Vivier entreprit en 1669 les levés de détail destinés à l'établissement d'une carte des environs de Paris. Menés sous la direction de Picard, ils reposaient sur la triangulation exécutée par celui-ci. La carte fut dressée en neuf feuilles à l'échelle d'une ligne pour cent toises (soit environ 1 : 86 400 dans le système métrique), gravées à partir de 1671 et publiées en 1678. La représentation cartographique était dans les conventions de l'époque, mais ne comportait ni routes ni chemins. Le relief était seulement situé par des hachures figuratives, sans essai de représentation plus précise : s'il s'agissait bien d'une carte *géométrique*, elle n'était pas à proprement parler *topographique*, malgré son échelle. Première carte basée sur

¹⁶⁴ Jean-Dominique Cassini (1625-1712), traditionnellement appelé Cassini I pour le différencier de sa descendance, était titulaire de la chaire d'astronomie de l'université de Bologne et avait publié en 1668 les tables de mouvements des satellites de Jupiter (*Ephemerides Bononienses mediceorum syderum ex hypothesibus et tabulis*, Bologne) pour aider au calcul des longitudes, par l'observation simultanée en deux endroits différents d'un même phénomène, l'occultation des satellites de Jupiter.

¹⁶⁵ PELLETIER Monique. Science et cartographie au Siècle des Lumières. *Cartographie de la France et du monde, de la Renaissance au Siècle des lumières*. Paris : Bibliothèque Nationale de France, 2001, p. 82-105.

une triangulation rattachée à une base située et orientée d'après des observations astronomiques, elle resta pendant trois quart de siècle la seule carte levée sous l'égide de l'Académie des sciences.

1.1.2.4. La primauté de la triangulation dans le travail cartographique.

La carte de Paris confirmait l'intérêt de Picard pour la cartographie, mais il ne croyait pas à la réalisation rapide de cartes de province sur ce modèle. Avant de commencer d'éventuels levés, il lui semblait préférable de disposer d'un châssis général formé par une triangulation couvrant tout le territoire. Dans un mémoire présenté en 1681 à Colbert puis à l'Académie, il se positionnait pour l'extension de la triangulation qu'il avait amorcée, faisant remarquer que « ce châssis estant premièrement fait, il seroit facile ensuite de le remplir »¹⁶⁸, et proposait de commencer par prolonger la méridienne jusqu'à Dunkerque et Perpignan.

Il formulait ainsi la position qui fut celle de l'Académie jusqu'au milieu du 18^e siècle : la carte de France devait être dressée à partir de cartes régionales d'origines diverses, mais s'appuyant sur les travaux géodésiques de l'Académie, dont la qualité était garantie par la compétence de ses membres dans des opérations jugées plus délicates que le levé ou le dessin des cartes. Si l'exécution de levés directs était finalement envisagée, elle se plaçait dans une dépendance totale du travail de triangulation. Accepté par Colbert, le projet de Picard affirmait le rôle central des savants dans le domaine de la cartographie civile, en imposant leur contrôle sur une cartographie dont ils jugeaient que la précision dépendait essentiellement des opérations géodésiques qu'ils réalisaient.

1.1.2.5. La priorité des questions scientifiques sous l'influence des Cassini.

En insistant sur la primauté de la triangulation dans le travail cartographique, Picard permettait aussi à l'Académie de commencer par des travaux intéressant directement ses préoccupations scientifiques qui restaient prépondérantes : la méridienne devait certes constituer l'armature du châssis de la carte de France, mais elle permettait aussi – et surtout – d'obtenir par déduction une mesure « de la grandeur de la Terre huit fois plus précise »¹⁶⁹, puisqu'elle se basait sur une mesure de huit degrés de latitude au lieu d'un seul dans les mesures réalisées par Picard entre 1668 et 1670.

L'orientation scientifique des travaux fut affirmée par l'influence de Cassini, qui prit la direction de l'Observatoire à la mort de Picard en 1682. Il fut chargé officiellement en 1683 de prolonger la méridienne. A partir de la base de Picard, Cassini mena les travaux en direction du sud et La Hire en direction du nord, mais ils furent interrompus par Louvois en 1684. La partie sud fut poursuivie en 1700 par Jacques Cassini (Cassini II) (1677-1756), le fils de Jean-Dominique, et achevée l'année suivante à Collioure. La partie nord ne fut complétée qu'en 1718 par Cassini II et le fils de La Hire. Délaissant l'aspect cartographique du projet et la triangulation du territoire qui devait servir de base à la carte de France, Jacques Cassini concentra son travail sur l'une des préoccupations scientifiques principales de l'époque : la forme de la Terre. Exploitant les calculs effectués sur la méridienne, il soutint que la Terre

¹⁶⁸ Cité par PELLETIER Monique. La Carte de France. *Op. cit.*

¹⁶⁹ Cité par PELLETIER Monique. Science et cartographie au Siècle des lumières. *Op. cit.*

était allongée aux pôles (*De la grandeur et de la figure de la Terre*, Paris, 1720), hypothèse en contradiction avec la théorie de Newton¹⁷⁰.

Le Contrôleur général des finances Orry¹⁷¹, qui voulait refaire le réseau routier sur de nouvelles mesures, ordonna en 1733 à Cassini II d'entreprendre les travaux de la triangulation générale du territoire prévue par Picard et Colbert, sur laquelle pourraient s'appuyer les cartes détaillées des provinces : cette triangulation fut désignée comme la *description géométrique de la France*. La détermination de la figure de la terre devait être considérée comme secondaire, mais sous l'influence de Cassini, les préoccupations d'ordre scientifique restèrent prioritaires. Les travaux commencèrent donc en 1733-1734 par la mesure de la perpendiculaire au méridien au niveau de l'Observatoire, ramenée ensuite au parallèle, qui put être utilisée pour confirmer les conclusions précédentes de Cassini sur l'allongement de la Terre aux pôles.

Pour le monde savant, les erreurs opératoires et instrumentales suffisaient à expliquer les divergences : deux missions furent envoyées l'une au Pérou (1735-1743), l'autre en Laponie (1736-1737), pour mesurer des arcs de méridien le plus près possible l'un de l'équateur, l'autre du pôle. Leurs résultats tranchèrent en faveur de l'hypothèse de l'aplatissement de la Terre aux pôles. Tout en dirigeant les travaux de la description géométrique de la France avec son cousin Giovanni Domenico Maraldi (1709-1788) et l'abbé La Caille, Jacques Cassini effectua en 1739-1740 de nouveaux calculs pour vérifier la méridienne, avec l'aide de son fils César-François Cassini de Thury (Cassini III) (1714-1784) : la mesure de la base de Picard fut trouvée trop longue de six toises, l'étalon utilisé la première fois étant trop court. Les nouveaux résultats confirmaient ceux des expéditions de Laponie et du Pérou – et donc l'hypothèse avancée notamment par Newton.

1.1.2.6. La description géométrique de la France.

Le débat finalement clos, les travaux se concentrèrent sur la triangulation : la perpendiculaire de Brest à Strasbourg fut rectifiée en fonction des résultats de la nouvelle mesure de la méridienne, et les opérations primordiales s'achevèrent en 1744. Cassini de Thury et Maraldi publièrent cette même année la *Nouvelle carte qui comprend les principaux triangles qui servent de fondement à la description géométrique de la France*, représentant l'articulation du réseau. Pour la première fois, un territoire national était entièrement couvert par une triangulation. Composée de sept chaînes perpendiculaires et de quatre chaînes parallèles à la méridienne de Paris, appuyée sur dix-neuf bases réparties sur le territoire, elle divisait la France en carreaux de soixante mille toises de côté, remplis par une triangulation complémentaire. Selon Marc Duranthon, « par cette œuvre les Cassini affirmaient la primauté des mesures géodésiques sur les observations astronomiques ponctuelles et indépendantes et dont les erreurs ne peuvent se compenser »¹⁷².

Reprenant la position générale de l'Académie qui ne croyait pas qu'il fût possible à une seule équipe de réaliser une description détaillée du royaume, Cassini de Thury accompagnait sa carte des triangles d'un mémoire se positionnant encore pour le

¹⁷⁰ En application de sa loi de la gravitation universelle, Newton soutenait que les axes des planètes étaient moindres que les rayons de leurs équateurs, ce qui signifiait que la Terre était aplatie aux pôles (17^e proposition du 3^e livre des *Principia philosophiae naturalis*, 1687).

¹⁷¹ Responsable d'un grand nombre de travaux territoriaux et de la création de la l'école des ingénieurs des Ponts et Chaussées (noms définitifs pris en 1775 seulement).

¹⁷² DURANTHON Marc. *La Carte de France. Op. cit.*, p. 8.

développement d'une cartographie régionale exécutée par les évêques, les magistrats, les seigneurs ou même des particuliers, et s'appuyant sur les positions données par la triangulation générale. Dans cet objectif, il prépara en 1745-1746 la publication des calculs ayant servi à l'établissement du canevas géométrique ou qui en dérivait. Finalement publiée en 1783, la *Description géométrique de la France* donnait les coordonnées de quatre cents villes ou bourgs et des trois mille points principaux de la triangulation primordiale, complétée par les résultats de détail publiés sous la forme de fascicule au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

1.1.3. La carte de Cassini, première carte géométrique d'une nation.

1.1.3.1. L'abandon d'une carte nationale dérivée des cartes régionales.

Le projet de réalisation d'une carte de France à partir de levés non centralisés n'aboutit jamais. La cartographie régionale, essentiellement ecclésiastique, était pourtant dynamique aux 17^e et 18^e siècles. De nombreuses cartes de diocèses étaient publiées, et dès la fin du 17^e siècle, les cartographes privés appuyaient souvent leur réalisation sur la description géométrique de la France, comme Guillaume Delisle pour ses cartes dressées le long du tracé de la méridienne éditées au 18^e siècle, l'abbé Outhier pour sa *Carte topographique du Diocèse de Bayeux* (1736), ou Jean Querret pour sa *Carte du Comté de Bourgogne* (1748, 1 : 120 000), « vue et vérifiée par Mrs Cassini et Maraldi de l'Académie Royale des Sciences »¹⁷³. Mais l'appui sur la triangulation générale n'était pas systématique, les échelles de plus en plus grandes utilisées restaient très diverses, tout comme les méthodes employées pour les levés, selon qu'ils étaient effectués par des ingénieurs militaires, des ingénieurs civils ou les évêques eux-mêmes. L'ensemble formé par ces cartes était donc trop hétérogène, dans la forme et dans le contenu, pour une tentative de regroupement.

1.1.3.2. Le projet de la carte de France de Cassini.

Le projet d'une carte générale de la France à grande échelle n'était pas pour autant abandonné. La légende officielle veut que l'idée ait (re-)jailli chez Louis XV lorsque Cassini de Thury lui présenta une carte des Flandres exécutée en 1746 et 1747 lors d'une campagne militaire, à partir de travaux de triangulation visant à raccorder la chaîne de Snellius au réseau français. Le Roi aurait dit à Cassini : « Je veux que la carte de mon royaume soit levée de même, je vous en charge, prévenez M. de Machault » – alors contrôleur général des Finances¹⁷⁴.

Plus que d'un caprice royal ou de l'ambition du seul Cassini de Thury, il s'agissait en fait d'une reprise du projet ancien de Picard et Colbert, qui avait abouti à la *Description géométrique de la France* après de nouvelles impulsions données par Cassini II en 1700 et par Orry en 1730¹⁷⁵. Comme dans le programme d'Orry, le projet de carte présenté par Cassini était rattaché aux projets de rénovation du réseau routier, puisqu'il avait été placé sous la protection de l'intendant général Charles-Daniel Trudaine (1703-1769)¹⁷⁶, fondateur en 1747 du Bureau des dessinateurs dont la mission était de lever et conserver les plans des

¹⁷³ QUERRET Jean. *Carte du Comté de Bourgogne dédiée à Monseigneur de Machault*. Paris : [sn], 1748. 4 feuilles. Echelle 1 : 120 000. Gravée par J. Lattré.

¹⁷⁴ Cité (entre autre) par PELLETIER Monique. *Science et cartographie au Siècle des lumières*. *Op. cit.*, p. 87.

¹⁷⁵ VAYSSIERE Bruno-Henri. « La » Carte de France. *Op. cit.*, p. 257.

¹⁷⁶ PELLETIER Monique. *La carte de France*. *Op. cit.*, p. 91.

grandes routes du royaume, puis en 1750 du corps des ingénieurs des ponts et chaussées. Cassini concevait lui-même la carte comme un outil de gouvernement et de développement économique. Son projet était donc principalement géométrique et toponymique : mesurer le royaume, suivre le cours des rivières, déterminer le nombre des villes, bourgs et villages¹⁷⁷.

Le programme présenté par Cassini prévoyait la division de la carte en cent quatre-vingts feuilles, couvrant chacune une surface de vingt-cinq milles toises en hauteur sur quarante mille toises en largeur (environ cinquante kilomètres sur soixante-dix huit kilomètres), à la même échelle que la *Carte particulière des environs de Paris*, une ligne pour cent toises (environ 1 : 86 400). Pour assurer un rythme permettant la réalisation de dix feuilles par an, Cassini demandait vingt ingénieurs et un budget annuel de quarante mille livres, qui lui furent accordés largement au début.

1.1.3.3. Les travaux de la carte.

Après le recrutement et la formation des premiers ingénieurs civils – qui furent parfois qualifiés d'*ingénieurs de Cassini*, les levés débutèrent en 1750. Les travaux étaient basés sur une collaboration locale avec les notables, principalement les curés. Les repérages et mesures du terrain s'effectuaient à partir des clochers. La position géométrique des objets susceptibles d'être situés sur la carte était calculée, mais la représentation topographique du terrain lui-même importait peu : les ingénieurs étaient chargés de « dessiner [le soir] à peu près les hauteurs, les vallons, le contour des bois, la direction des chemins, le cours des rivières, la nature du terrain », « sur l'idée qu'ils avoient prise de la situation du terrain » pendant la journée d'observation¹⁷⁸. Les altitudes n'étaient définies par aucun nivellement, seule importait la position géographique dans les deux dimensions de la surface terrestre, latitude et longitude. Le relief était représenté par des hachures longues suivant les lignes de pente : cette méthode (parfois ombrées par un estompage) fut appelée la *deuxième manière* de l'orographie – la *première manière* étant la représentation perspective¹⁷⁹.

La planimétrie était volontairement limitée aux grandes routes, ignorant le réseau secondaire de chemins de terre qui était soumis à trop de variations dans le temps. Ce choix fut critiqué dès la publication des premières feuilles, mais Cassini voulait avant tout obtenir une carte stable, une représentation géométrique du territoire dont la publication était accompagnée de tables de distances servant d'outils de référence à d'autres travaux. Pour Monique Pelletier, « la Carte de Cassini [était] d'abord le développement du canevas géométrique. La topographie [restait] l'apanage des militaires »¹⁸⁰. Les travaux étaient vérifiés par des ingénieurs vérificateurs et par le seigneur ou le curé représentant les habitants du territoire levé. Les feuilles étaient gravées sur cuivre à l'eau-forte¹⁸¹, mais

¹⁷⁷ Sur la carte de Cassini, outre les ouvrages déjà cités, voir PELLETIER Monique. *La Carte de Cassini : l'extraordinaire aventure de la Carte de France*. Paris : Presse de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 1990, 263 p.

¹⁷⁸ Cité par PELLETIER Monique. *La Carte de France*. *Op. cit.*, p. 92.

¹⁷⁹ Voir infra, partie 1, chapitre 1.2.1.

¹⁸⁰ *Ibid.*, p. 93.

¹⁸¹ A cette époque, les feuilles étaient gravées sur des plaques de cuivre. Le graveur reproduisait le dessin aussi fidèlement que possible, par les procédés de l'eau forte ou du burin, mais pour pouvoir effectuer le plus de tirage possible, les éditeurs cherchaient une gravure entamant fortement le métal et nuisant aux détails, dont les cartes étaient alors peu chargées. CUENIN René. Evolution des techniques cartographiques. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 25 mars 1974, 25, p. 25-31. Pour une présentation plus détaillée des procédés de reproduction, voir infra partie 1, chapitre 3.3.3, et partie 2, chapitre 3.1.3.

Cassini trouva difficilement de bons graveurs spécialisés, le prix des cartes géographiques n'étant pas intéressant par rapport au travail qu'elles demandaient.

1.1.3.4. La « privatisation » et « régionalisation » de la carte de France.

En 1756, les feuilles de *Paris* et *Beauvais* se terminaient, mais le déclenchement de la guerre de Sept Ans provoqua l'arrêt du financement royal de la carte, sans que le patronage de l'Académie ne soit remis en question. Cassini fonda alors le 10 août 1756 la société de la carte de France, dont les statuts ressemblaient beaucoup à ceux de l'Encyclopédie. Parmi les cinquante associés qu'elle réunissait, certaines personnalités importantes témoignaient du prestige de l'entreprise : la marquise de Pompadour, le comte de Saint-Florentin, des militaires de haut rang, des membres de l'Académie, du personnel de la haute administration. L'essentiel des financements provenait des institutions régionales, les Etats provinciaux qui signaient des contrats avec la société pour obtenir le levé de leur territoire, et les généralités qui furent sollicitées par Cassini à partir de 1762 quand la situation financière de l'entreprise devint critique. L'Etat n'étant pas encore persuadé de l'utilité d'une cartographie détaillée de l'ensemble du territoire, la réalisation de la carte de France se poursuivit donc dans une perspective plus régionale, proche de la conception initiale du projet, les provinces et généralités étant plus directement intéressées pour leur administration. Les apports des particuliers permettaient d'équilibrer les comptes.

Les travaux étaient encore pour la plupart centralisés et effectués par les ingénieurs de Cassini, mais le mode de financement essentiellement régional entraîna une concurrence larvée entre le projet national de la carte et les réalisations locales. Certains Etats demandèrent ainsi la réalisation de cartes spéciales concurrençant les feuilles correspondantes de la carte de France, comme la *Carte particulière du duché de Bourgogne* (1764) ou la *Carte particulière des pays de Bresse, Bugey et Gex* (1766). D'autres effectuèrent eux-mêmes les travaux de détail, « façon subtile de rester maître chez eux alors qu'ils étaient obligés de se raccorder au grand réseau initialensemencé depuis Paris »¹⁸². Boutin, intendant de Guyenne, décida en 1761 de faire lever à ses frais la carte de sa généralité, à une échelle double de celle de Cassini (deux lignes pour cent toises, soit environ 1 : 43 200), mais il s'accorda avec la société de la carte de France pour lui communiquer les levés contre remboursement des frais. Sous la coordination de l'ingénieur géographe du roi Belleyme, les levés furent effectués entre 1761 et 1774. La gravure des cinquante-quatre feuilles fut beaucoup plus lente : alors que seul un tiers des feuilles était gravé en 1789, la gravure fut arrêtée en 1793, reprise en 1804 pour le compte des départements intéressés, puis à nouveau arrêtée en 1813, et terminée par le Dépôt de la guerre, le service de cartographie officiel et militaire, entre 1834 et 1840. Sur le même système de contrat, la carte du Languedoc fut levée de 1769 à 1777, mais la gravure parallèle des cartes de diocèses et des feuilles de la carte de France s'effectua plus rapidement entre 1776 et 1781, non sans opposition entre le syndic des états et les « MM. de Paris » qui voulaient que les cartes soient examinées par Cassini avant leur gravure¹⁸³.

1.1.3.5. La « nationalisation » et l'achèvement de la carte.

Les difficultés financières et l'affaiblissement de l'enthousiasme initial provoquèrent la diminution quasi-constante du nombre d'ingénieurs et l'impossibilité d'effectuer des révisions ou mises à jour, notamment pour le réseau routier dont la représentation sur la

¹⁸² VAYSSIERE Bruno-Henri. « La » Carte de France. *Op. cit.*, p. 261.

¹⁸³ PELLETIER Monique. La Carte de France. *Op. cit.*, p. 95-96.

carte fut très critiquée. Cependant, les levés se poursuivirent de façon continue jusqu'à leur achèvement en 1789, au rythme moyen de quatre feuilles et demi par an. La gravure sur cuivre et la publication prirent plus de retard, ralenties notamment par la mort de Cassini de Thury (Cassini III) en 1784 à qui succéda son fils Jean-Dominique Cassini (Cassini IV) (1748-1845).

Le retard pris par la publication de la carte fut également et largement dû à la « nationalisation » de la Carte par la Convention en septembre 1793. Les planches et le stock de feuilles furent confisqués et transférés au Dépôt de la guerre sous le contrôle des militaires qui s'opposèrent à sa diffusion publique, une position maintenue ensuite par Napoléon. Les dernières feuilles, celles de Bretagne et de Guyenne, ne parurent donc qu'en 1815. Les militaires apportèrent des modifications qui concernèrent surtout les voies de communication et l'apparition d'une double échelle (toises et mètres). Même si des traces de travaux de corrections et d'additions demeurent jusqu'en 1830 dans les crédits, elles furent principalement exécutées entre 1803 et 1812.

Pour représenter la nouvelle division de la France en départements adoptée en janvier 1790 à la Constituante, Louis Capitaine (1749-1797), associé et premier ingénieur de Cassini IV, réalisa une réduction au quart de la carte de Cassini : la *Carte de la France suivant sa nouvelle division en départements et districts, dédiée à l'Assemblée nationale par les directeurs et associés de la Carte générale de la France*, à l'échelle d'une ligne pour quatre cents toises (environ 1 : 345 600). Elle comportait à l'origine vingt-et-une feuilles, chacune regroupant seize feuilles de la carte de base, mais elle fut étendue entre 1815 et 1821 au-delà des frontières, et comprenait vingt-quatre feuilles à son achèvement en 1822. La représentation du relief suivait en partie les conventions de la Commission de 1802 en adoptant un éclairage oblique et des hachures suivant la ligne de pente¹⁸⁴. Une carte de France à 1 : 864 000 fut réalisée à partir de cette carte par le géomètre Achin au dépôt des Fortifications et publiée en 1825. Reprise entre 1861 et 1867, elle fut publiée en 1887 en six feuilles.

1.1.4. La triangulation, base de la cartographie scientifique.

La carte de Cassini et ses dérivées confirmaient le développement des cartes géométriques depuis la fin du 17^e siècle, qui marquait un changement radical dans l'histoire de la cartographie – ce que John Brian Harley a qualifié de « rupture épistémologique »¹⁸⁵. En s'appuyant sur des points dont la position géographique était déterminée par une triangulation, la cartographie cessait d'être purement descriptive pour entrer dans l'ère de la mesure systématique « objective ». Même si son rapport avec la géodésie était encore marqué par la domination des préoccupations scientifiques, ce qui faisait qu'elle exploitait des résultats obtenus pour d'autres objectifs plus qu'elle ne mettait les sciences à son service, la cartographie était véritablement devenue scientifique, dans le sens où elle reposait sur une mesure systématique du territoire pour en donner une représentation qui se voulait de plus en plus fidèle, « un modèle relationnel "correct" du terrain »¹⁸⁶ pour reprendre l'expression de Harley.

Comme dans les sciences, l'évolution des méthodes de levé et de construction de la carte fut marquée à partir de cette époque par la recherche de la plus grande précision

¹⁸⁴ Voir infra, partie 1, chapitre 1.3.

¹⁸⁵ HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.*, p. 66.

¹⁸⁶ *Ibid.*

des instruments et des mesures, la normalisation et la complexification des systèmes de représentation, ainsi que la disparition progressive, mais jamais totale, de la partie artistique du travail cartographique. Le rôle des organismes producteurs de carte dans l'application et la diffusion des règles cartographiques fut fondamental, et commença dès l'Académie des sciences en France qui tenta d'imposer un contrôle des productions cartographiques régionales.

Reprenant le terme employé par Thomas Kuhn dans son essai sur les révolutions scientifiques¹⁸⁷, Harley n'hésite pas à qualifier l'évolution générale de la cartographie depuis le siècle des Lumières de *science normale*, dans le sens où elle se fait à l'intérieur d'un paradigme qui n'est pas remis en question, selon lequel la mesure et la normalisation permettraient une représentation toujours plus précise et objective de la surface terrestre¹⁸⁸. Mais contrairement à la plupart des disciplines scientifiques, la cartographie n'a pas connu depuis le 18^e siècle de changement brutal de paradigme : son évolution n'a été marquée que par des innovations apportant des techniques de mesure plus précises et rapides, et une représentation graphique plus normalisée et symbolique. La fondation de ce paradigme au cours du 17^e siècle repose entièrement sur le développement de l'utilisation cartographique de la triangulation, qui resta jusqu'à la fin du 19^e siècle la base de la représentation cartographique géométrique.

Toutefois, jusqu'au début du 19^e siècle, le paradigme de la cartographie scientifique ne s'appliquait que dans la représentation planimétrique, c'est-à-dire dans les deux dimensions de la latitude et de la longitude. Les méthodes de mesure du territoire (la triangulation) s'imposèrent en cartographie pour des raisons scientifiques et politiques qui ne justifiaient aucun souci pour la mesure de l'altitude. Les travaux géodésiques répondant aux préoccupations des astronomes ne consistaient qu'en la mesure d'arcs de méridien pour laquelle seules comptaient la latitude et la longitude. L'utilisation traditionnelle des cartes comme support à la détermination des frontières ne demandait également qu'une localisation dans les deux dimensions planes. La mise en place de systèmes fiscaux plus efficaces, provoquée par la modernisation et la centralisation des Etats¹⁸⁹, ne fit qu'augmenter la précision nécessaire aux mesures de ces deux dimensions délimitant les surfaces au sol des propriétés. Les ingénieurs de Cassini rencontrèrent d'ailleurs des problèmes avec les populations locales qui craignaient que ces nouvelles mesures ne servent à lever de nouveaux impôts.

L'absence de méthode efficace pour effectuer un nivellement qui aurait permis de déterminer les altitudes des points du canevas géométrique¹⁹⁰ explique certes l'absence d'une représentation du relief basée sur la mesure, mais plus généralement, le relief

¹⁸⁷ KUHN Thomas. *La Structure des révolutions scientifiques*. *Op. cit.*

¹⁸⁸ HARLEY John Brian. *Déconstruire la carte*. *Op. cit.*, p. 63-64 et 67.

¹⁸⁹ En France, ces besoins nouveaux de l'administration fiscale se traduisirent par la lente mise en place du cadastre : officialisé en 1738 par l'édit de « péréquation », il ne fut envisagé dans une approche générale qu'en 1791 sous l'Assemblée constituante, à la suite du remplacement des anciens impôts par une contribution foncière unique. Mais les deux décrets de 1791 laissaient les communes supporter seules les dépenses nécessaires à la réalisation du cadastre, ce qui limitait son développement. Placé en 1807 sous la responsabilité de l'Etat par l'Empereur, il fut finalement confié aux départements et aux communes en 1821. VAYSSIERE Bruno-Henri. *Cadastres. Cartes et figures de la terre*, *op. cit.*, p. 408.

¹⁹⁰ Canevas géométrique, ou canevas géodésique : ensemble des points déterminés par des méthodes de triangulation, qui servent de base au levé topographique.

était encore majoritairement considéré comme un obstacle qu'il suffisait de situer planimétriquement et parfois de représenter figurativement, particulièrement dans le milieu des cartographes civils. Cassini et ses ingénieurs dressèrent une carte qui n'était pas topographique parce que le relief n'intéressait pas ou peu les utilisateurs de la carte. Mais avec le développement de l'artillerie et des fortifications, les militaires ressentaient de plus en plus la nécessité d'une connaissance du terrain toujours plus précise, notamment dans les régions frontalières majoritairement montagneuses en France. Le développement d'une représentation plus détaillée du relief fut donc d'abord une affaire de militaires, qui se souciaient moins de géodésie que les cartographes civils et les savants de l'Académie.

1.2. La topographie militaire et l'évolution de la représentation du relief.

A la Renaissance, l'art de la guerre connut une série de bouleversements qui entraîna l'apparition d'une véritable topographie militaire. Les progrès de l'artillerie, l'essor conjoint de la guerre de siège et des fortifications, nécessitèrent le recours à des relevés de plus en plus détaillés du terrain. Le développement de la cartographie militaire suivit une orientation radicalement différente de la cartographie civile. Alors que la redécouverte de la géographie de Ptolémée provoquait une extension de la cartographie chorographique dans le domaine civil, caractérisée par la publication de nombreux atlas généraux, les plans militaires adoptaient une approche locale privilégiant la représentation détaillée de régions limitées à des échelles supérieures. Tout d'abord, sous l'influence de la conception figurative dominante, la cartographie militaire consistait uniquement en des plans représentés en perspective, que leur apparence et leur utilisation même rapprochaient plus du tableau que de la carte topographique comme nous la concevons aujourd'hui. Mais suite à la pression du développement de la guerre de siège et à l'apparition de corps d'ingénieurs dans les armées, les militaires montrèrent un intérêt croissant pour la représentation détaillée du terrain à des fins utilitaires. En particulier, la représentation du relief, dont l'importance était cruciale pour l'édification des fortifications, fit l'objet d'un soin de plus en plus important, alors que les questions géodésiques qui dominaient la cartographie civile étaient plus ou moins ignorées. Les topographes militaires développèrent ainsi les premiers modes de représentation détaillés du relief et affirmèrent le souci de représenter le terrain sur le terrain même. Ils fondèrent donc véritablement la topographie au sens moderne du terme de « représentation d'un terrain avec l'indication de son relief »¹⁹¹.

1.2.1. Les plans en perspective : une proto-cartographie topographique.

1.2.1.1. La représentation du relief en perspective cavalière.

Les premiers plans détaillés du 17^e siècle représentaient les champs de bataille, les sièges et les lieux des campagnes militaires. Leurs auteurs n'utilisaient pas d'échelles fixes et, d'une façon générale, les plans n'étaient basés sur aucune sorte de mesure. La représentation se faisait le plus souvent à l'effet, de façon esthétique, en utilisant la perspective cavalière, avec des hachures simulant un éclairage mettant en valeur le relief.

Ces *cartes particulières*, c'est-à-dire manuscrites, se situaient entre le tableau de paysage et la carte géographique, proposant la description d'une région mais aussi parfois la mise en scène d'une action militaire. Ce mode de représentation du relief figuratif et

¹⁹¹ Une des définitions du *Robert* pour le nom « topographie ».

très contrasté, mettant essentiellement en valeurs les vallées, leur encaissement et parfois les cols, fournissaient les informations topographiques essentielles aux armées qui ne s'intéressaient guère qu'aux lieux de passages, pour les emprunter ou en barrer l'accès aux éventuels ennemis. Ces documents étaient donc tenus plus ou moins secrets, et les cartes gravées qui en étaient parfois tirées ne comprenaient pas toujours tous les détails des originaux manuscrits. Pour autant, l'utilisation pratique de ces plans était assez limitée, et ils servaient plus souvent à glorifier l'action d'un roi ou d'un général qu'à véritablement préparer une campagne militaire.

1.2.1.2. L'exemple de Jean de Beins.

L'œuvre du géographe du Roi Jean de Beins (1577-1651) est particulièrement représentative de cette cartographie. Son *Plan au vray tant de la ville de Suze, que des entrées et passages de Piedmont, deseignées par le commandement du Roy* (Paris, M. Tavernier, 1629) était à la fois une carte et une gravure d'art figurative, conçu avec un but décoratif et une mise en scène : en restituant le relief de façon esthétique et en soulignant l'encaissement du cours d'eau, il mettait en évidence l'obligation pour les troupes du Roi de France de marcher sur Suze par les routes que le cartographe faisait partir du bas de la carte pour aller tout en haut jusqu'à la ville, but de la campagne militaire.

Ce plan mettant en scène la campagne victorieuse des armées du Roi fut gravé et publié, contrairement à la carte nommée *Le baillage de Greyzivaudan et Trieves* (1619) restée manuscrite. Sur celle-ci, le haut était orienté vers l'ennemi potentiel, à l'est. La montagne était représentée en perspective à partir d'un point de vue permettant de figurer les vallées dans leur quasi-totalité, en utilisant un éclairage venant de la gauche, les versants à l'ombre étant ainsi modelés par des hachures qui donnaient une idée du type de relief¹⁹².

1.2.1.3. Une proto-cartographie topographique.

Les cartographes-historiens « officiels » que furent le Colonel Berthaut à la fin du 19^e siècle et à sa suite Georges Alinhac dans la deuxième moitié du 20^e siècle, voyaient dans ces plans militaires les premiers rapprochements entre les cartes géographiques et les paysages en vue perspective qui aboutirent aux cartes topographiques¹⁹³. Dans une approche extrêmement linéaire et positiviste de l'histoire de la cartographie, ils critiquaient les imperfections et l'inexactitude de la représentation en perspective, traditionnellement qualifiée de *première manière de l'orographie*, qui « aboutissait à des conventions bizarres, des effets de chenilles ou de chevrons s'emboîtant les uns dans les autres, si peu conformes à l'aspect du terrain qu'un humoriste a pu dire que celui-ci eût été aussi bien décrit si l'on s'était contenté d'inscrire : "ici, il y a des montagnes" »¹⁹⁴.

Mais ces plans répondaient parfaitement aux besoins et au mode de figuration de l'époque, que Jean-Pierre Nardy, dans un remarquable essai¹⁹⁵, relie à une conception du

¹⁹² PELLETIER Monique. La représentation du relief au XVI^e siècle. L'œuvre de Jean de Beins (1577-1651). *Bulletin de la Bibliothèque nationale*, 1980, 3, p. 104-106. Sur Jean de Beins, voir aussi : DAINVILLE Père François de. *Le Dauphiné et ses confins vus par l'ingénieur d'Henri IV, Jean de Beins*. Paris : Minard, 1968, 95 p.

¹⁹³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. Op. cit. ; ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. Op. cit.

¹⁹⁴ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. Op. cit., p. 75. Voir aussi : ALINHAC Georges. Histoire de la cartographie des montagnes. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 1983, 48, p. 3-8.

¹⁹⁵ NARDY Jean-Pierre. Réflexions sur l'évolution historique de la perception géographique du relief. Op. cit.

relief comme une architecture divine : comme toute architecture, celle-ci peut se représenter en plan et en perspective, mais les sensibilités et l'axe de vision habituel faisaient privilégier le deuxième type de représentation. Les cartes en perspective cavalières localisaient les éléments topographiques tout en représentant leur silhouette en perspective cavalière, permettant au lecteur de situer un objectif et d'identifier en même temps les formes du relief sans aucune conversion mentale.

Bien qu'Alinhac souligne l'absence de règle précise dans la manière de dessiner ces cartes, la perspective cavalière était majoritairement adoptée par les géographes comme une convention de dessin. La liberté totale dans le choix du point de vue et celle plus relative dans le choix de l'orientation de la carte (le nord était généralement placé en haut, ou le territoire ennemi en zone de frontières) permettaient à l'artiste¹⁹⁶ de pallier à l'inconvénient des premiers plans masquant les arrière-plans en régions montagneuses. Dans cette volonté de représenter au mieux des besoins le relief dans son détail, et en l'absence d'une définition géométrique donnée par une triangulation et un nivellement, ces cartes procédaient selon moi d'une forme de proto-cartographie topographique dont il est totalement anachronique de critiquer la précision ou la vérité, termes d'ailleurs des plus relatifs.

1.2.2. La formalisation des méthodes de levé topographique militaire.

1.2.2.1. Le corps des ingénieurs géographes et la diversification de la cartographie militaire.

Jusqu'à la fin du 17^e siècle, les auteurs de travaux topographiques militaires n'avaient pas d'appellation officielle. Ils étaient issus du corps déjà ancien des ingénieurs du Génie militaire, dont la mission de construction, d'attaque et de défense des places fortes, s'étendait à l'exécution des levés, plans et croquis nécessaires à ces travaux. Les topographes militaires étaient ainsi nommés ingénieurs des fortifications, ingénieurs des camps et armées, plus habituellement ingénieurs ordinaires du Roi, parfois même confondus avec les ingénieurs des ponts et chaussées.

Mais dans la deuxième moitié du 17^e siècle, l'activité cartographique des militaires se structura sous l'impulsion de la modernisation de l'Etat. Un service central, le Dépôt de la guerre, fut créé en 1668 par Louvois, initialement dans le but de classer les documents relatifs à l'organisation des armées et à l'histoire des conflits. Dans le domaine cartographique, le dépôt avait alors pour seul objectif la lutte contre la dispersion des plans trop souvent conservés dans les régiments pour lesquels ils avaient été effectués, c'est-à-dire une simple mission de centralisation des travaux finis. Mais dans la deuxième moitié du 18^e siècle, sous la direction de M. de Vault, les attributions du Dépôt furent étendues, par exemple aux rôles de conseiller pour les travaux sur les routes des frontières et de censeur des œuvres littéraires concernant l'art militaire.

Les topographes militaires profitèrent de cet effort de structuration. En 1696, une première tentative d'organisation menée par Vauban aboutit à l'adoption du nom d'*ingénieur*

¹⁹⁶ Le dessin cartographique était reconnu comme artistique, ne pouvant faire l'objet de règles ni être enseigné autrement que par l'apprentissage auprès d'un « maître à dessiner », et faisant largement appel au goût et à la pratique de l'auteur. Le grade d'« artiste cartographe » existait encore à la création de l'Institut géographique national jusqu'à la fusion de ce corps avec les ingénieurs des travaux géographiques de l'Etat en mars 1973 (voir infra, partie 4, chapitre 2.2.2).

géographe pour les ingénieurs militaires s'occupant de cartographie¹⁹⁷. Cependant leur mission ne fut véritablement précisée qu'en 1744 : elle consistait à exécuter tous les travaux topographiques dont le commandement pouvait avoir besoin pour la conduite des guerres et tous ceux qui seraient utiles ensuite pour la relation des campagnes. Pour la première fois, le rôle de la topographie militaire était envisagé dans une perspective utilitaire plus large que la simple édification de fortification. A partir de 1756, cette ouverture fut confirmée par les initiatives de Jean Baptiste Berthier, chef des ingénieurs géographes des camps et armées du roi de 1758 à 1772, même si, après cette date, le rattachement du corps à la direction du Dépôt de la guerre, assuré par M. de Vault depuis la guerre de Sept ans, entraîna une baisse du recrutement¹⁹⁸. Les nouvelles attributions des ingénieurs géographes s'étendaient jusqu'à l'établissement de cartes topographiques générales, dont l'utilisation n'était pas que militaire, ce qui amplifia une opposition déjà forte avec les ingénieurs civils de Cassini – même si les militaires s'intéressaient encore essentiellement aux zones frontalières.

En effet, une certaine rivalité s'était installée entre les ingénieurs géographes et les ingénieurs civils. Depuis 1748, les premiers étaient obligés de baser leurs travaux sur la description géométrique de la France. Mais ils refusèrent de faire vérifier leurs travaux par l'Académie des sciences, comme le faisaient les ingénieurs civils. Plus généralement, ils se méfiaient des ingénieurs de Cassini qu'ils rencontraient sur le terrain. La cartographie leur paraissait être une activité essentiellement militaire qui devait rester secrète. Une lettre particulièrement franche du major du Génie D'Arçon est souvent citée pour illustrer cette opposition :

« Ce qui importe beaucoup, c'est que les chaînes de montagnes, qui ne présentent que des passages déterminés sur une frontière hérissée d'obstacles, pouvant réellement tenir lieu de fortifications, il est essentiel de n'en indiquer ni le fort ni le faible à l'ennemi, et il est de la plus grande importance de n'en rendre la connaissance profitable que pour nous. Le privilège accordé aux ingénieurs de M. de Cassini devrait excepter les parties de frontières dont il serait important de réserver la connaissance... Sa carte sera bonne ou mauvaise. Si elle était bonne, il faudrait l'interdire, et sans doute il ne faudrait pas lui faire de faveurs si elle était mauvaise, d'autant plus que, revêtue du titre académique, elle donnerait lieu à des doutes pour le moins indécents en fait d'opérations géométriques »¹⁹⁹.

1.2.2.2. La méthode des ingénieurs géographes.

La méthode employée par les ingénieurs géographes pour les levés topographiques se fixa dès la fin du 17^e siècle, puis se formalisa au cours du 18^e siècle par l'élargissement du cadre de leurs travaux et le changement de leur destination, plus utilitaire et moins figurative qu'au début du 17^e siècle.

¹⁹⁷ Jusqu'à la création de l'Institut géographique national en 1940, le nom d'ingénieur géographe désignait uniquement les ingénieurs cartographes militaires.

¹⁹⁸ RACT Patrice. *Les Ingénieurs géographes des camps et armées du roi, de la guerre de Sept Ans à la Révolution (1756-1791) : étude institutionnelle, prosopographique et sociale*. Thèse de l'Ecole nationale des Chartres. Paris : Ecole nationale des Chartres, 2002.

¹⁹⁹ *Lettre de 1777, citée dans : PELLETIER Monique. La Carte de Cassini. Op. cit., p. 141.*

Pendant longtemps, les levés militaires ne s'appuyèrent pas systématiquement sur une triangulation. La description géométrique de la France n'étant pas encore achevée, les ingénieurs géographes ne pouvaient de toute façon pas se baser sur une triangulation d'ensemble. Ils réalisaient parfois des triangulations locales : à partir d'une base mesurée sur un terrain le plus horizontal possible, ils établissaient par calcul trigonométrique un canevas géométrique au graphomètre ou au quart de cercle. Mais à partir de 1748, au début des levés pour la *Carte géométrique du Haut-Dauphiné et du comté de Nice*, les ingénieurs géographes se virent imposer par leur autorité de tutelle de raccorder leurs levés au canevas de l'Académie.

Cependant, la triangulation n'occupait pas une place aussi centrale dans la cartographie militaire que dans la conception qu'avait l'Académie des sciences de la cartographie civile. Au contraire, l'accent était principalement mis sur le levé détaillé du terrain, dont la configuration revêtait une importance bien plus grande pour les usages militaires que pour les usages civils. Les échelles de levés étaient variables²⁰⁰, mais celle de six lignes pour cent toises (environ 1 : 14 400) devint rapidement la plus employée²⁰¹. Les travaux étaient parfois exécutés à la boussole seule, mais le plus souvent à la planchette déclinée. Cette méthode consistait à effectuer les levés sur une planchette topographique constamment *déclinée*, c'est-à-dire positionnée par rapport au nord magnétique par l'emploi d'un *déclinatoire*, boîtier rectangulaire contenant une aiguille aimantée fixée sur la planchette. L'orientation étant ainsi assurée, les points importants étaient *déterminés*, c'est-à-dire positionnés, par des *visées d'intersection* exécutées depuis plusieurs autres points stationnés : depuis chaque station, la direction du point visé était tracée à l'alidade, une règle munie d'un dispositif de visée servant à tracer les directions sur la minute²⁰² fixée à la planchette ; la position du point visé était ainsi donnée par l'intersection des directions tracées depuis les différentes stations.

La méthode du levé à la planchette déclinée, fixée dès la fin du 17^e siècle, constitua la base du levé topographique moderne. En privilégiant le levé du terrain sur le terrain lui-même, elle marquait une évolution fondamentale de la cartographie topographique, en opposition radicale avec la cartographie chorographique des géographes de cabinet. L'intérêt nouveau pour une représentation détaillée de la topographie du terrain entraîna une série d'innovations dans la représentation du relief qui aboutit à la formalisation de ce qui fut appelé par les historiens classiques de la cartographie la deuxième manière de l'orographie : les lignes de plus grande pente.

1.2.3. La représentation du relief par les lignes de plus grande pente.

1.2.3.1. Un dessin indirect du relief.

Dans la méthode de levé topographique des ingénieurs géographes, le relief ne faisait l'objet d'aucune détermination sur le terrain. Sa représentation était donc entièrement entre les mains du dessinateur, qui ne disposait souvent que d'indications sommaires. Jusqu'au

²⁰⁰ Les levés topographiques étaient – et sont toujours – souvent réalisés à des échelles supérieures à l'échelle de publication de la carte, qui constitue en fait une réduction des minutes de levé.

²⁰¹ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. *Op. cit.*, p. 71-73.

²⁰² Le terme « minute » désigne l'original d'un levé, c'est-à-dire la feuille de papier (du moins jusqu'aux années cinquante) sur laquelle sont tracés *sur le terrain* les éléments nécessaires à la construction de la représentation du terrain, puis la représentation du terrain elle-même.

milieu du 18^e siècle, la représentation en perspective cavalière fut encore souvent utilisée, parfois complétée d'un effet d'éclairage oblique pour en rehausser l'effet figuratif. Elle était par exemple employée dans la *Carte générale des Monts Pyrénées* (1730, huit feuilles), généralement considérée comme la première carte topographique militaire couvrant une région étendue, même si son échelle d'environ 1 : 330 000 n'était pas à proprement parler topographique. Bien qu'appuyée sur aucune triangulation d'ensemble, elle fut dressée à partir de levés détaillés, exécutés sur le terrain de 1716 à 1719 à l'échelle du 1 : 36 000, sous la direction des ingénieurs Roussel et La Blottière.

1.2.3.2. La *Carte géométrique du Haut-Dauphiné*, première utilisation des lignes de plus grande pente.

Dans la deuxième moitié du 18^e siècle, l'emploi de la perspective cavalière fut de plus en plus limité aux zones les plus déclives des terrains représentés, au profit d'une représentation du relief en projection horizontale par de longues hachures dirigées selon les lignes de plus grande pente – ce qui fut appelé par les historiens de la cartographie la deuxième manière de l'orographie.

La *Carte géométrique du Haut-Dauphiné et du Comté de Nice* est généralement présentée comme la principale œuvre de transition dans la représentation du relief. Basée sur une triangulation générale appuyée sur le canevas géométrique des Cassini, elle fut levée entre 1749 et 1754 à l'échelle classique pour les levés de places fortes de six lignes pour cent toises (environ 1 : 14 400), sous la direction du maréchal de camp de Bourcet (1700-1780)²⁰³. Dressée à l'échelle d'une ligne pour cent toises (environ 1 : 86 400) par Villaret, capitaine ingénieur géographe du Roi, la carte du Haut-Dauphiné fut gravée sur cuivre en six feuilles en 1758 par Guillaume de La Haye, reconnu comme l'un des meilleurs graveurs du 18^e siècle. Son apparence générale et sa finesse illustrent l'importance du graveur dans la qualité finale de la carte. En 1763, elle fut complétée par trois feuilles du Comté de Nice et de la vallée de Barcelonnette, levées pendant la campagne de 1748 contre l'Autriche, toujours dessinées par Villaret et gravées par de la Haye.

Pour la première fois, le relief était représenté en projection horizontale avec des hachures suivant les lignes de plus grande pente, sauf dans les régions les plus hautes qui étaient encore traitées en perspective cavalière, mais avec un point de vue plus élevé et un effet de perspective moins oblique²⁰⁴. La représentation du relief était encore essentiellement l'œuvre « de sentiment » du dessinateur, mais sa qualité ainsi que celle de la gravure la rendaient plus expressive que celle de la carte de Cassini. L'expressivité du relief était encore plus remarquable dans la *Carte de Dauphiné et de Provence* (1777-1778), restée manuscrite, qui avait été dressée à l'échelle du levé de six lignes pour cent toises (environ 1 : 14 400) par d'Arçon, chargé de continuer la carte de Bourcet : les pentes y étaient exprimées par la densité des hachures, le modelé par leur mouvement, et les zones rocheuses représentées en demi-perspective. Œuvres de transition au niveau de la représentation du relief, ces cartes marquaient aussi et surtout la première conjonction vraiment significative des préoccupations géodésiques et topographiques en cartographie, c'est-à-dire la naissance de la cartographie topographique au sens moderne du terme.

²⁰³ PELLETIER Monique. *La Carte de Cassini. Op. cit.*, p. 86-87.

²⁰⁴ L'est de la sixième feuille et le nord de la neuvième feuille.

1.2.3.3. La généralisation de la représentation du relief par les lignes de plus grande pente.

Au cours de la deuxième moitié du 18^e siècle, l'emploi des lignes de plus grande pente pour représenter le relief se généralisa rapidement. La carte de France de Cassini en faisait une utilisation purement figurative, puisqu'elle n'était pas basée sur un levé direct du terrain. Ce furent surtout les cartes des ingénieurs géographes qui développèrent et formalisèrent la méthode. La *Carte de la frontière du Jura, de Pontarlier à Fort-L'Ecluse*, levée sous la direction du major d'Arçon en 1779 et restée manuscrite à l'échelle de six lignes pour cent toises (environ 1 : 14 400), reprenait à peu près la même représentation du relief que la

*Carte de Dauphiné et de Provence*²⁰⁵.

Bien que ne concernant pas des régions montagneuses, les cartes de chasses dressées par les ingénieurs géographes pour le Roi jouèrent un rôle important dans la formalisation des méthodes de la topographie militaire, notamment dans la représentation du relief. La *Carte topographique des environs de Rambouillet et de St-Hubert*, publiée en 1765 en deux feuilles à l'échelle de deux lignes pour cents toises (environ 1 : 43 200)²⁰⁶, représentait le relief en hachures longues et fines dans le sens de la pente, tout comme la *Carte des chasses du Roi*, considérée comme le chef-d'œuvre de la cartographie du 18^e siècle²⁰⁷. La plupart des historiens y voient l'affirmation de la supériorité des ingénieurs géographes sur les ingénieurs civils de Cassini en matière de topographie, ce que Monique Pelletier soulignait déjà dans la réalisation de la *Carte géométrique du Haut-Dauphiné et du Comté de Nice* en écrivant « que les ingénieurs militaires [étaient] de meilleurs topographes que les cartographes civils qui n'[avaient] pas reçu la même formation »²⁰⁸.

A la fin du 18^e siècle, l'emploi de hachures pour représenter le relief en projection horizontale se généralisa à la cartographie non topographique. La *Carte générale du théâtre de la Guerre en Italie et dans les Alpes* en est un parfait exemple. Dressée sous la direction de Bacler d'Albe, chef du bureau topographique de Bonaparte, pendant les campagnes d'Italie, et publiée en cinquante-six feuilles au 1 : 256 000 en 1801-1802, elle n'était topographique ni par son échelle, ni par sa méthode de réalisation puisqu'il s'agissait d'une carte de compilation. Mais elle représentait les Alpes d'une façon claire, sans aucune perspective cavalière, en utilisant un rehaut oblique obtenu par application de hachures croisées. Il s'agit de la dernière carte de montagne publiée en France avant la Commission

²⁰⁵ GRISEL Denis. Le Jura au XVIII^e siècle à travers la cartographie militaire. In VILLELE Marie-Anne (de) dir., BEYLOT Agnès dir., MORGAT Alain dir. *Du Paysage à la carte, trois siècles de cartographie militaire de la France*. Vincennes : Ministère de la Défense – Services Historiques des Armées, 2002, p. 96-105.

²⁰⁶ Cette carte avait été levée et dressée en 1764 à l'échelle de douze lignes pour cent toises (environ 1 : 7 200), sous la direction de Berthier, suite au souhait de Louis XV de disposer d'une carte détaillée de cette région de chasse. Elle fut gravée par Guillaume de La Haye.

²⁰⁷ Extension de la carte des environs de Rambouillet, elle fut levée entre 1764 et 1773 à l'échelle de six lignes pour cent toises (environ 1 : 14 400), sous la direction de l'ingénieur géographe Berthier. Les opérations de levé servirent de formation aux nouveaux ingénieurs géographes. La gravure commença en 1784 à l'échelle de trois lignes pour cent toises (environ 1 : 28 800), mais fut interrompue en 1792 alors que seules cinq planches étaient terminées. Reprise sous le Consulat et achevée en 1807 sous le titre de *Carte des chasses impériales*, elle reste plus connue sous le nom de *Carte des chasses du Roi* ou *Carte topographique des environs de Versailles*.

²⁰⁸ PELLETIER Monique. *La Carte de Cassini*. Op. cit., p. 87.

de Topographie de 1802, et elle fut donc souvent comparée avec la carte de Raymond dressée dans les règles établies par la Commission²⁰⁹.

1.2.3.4. Une évolution fondamentale vers la seule projection horizontale.

La généralisation de la représentation du relief par les hachures dans le sens des lignes de plus grande pente est souvent présentée comme une évolution particulière de l'orographie, sans la rapprocher explicitement de l'évolution plus générale de la cartographie au 18^e siècle. A mon avis, il s'agit pourtant d'une manifestation d'un changement plus fondamental dans la représentation cartographique avec la généralisation de la projection horizontale.

De nombreux historiens de la cartographie ont souligné l'abandon de la perspective et le recours de plus en plus systématique à la projection horizontale, qui fut d'ailleurs plus précoce dans la représentation de la planimétrie que dans la représentation du relief. En 1730, dans la *Carte générale des Monts Pyrénées*, de nouveaux signes planimétriques en projection horizontale commençaient à apparaître, pour les grandes villes et les fortifications, ainsi que pour les villages simplement situés par un rond de position et les voies de communication par deux traits parallèles, même si certains bourgs restaient représentés en élévation et que le relief était toujours figuré en perspective. En 1765, toute la planimétrie était représentée en projection horizontale dans la *Carte topographique des environs de Rambouillet et de St-Hubert* et dans la *Carte des chasses du Roi*.

Dans son essai sur la représentation du relief en cartographie, Jean-Pierre Nardy rapprochait l'adoption de la seule projection horizontale des changements esthétiques du passage de la Renaissance à l'âge classique²¹⁰. Du point de vue de l'histoire de l'art, la représentation du relief par des hachures rehaussées d'estompement, ou parfois par des teintes variant selon la pente, visait à suggérer un effet de modelé par des effets purement picturaux, procédés parfaitement inscrits dans la période classique qui avait érigé l'illusion en principe (peintures en trompe-l'œil, stucs modelés). Mais plus généralement, la lente adoption à la fin du 18^e siècle d'une vision strictement verticale se doublait d'un développement des panoramas de chaînes de montagne en vision perspective publiés parallèlement aux cartes. La dichotomie des modes de représentation était la même qu'à la Renaissance (carte géographique et paysage perspective), mais avec une finalité unique pour les deux modes : délimiter et situer les contours et les formes avec précision, comme un architecte dressant le plan et l'élévation d'un immeuble. Les conceptions architecturales de l'orogénèse (les montagnes comme édifices hérités de la création) étaient en effet dominantes au 18^e siècle : les plutonistes les voyaient comme des édifications réalisées par des mouvements tectoniques dus au feu central ; les neptunistes comme des accumulations de sédiments transportés par les eaux marines ; d'autres jugeaient que des effondrements et des dislocations pouvaient expliquer l'aspect actuel des montagnes, parfois comparées explicitement à des édifices en ruine, notamment dans la philosophie mécaniste.

1.3. La Commission de topographie de 1802.

Les cartes topographiques dressées au 18^e siècle utilisaient des systèmes de représentation cartographique suffisamment proches les uns des autres pour qu'on puisse

²⁰⁹ Voir infra, partie 1, chapitre 1.3.

²¹⁰ NARDY Jean-Pierre. Cartographies de la montagne. *Op. cit.*, p. 77-79.

parler de *convention* de représentation, mais elles n'étaient pas uniformes. Même au sein d'un corps uni de professionnels, ingénieurs géographes ou ingénieurs civils de Cassini, les cartes présentaient souvent des différences entre elles, y compris entre les feuilles d'une même carte. L'adoption du système métrique²¹¹ pendant la période révolutionnaire avait accentué le besoin d'une réforme, puisque les échelles traditionnellement utilisées n'étaient pas décimales. En 1802, une Commission de topographie fut instituée sous la présidence du général Sanson, directeur du Dépôt de la guerre, avec pour mission de simplifier et uniformiser les signes et conventions en usage dans les cartes et plans topographiques. Elle réunissait des représentants du Dépôt de la guerre, du Génie, du corps des Mines, de l'école des Ponts et chaussées, des départements des Affaires étrangères, des Forêts, de la Marine et des Colonies. Malgré son titre, la Commission ne traita pas des problèmes géodésiques et topographiques, mais seulement des questions cartographiques, dont elle proposa une normalisation qui eut un impact considérable sur les travaux français du 19^e siècle²¹².

1.3.1. Un effort de normalisation de la représentation cartographique.

Dans le prolongement des grandes réformes de la période révolutionnaire, la Commission de topographie de 1802 constituait un véritable effort de normalisation de la représentation cartographique. Elle répondait aux besoins de formalisation des méthodes employées en cartographie topographique, marqués par l'évolution fondamentale de la représentation cartographique dans la deuxième moitié du 18^e siècle et par une professionnalisation plus marquée de sa pratique dans des corps mieux organisés²¹³.

1.3.1.1. Adoption d'échelles décimales.

La nécessité la plus pressante était d'adapter les échelles employées au nouveau système métrique. Des séries d'échelles décimales furent définies, dans plusieurs catégories d'utilisation : du 1 : 100 au 1 : 5 000 pour les levés de bâtiments et de fortification ; du 1 : 10 000 au 1 : 100 000 pour les cartes topographiques, avec 1 : 20 000 et 1 : 50 000 comme valeurs intermédiaires ; du 1 : 200 000 au 1 : 500 000 pour les cartes chorographiques ; au-delà jusqu'au 1 : 20 000 000 pour les cartes géographiques. Bien que la définition des échelles n'ait pas donné lieu à de véritable controverse, des dérogations furent rapidement adoptées après 1802, notamment pour le cadastre qui adopta l'échelle du 1 : 2 500 parce que les échelles décimales du 1 : 2 000 et du 1 : 5 000 étaient jugées respectivement trop détaillées et insuffisantes.

²¹¹ La longueur du mètre avait été définie comme le dix millionième du quart d'un méridien terrestre, par la Commission générale des poids et mesures instituée en 1790 par la Constituante. Pour déterminer la longueur du mètre étalon, il fut décidé d'exécuter une nouvelle mesure de la méridienne de France. Appelée *méridienne de Dunkerque*, elle était prolongée jusqu'à Barcelone et associée à l'arc mesuré par Bouguer au Pérou. Exécutée entre 1791 et 1799 dans des conditions difficiles (événements politiques, destructions des clochers qui servaient de signaux, etc.), elle avait permis de fixer la longueur du mètre à 0,513074 toise.

²¹² Pour une présentation détaillée des travaux de la Commission de topographie de 1802, voir les procès-verbaux originaux dans le *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre*. T.2. Paris : Dépôt de la guerre, 1803. Le colonel Berthaut en proposa une présentation et une interprétation dans son ouvrage classique : BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 137-143. Georges Alinhac, reprenant pour l'essentiel ce qu'avait écrit Berthaut, en donna également une interprétation : ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. *Op. cit.*, p. 95-100.

²¹³ Voir infra, partie 1, chapitre 2.2.

1.3.1.2. La projection horizontale.

La Commission prit également de nombreuses décisions concernant la production cartographique en général. En particulier, elle confirma l'utilisation de la seule projection horizontale et élaborait un tableau de signes conventionnels très complet pour la planimétrie. Le rocher étant alors considéré comme un détail planimétrique, sa représentation entrait dans le cadre des signes conventionnels : il devait donc être représenté par une projection horizontale, avec plus ou moins de détails selon l'échelle de gravure. Pour les écritures, la Commission adopta des caractères spécifiques aux différentes échelles et objets représentés. Elle définit un découpage rectangulaire type, applicable en principe à toutes les échelles, basé sur un format de quatre-vingt par cinquante centimètres pour les feuilles. Elle fixa également une méthode précise pour la gravure sur cuivre, en définissant l'ordre des opérations : le trait, la lettre, la montagne, les eaux, puis le fini.

1.3.1.3. L'adoption d'un nouveau système de projection pour une base géométrique plus solide.

Les guerres de la Révolution et de l'Empire nécessitèrent la réalisation de cartes topographiques couvrant de vastes étendues à l'est des frontières françaises, ce qui posa le problème du système de projection utilisé par le Dépôt de la guerre qui n'en avait pas défini de propre par rapport à celui adopté pour la carte de Cassini. Deux types de projection étaient alors utilisés en cartographie : les projections dites équivalentes, qui conservaient les distances et les surfaces, et les projections dites conformes, qui conservaient les angles²¹⁴.

Ce ne fut pas la Commission de topographie elle-même qui décida de l'adoption d'une nouvelle projection pour les cartes réalisées par le Dépôt de la guerre, mais une commission spécifique formée en janvier 1803 et réunissant entre autres le général Sanson et le mathématicien Lacroix. Cette commission décida de réserver les systèmes conformes aux cartes maritimes, qui les utilisaient déjà depuis longtemps puisque la conservation des angles, donc des directions, était essentielle pour la navigation. Pour les cartes terrestres, elle privilégia les systèmes équivalents, qui répondaient parfaitement aux besoins de l'administration en conservant les surfaces pour le cadastre et relativement bien aux besoins des militaires en conservant les distances. Elle adopta la projection de Flamsteed modifiée, étudiée en 1752 par le chevalier Bonne, ingénieur hydrographe²¹⁵, sur la base de la projection de Flamsteed²¹⁶, « dont l'usage était déjà répandu en France dans les cartes à petite échelle »²¹⁷.

²¹⁴ Il est impossible de concevoir un système de projection d'une surface sphérique sur un plan qui conserve, c'est-à-dire qui ne modifie pas, à la fois les distances, les surfaces et les angles.

²¹⁵ Et père de l'ingénieur géographe dont il sera question plus loin.

²¹⁶ La projection de Flamsteed développait le méridien principal et tous les parallèles en ligne droite. La modification de Bonne consistait « à représenter les parallèles par des cercles concentriques ayant leur centre commun sur le méridien central, situé de telle sorte que le parallèle moyen (45°) ait pour rayon la longueur de la tangente à l'ellipse méridienne comprise entre ce parallèle et le prolongement de l'axe de la terre. Les méridiens, tracés par points, ne sont pas des courbes régulières. Les longueurs sont respectées sur le méridien origine et sur les parallèles, et les surfaces sont conservées. Mais les angles sont d'autant plus altérés qu'on s'éloigne de l'origine, et ne sont plus droits, en général, entre parallèles et méridiens. » ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.1. *Op. cit.*, p. 96.

²¹⁷ BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). In *HAL-SHS* [en ligne]. Paris : CNRS – Centre pour la communication scientifique directe. Disponible sur : < http://halshs.ccsd.cnrs.fr/docs/00/02/59/01/PDF/Bret_formation_scientifique.pdf >. (Communication présentée le 2 août 1989 au XVIIIe

L'ingénieur géographe Plessis détermina les coordonnées des intersections de méridiens et parallèles dans le système de Bonne, d'après les résultats des mesures de Delambre et Méchain, d'une part, et de Bouguer, d'autre part. Calculée sur ces bases, la projection de Flamsteed modifiée fut nommée *projection du Dépôt de la guerre* et appliquée à partir de 1803 à toutes les cartes topographiques jusqu'à la fin du 19^e siècle²¹⁸. Bien que prise à l'extérieur de la Commission de 1802, cette mesure participait pleinement à la rationalisation de la production cartographique qui motivaient ses travaux.

1.3.2. L'affirmation de la géométrisation de la représentation du relief.

Dans le cadre de mon étude de la cartographie topographique des Alpes, la décision la plus importante de la Commission de topographie de 1802 reste d'avoir pris position pour une détermination plus géométrique du terrain en général et du relief en particulier, même si son application était limitée par les techniques de nivellement disponibles.

Au cours des sessions de la Commission, l'étude de la représentation du relief commença par la récapitulation des différents modes utilisés. Le rejet apparemment radical de la perspective cavalière, jugée insuffisante et surtout incompatible avec la projection horizontale adoptée pour la planimétrie, n'était en fait que formel, puisque ce mode de représentation n'était déjà presque plus utilisé à l'époque, surtout en cartographie topographique. La Commission recentra d'ailleurs les discussions autour du procédé des lignes de plus grande pente et du procédé plus récent des sections horizontales équidistances ou *courbes isohypses*, c'est-à-dire de même hauteur – ce que nous appelons les courbes de niveau.

1.3.2.1. Le procédé récent des courbes de niveau.

L'utilisation de courbes isohypses s'était d'abord développée pour représenter les profondeurs marines : l'arpenteur hollandais Cruquius est généralement reconnu comme le premier à les avoir employées en 1729 pour définir le lit des cours d'eau à l'aide de courbes d'égalles sondes. Le géographe français Birache reprit le principe pour représenter le fond de la Manche en 1737. La mesure des profondeurs avec un fil à plomb était aisée et peu coûteuse, et la surface plane de la mer rendait facilement compréhensible le système des courbes de niveau. Dans son ouvrage *Expression des nivellements* édité en 1782, Du Carla proposait une adaptation du procédé à la surface terrestre, mais reconnaissait la difficulté de l'appliquer, notamment à cause de la durée des opérations de levé nécessaire²¹⁹.

Les premières applications des courbes de niveau à la topographie se développèrent au sein du Génie militaire, d'abord pour des plans de défilement des ouvrages défensifs dressés à très grande échelle, puis pour des levés topographiques un peu plus étendus avec les travaux du chef de bataillon Haxo en 1801. La technique utilisée était celle du *filage* des courbes à l'aide d'un niveau et d'une mire, c'est-à-dire la détermination d'une succession de points de même altitude assez rapprochés pour pouvoir être reliés sans erreur d'interprétation. Cette technique permettait un tracé rigoureux des horizontales, mais elle se révélait extrêmement lente, notamment à cause de l'utilisation du niveau à bulle, puis du baromètre à mercure. Compte tenu de ces restrictions techniques, la Commission de 1802 n'admit l'utilisation des courbes de niveau que pour la réalisation de plans de site

Congrès International d'Histoire des Sciences à Hambourg, dans le cadre du symposium *Mathematics and French Revolution : Decades of Change*, organisé par I. Grattan-Guinness et J. Dhombres).

²¹⁸ Sur le changement de système de projection, voir infra, partie 3, chapitre 4.1.1.2.

²¹⁹ ELEB-BAILLY Anne. La 3^{ème} dimension, l'altitude. In *Cartes et figures de la terre, op. cit.*, p. 335-345.

ou de défilement, pour lesquels la précision nécessaire rendait envisageable les longues et délicates opérations de nivellement, même si elle reconnaissait leur intérêt plus général pour une représentation géométrique du relief.

1.3.2.2. Les hachures normalisées.

Pour toutes les cartes topographiques moins détaillées que les plans de défilement, la Commission se prononça pour l'utilisation des lignes de plus grande pente. Si l'affirmation de la projection horizontale et les conditions techniques d'utilisation des courbes de niveau justifiaient en partie cette préférence, je pense qu'il faut également souligner l'influence d'une tradition figurative encore forte. Les procès-verbaux de la Commission témoignent d'ailleurs de l'importance accordée à l'expressivité des lignes de plus grande pente, jugée supérieure à celle des courbes de niveau. Cette balance entre la volonté d'augmenter le caractère géométrique de la représentation du relief et le désir de conserver une expressivité héritée de la tradition picturale de l'âge classique se retrouve dans la justification de la méthode établie par la Commission pour tracer les lignes de plus grande pente.

D'un côté, cette méthode cherchait à formaliser le tracé de ces lignes en instaurant des règles à tendance mathématique. A la place des traditionnelles lignes longues et fines suivant le sens de la pente, elle instaurait le principe des hachures dites « normalisées », courtes fractions de ligne tracées entre des courbes de niveau approximatives en principe équidistantes. Sur les minutes originales, un lavis pouvait les rehausser, mais la technique des hachures était surtout liée à la gravure sur cuivre qui imposait la monochromie : l'effet d'ombrage pouvait être obtenu en resserrant ou renforçant les hachures en fonction de la pente. La Commission n'édicte pas de règle précise, mais la règle dite « loi du quart » s'imposa rapidement²²⁰, confirmant le besoin d'une formalisation mathématique pour répondre à la volonté de géométrisation de la représentation du relief, mais aussi pour assurer une plus grande homogénéité des travaux. Cette loi du quart consistait à espacer les hachures, en principe d'épaisseur constante, du quart de leur longueur, c'est-à-dire du quart de l'intervalle entre les courbes sur lesquelles les hachures s'appuyaient. L'ombre était ainsi exactement proportionnée à la pente et le tracé des hachures purement géométrique – mais il était cependant impossible d'effectuer des mesures de pente à partir de l'espacement souvent très faible des hachures.

D'un autre côté, le souci de l'expressivité de la représentation du relief restait fondamental. Les procès-verbaux rappellent que la méthode établie par la Commission visait d'ailleurs principalement à améliorer l'effet *plastique* des hachures. Les discussions les plus longues et les plus vives portèrent sur l'effet d'éclairage à adopter pour rehausser les hachures. Les membres de la Commission étaient partagés entre un éclairage oblique²²¹ plus expressif et un éclairage zénithal plus géométrique, parce qu'il s'appliquait uniformément sur toute la surface contrairement à l'éclairage oblique qui assombrissait les pentes opposées à la source théorique de l'éclairage. La Commission se prononça finalement, sans être catégorique, pour la convention jugée moins géométrique de l'éclairage oblique, dans l'hypothèse de rayons lumineux venant du nord-ouest et faisant avec le plan de la carte un angle de 50 à 65 grades, mais en supprimant les ombres portées.

Dans la pratique, la situation ne fut pas réglée par l'avis de la Commission. En France, l'éclairage oblique fut essentiellement utilisé sur les cartes manuscrites du Dépôt de la

²²⁰ Voir infra, partie 1, chapitre 3.3.1.2.

²²¹ Plus précisément, une combinaison d'éclairages oblique et zénithal, mais qui était généralement appelée « éclairage oblique ».

guerre, mais il était plus en faveur à l'étranger : la première carte nationale de la Suisse au 1 : 100 000 fut reconnue comme l'exemple le plus remarquable de cette technique. A l'exception de la carte de Corse au 1 : 100 000, la majorité des cartes gravées en France employèrent l'éclairage zénithal par souci de ne pas favoriser l'effet plastique au détriment de la définition géométrique. Mais l'emploi systématique d'un éclairage pour accentuer l'expression des hachures montre pourtant que, malgré une affirmation certaine de son importance, la représentation géométrique du relief n'était pas considérée comme une priorité absolue. La loi purement mathématique du quart était d'ailleurs souvent pondérée pour éviter une surcharge en hachures dans les zones fortement déclives. Des diapasons furent mises au point pour moduler l'écartement théorique des hachures en fonction de l'importance de la pente, comme celui de Lehmann en Allemagne ou celui de Bonne utilisé pour la carte de France au 1 : 80 000²²².

1.3.2.3. Les cotes d'altitude.

Dans la même volonté d'affirmer la représentation géométrique du relief, c'est-à-dire basée sur des mesures instrumentales du terrain, la Commission exprima la nécessité d'inscrire sur toutes les cartes le plus grand nombre possible de cotes d'altitude. A l'exception de certains plans de détails, les cartes topographiques ne comportaient auparavant aucune information altimétrique. La Commission prescrit également de rattacher ces cotes d'altitude à un niveau de référence unique, celui de la mer. Sur les plans topographiques qui en comportaient, les cotes d'altitude étaient rattachées à un plan de référence local arbitrairement choisi selon des impératifs pratiques. Le plus souvent, les topographes adoptaient un plan de référence horizontal passant par le point le plus élevé du terrain représenté, ce qui permettait d'obtenir des cotes toujours du même signe – en l'occurrence négatif.

Cependant, l'application sur le terrain des directives de la Commission concernant l'altimétrie était limitée par l'emploi d'un nivellement uniquement géodésique : le canevas fondamental était formé par les points de la triangulation et les autres cotes étaient obtenues par calcul à partir de mesures de distances et d'angles verticaux. En raison notamment de la réfraction atmosphérique qui dévie considérablement les visées longues, ce procédé introduisait des variations atteignant plusieurs mètres sur les points de canevas, parfois plusieurs dizaines de mètre sur les autres points cotés, notamment en haute montagne. Même si les utilisateurs ne se souciaient encore que peu des altitudes, cette imprécision était déjà jugée considérable à l'époque par les savants et les géodésiens.

1.3.3. L'impact de la Commission sur la pratique cartographique.

Malgré les limites techniques et l'héritage d'une tradition figurative ancienne, les décisions de la Commission de topographie de 1802 favorisaient globalement la mesure et la normalisation dans la pratique cartographique, imposant en France le paradigme d'une cartographie scientifique qui se développait depuis la fin du 17^e siècle. Cependant, même si la Commission exprimait la volonté d'une géométrisation plus poussée dans ce domaine, la représentation du relief posait encore de nombreux problèmes techniques pour une application efficace sur des terrains plus étendus que les seuls environs d'une place forte.

1.3.3.1. Une méthode de levé topographique entre géométrisation et figuration.

²²² Voir infra, partie 1, chapitre 3.

La méthode de levé topographique utilisée par les ingénieurs géographes à partir de l'Empire illustre parfaitement les limites de la géométrisation de la représentation du relief. En particulier, pour conserver une vitesse d'exécution suffisante, il n'était pas envisageable de filer sur le terrain les courbes sur lesquelles s'appuyaient la représentation en hachures normalisées. Les opérations de nivellement étaient réduites à la détermination de l'altitude pour les points du canevas géométrique, avec un degré d'imprécision lié aux méthodes employées que j'ai déjà souligné.

Dans la pratique, l'ingénieur géographe déterminait la planimétrie en premier. Puis, à partir du réseau de points cotés formé par le canevas géométrique, il effectuait des études des divers accidents du sol sous la forme de profils ou de dessins en hachures, qu'il appuyait sur des lignes caractéristiques positionnées sur le canevas. Le dessin des courbes de niveau n'était effectué sur la minute de levé que plus tard, au bureau, à partir de ces divers éléments. En s'appuyant sur ces courbes, il traçait ensuite les hachures directement sur la minute, qui servait ensuite de modèle au graveur. Les courbes de niveau avaient une simple fonction de fond de travail provisoire. Plus le terrain était accidenté et difficile à parcourir, plus elles étaient approximatives, mais elles n'étaient de toute façon jamais de véritables courbes isohypses. Au dessin, certaines étaient parfois rajoutées ou supprimées pour éviter un espacement trop grand ou trop petit.

Cette méthode de représentation du relief reposait donc beaucoup sur l'interprétation que l'ingénieur géographe se faisait du terrain. Cumulant plusieurs étapes dont une seule était effectuée sur le terrain, elle avait pour principale conséquence une certaine systématisation de la morphologie qui fut critiquée à la fin du 19^e siècle par les scientifiques, les alpinistes et certains militaires, partisans d'une topographie plus détaillée²²³ : les ingénieurs géographes ne pouvant pas se référer au terrain lors du dessin des courbes et des hachures, ils avaient tendance à « lisser » les caractéristiques topographiques de celui-ci pour obtenir un modelé fondu et harmonieux. Au final, les hachures normalisées offraient une expressivité plastique remarquable, mais les accents de la morphologie étant quelque peu émoussés, le résultat était plus efficace pour les reliefs doux, alors que l'obscurcissement de la carte en régions montagneuses en compromettrait la lecture – ce qui était un moindre mal puisque aucun utilisateur ne s'intéressait alors à ces régions.

1.3.3.2. La cartographie topographique sous l'Empire et la Restauration.

Les premières cartes suivant strictement les prescriptions de la Commission de 1802 furent dressées pendant la période impériale. Avec la « nationalisation » de la carte de Cassini en 1793, le Dépôt de la guerre était devenu le seul organisme producteur de cartes. L'activité cartographique des militaires s'exerça essentiellement hors des frontières françaises, pendant les nombreuses campagnes des guerres révolutionnaires puis impériales. Napoléon était toujours accompagné d'un bureau topographique autonome dirigé par Bacler d'Albe, qui dressait des cartes manuscrites réservées à l'Empereur. Parmi celles-ci, une collection de quatre cent vingt-cinq feuilles au 1 : 100 000 formait ce qui fut appelé la « carte de l'Empereur », couvrant l'Europe du Rhin à la Dvina et de la Baltique au Tyrol, et dont de nombreux originaux furent perdus pendant la retraite de Russie. Les cartes étant considérées par l'Empereur comme une arme de guerre, la publication de la carte de Cassini fut retardée jusqu'en 1815, et les cartes, plans et cuivres gravés furent mis à l'abri lors de l'invasion de la France en 1814. Ce ne fut que sous la Restauration que certaines des cartes de l'époque impériale furent gravées sur cuivre au 1 : 100 000 : la carte de Bavière

²²³ Voir infra, partie 2, chapitre 1.

en dix-sept feuilles, la carte de Souabe en dix-huit feuilles, la carte des départements réunis en quinze feuilles couvrant les pays compris entre la France, les Pays-Bas et le Rhin.

De nombreuses cartes de sièges et de plans de bataille furent dressées au cours des campagnes à des échelles comprises entre le 1 : 10 000 et le 1 : 50 000, parfois plus grandes encore pour les places fortes, les échelles des cartes générales étant trop petites pour la conduite de la guerre. Sans courbe ni cote, ces cartes manuscrites strictement militaires présentaient pourtant une orographie relativement détaillée, ce qui permit aux graveurs employés par le Dépôt de la guerre d'acquérir, lors de la publication de certaines d'entre elles sous Louis-Philippe, une expérience qui se révéla cruciale pour la réalisation de la carte de France au 1 : 80 000.

Dans le domaine de la cartographie des régions montagneuses, la *Carte topographique des Alpes*, dressée au 1 : 200 000 pendant l'Empire par l'ingénieur géographe Raymond²²⁴, et la *Carte topographique de l'île de Corse*, dressée au 1 : 100 000 d'après les opérations géodésiques du colonel Tranchot et les levés du cadastre exécutés entre 1770 et 1791²²⁵, furent les deux seuls exemples de carte topographique suivant presque intégralement les prescriptions de la Commission de 1802. Toutes deux traitaient le relief en hachures rehaussées par un éclairage oblique, mais ne comportaient aucune cote d'altitude, ce qui souligne encore le problème délicat du nivellement – en particulier dans les régions élevées. Cette absence de technique de nivellement suffisamment efficace pour être utilisée lors de levés topographiques rapides explique le rôle central joué par la triangulation dans la géométrisation de la représentation du relief, d'autant plus qu'au début du 19^e siècle, les opérations géodésiques bénéficiaient de techniques matures développées par les ingénieurs géographes.

1.4. Des techniques géodésiques matures.

Au début du 19^e siècle, alors qu'un mode de représentation géométrique du relief venait à peine d'être formalisé et que les méthodes de levés topographiques reposaient encore essentiellement sur une interprétation figurative du terrain, la plupart des scientifiques et des cartographes s'accordaient pour affirmer que les méthodes et techniques géodésiques avaient atteint une véritable maturité et que leur « perfection » assurait la permanence des opérations de triangulation. Ce constat était certes trop définitif pour être accepté sans critique dans la perspective d'une approche historique, notamment parce qu'il reprenait à l'identique des arguments déjà avancés à l'époque de la description géométrique de la France exécutée par les Cassini, mais il témoignait de la volonté de fonder les travaux cartographiques sur des bases géodésiques. Les premières applications de la science géodésique à la cartographie remontaient aux travaux de Picard et des Cassini, même si certains cartographes – militaires bien sûr – jugeaient que la géodésie ne s'était formalisée qu'à la fin du 18^e siècle sous l'influence des travaux des ingénieurs géographes. Les méthodes et les instruments avaient effectivement connu des évolutions importantes dans la deuxième moitié de ce siècle, en particulier avec l'amélioration des procédés de fabrication encore artisanaux et la mise au point de nouveaux instruments, mais ces évolutions avaient

²²⁴ Elle fut publiée en douze feuilles par un éditeur suisse indépendant en 1820.

²²⁵ Elle ne fut publiée qu'en 1824, en quatre feuilles et quatre demi-feuilles, complétant la série cartographique napoléonienne commencée par Bacler d'Albe qui couvrait l'ensemble des Alpes françaises et l'Italie du Nord.

été provoquées essentiellement par les nouveaux besoins de la géodésie, ce qui me fait rejeter toute explication basée sur un déterminisme technique.

1.4.1. Le rôle fondateur des travaux de Picard et des Cassini.

1.4.1.1. La méthode géodésique des savants et des ingénieurs civils.

Bien que n'ayant pas été réalisés par les ingénieurs géographes, les travaux de la description géométrique de la France et de la carte de Cassini fixèrent un moment les méthodes et instruments employés pour les opérations géodésiques, et donc la référence à laquelle les ingénieurs géographes se comparèrent quand ils commencèrent à baser systématiquement leurs propres travaux sur des triangulations.

Le projet géodésique à l'origine de la carte de Cassini reposait sur une méthode et des instruments développés entre le 16^e et le 17^e siècle à la suite des travaux de Frisius sur la triangulation. Les opérateurs employaient essentiellement des quarts de cercle²²⁶ de différentes tailles. Les plus grands étaient plus précis mais aussi plus difficiles à manier et plus sensibles à la dilatation des métaux dans lesquels ils étaient fabriqués, ils ne furent donc utilisés que pour les mesures de la méridienne. Des modèles à plus petit rayon furent employés pour les mesures des chaînes perpendiculaires et parallèles à la méridienne, qui devaient souvent être exécutées depuis des fenêtres ou des clochers. Ces quarts de cercle étaient susceptibles d'être utilisés pour des opérations de nivellement, mais comme je l'ai déjà souligné, la carte de Cassini avait été conçue comme une représentation géométrique de la seule planimétrie, et les ingénieurs civils n'exécutaient aucune mesure d'angles zénithaux.

1.4.1.2. Une influence sous-estimée.

Les instruments de géodésie avaient connu de nombreux perfectionnements depuis le début du 17^e siècle qui permettaient d'atteindre des mesures d'angles à 10' près, mais ils restaient similaires dans leur principe à ceux employés dès la fin du 16^e siècle. Le premier graphomètre avait ainsi été construit en 1597 par le français Philippe Danfrie, et sa version réduite, le quart de cercle, peu après. Cette proximité favorisa une perception négative des travaux de Cassini et une certaine sous-estimation de leur influence parmi les savants et les cartographes du début du 19^e siècle. Entre 1814 et 1824, au moment des discussions sur le projet d'une nouvelle carte de France basée sur une nouvelle triangulation²²⁷, les méthodes et instruments employés pour la description géométrique de la France étaient généralement considérés comme presque primitifs. A la fin du 19^e siècle, le colonel Berthaut écrivait d'ailleurs que, « comme science, la géodésie n'existait pour ainsi dire pas, au temps de Cassini de Thury [et qu'] elle s'[était] créée de toutes pièces sous les ingénieurs géographes, dès qu'elle [avait] pu disposer des véritables instruments, du cercle répétiteur, du théodolite, des appareils de mesure des bases perfectionnés »²²⁸. Cependant, par l'ampleur des travaux menés pour la description géométrique de la France, et quel que soit le degré de

²²⁶ Le quart de cercle est une version réduite du graphomètre permettant de gagner en précision de lecture des angles, voir supra, partie 1, chapitre 1.1.1.2.

²²⁷ Voir infra, partie 1, chapitre 2.1.

²²⁸ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 170.

perfectionnement des instruments utilisés, Picard et les Cassini demeurent les véritables fondateurs de la géodésie en France, en particulier pour ses applications cartographiques.

1.4.2. Une idéologie du progrès marquée par le déterminisme technique.

La vision que les savants et cartographes du 19^e siècle avait des travaux de la carte de Cassini était fortement modelée par leur approche positiviste du progrès scientifique et technique. La nécessité de réaliser une nouvelle triangulation comme base à une nouvelle carte de France était systématiquement justifiée par le développement de nouvelles techniques décrites comme non seulement plus précises, mais aussi parfaites et donc susceptibles de donner des résultats pérennes. Le projet rédigé par Bacler d'Albe en 1814 était particulièrement éloquent sur ce point, affirmant « la supériorité des nouvelles méthodes sur les anciennes, et leur perfection, qui [semblait] avoir atteint aux limites du possible » et décrétant qu'« il [était] donc vrai de dire que l'art de la géodésie [avait] fait depuis ces derniers temps de rapides progrès et qu'il [pouvait] être considéré en ce moment comme fixé... »²²⁹.

Cette conception définitive du progrès technique n'envisageait jamais de progrès postérieur susceptible de rendre caduc la « perfection » des méthodes défendues. Bien qu'elle ait sans doute été instrumentalisée dans un discours construit pour convaincre les décideurs, je pense qu'elle témoignait d'une idéologie du progrès profondément marquée par le déterminisme technique. Dans tous les textes que j'ai pu consulter, y compris les œuvres historiques plus tardives du colonel Berthaut ou de Georges Alinhac, les évolutions de la cartographie sont systématiquement présentées comme la conséquence directe de l'apparition de nouvelles techniques « supérieures » à celles précédemment employées. Ce déterminisme s'inscrit d'ailleurs parfaitement dans le paradigme de la cartographie scientifique qui postule que le progrès des techniques de mesure permet l'augmentation de la précision de la représentation cartographique, c'est-à-dire qu'il en est en quelque sorte la base et le moteur.

Cette idéologie du progrès technique me semble d'autant plus profondément partagée par les différents acteurs de la cartographie que les argumentations pour les différents projets de triangulations et de cartes nationales se font écho. Les opérateurs de Cassini ne considéraient pas que leurs instruments étaient primitifs, mais au contraire ils pensaient que le degré de perfectionnement atteint par ces instruments justifiait en partie leurs travaux. L'argument est moins évident pour la description géométrique de la France puisque aucune œuvre identique n'existait avant elle, mais les premiers travaux de Picard avait très explicitement été entrepris parce que de nouveaux instruments, fruits des progrès des techniques de fabrication, permettaient d'effectuer des mesures plus précises, que certains prévoient même définitives, pour la détermination des formes et dimensions de la Terre. Malgré les erreurs décelées plus tard dans les mesures de Picard et corrigées en 1739-1740 par Jacques Cassini et Maraldi, la « perfection » de la première triangulation de la France fut systématiquement vantée par les scientifiques contemporains, et elle assura d'ailleurs un prestige certain à la France.

Au début du 19^e siècle, le projet d'une nouvelle triangulation de la France reprenait exactement les mêmes arguments, comme le texte de Bacler d'Albe le souligne très clairement. Je ne cherche pas à nier ici l'évolution considérable des méthodes et des instruments de la géodésie au cours du 18^e siècle, mais à montrer l'idéologie du

²²⁹ Projet reproduit dans : *Ibid.*, p. 174-175.

progrès technique généralement partagée dans le domaine de la cartographie. Je pense d'ailleurs que cette idéologie a fortement modelé le discours sur l'évolution des techniques géodésiques, qui doit être critiqué et déconstruit.

1.4.3. L'évolution des méthodes et instruments géodésiques.

La géodésie connut effectivement des évolutions majeures pendant la période qui sépare la fin des travaux de la carte de Cassini en 1789 et les premiers projets pour une nouvelle carte de France entre 1814 et 1817. De nouvelles méthodes et de nouveaux instruments furent développés principalement en France, en Allemagne et en Angleterre. Une partie fut adoptée, appliquée et formalisée par les ingénieurs géographes dans un contexte de travail intensif lié aux guerres et à l'expansion territoriale française pendant les périodes de la Révolution et de l'Empire. L'étude de ces changements techniques met en valeur la primauté des considérations méthodologiques sur les réalisations techniques et confirme mon hypothèse qu'une évolution en dehors de tout déterminisme technique.

1.4.3.1. Les conditions proto-industrielles de fabrication des instruments.

Entre le 16^e et le 18^e siècle, la fabrication des instruments géodésiques était caractérisée par une pratique encore majoritairement artisanale qui limitait singulièrement les possibilités d'amélioration de leur précision. Le talent de l'artisan restait la meilleure assurance d'un instrument précis, sans qu'il puisse limiter complètement les défauts de fabrication qui interféraient sur la qualité des mesures : jeu des éléments entre eux, frottements, action de la pesanteur sur les cercles verticaux, etc. Mais au cours du 18^e siècle se mirent en place des stratégies d'amélioration basées sur une réflexion scientifique ou technique qui modifièrent peu à peu les conditions de fabrication et aboutirent à un système que l'on peut qualifier de proto-industriel. Les instruments n'étaient pas pour autant produits en série, et il arrivait souvent qu'un même fabricant adopte des perfectionnements différents pour chacun des instruments qu'il réalisait. Dans son étude sur la carte de France, le colonel Berthaut désigne d'ailleurs les instruments utilisés au Dépôt de la guerre par le nom de leur fabricant et l'année de leur fabrication, chaque modèle présentant des caractéristiques différentes.

Depuis le 16^e siècle, la conception de ces instruments était confrontée à deux problèmes fondamentaux dans la fabrication des cercles de métal qui servaient aux mesures angulaires : la variation de la taille des cercles liées à la dilatation des métaux et la précision des divisions inscrites sur ces cercles.

Pour la variation de la taille, aucune solution technique ne fut trouvée avant le 19^e siècle pour modifier la qualité même des métaux et réduire leur dilatation. D'ingénieux systèmes d'estimation de cette dilatation furent mis au point, mais ils ne pouvaient être adaptés qu'aux règles servant à mesurer les bases, qui étaient construites en métal depuis environ 1740, à l'image des règles bimétalliques conçues par Borda pour la mesure des bases de la méridienne de Dunkerque en 1792²³⁰. Ces dernières étaient constituées de deux règles de taille et de métal différents, l'une en platine, l'autre plus petite en cuivre, emboîtées dans un châssis de bois. Les corrections de dilatation pouvaient être déduites à partir de la comparaison des tailles relatives des règles avec des résultats d'expérimentations menées lors de leur conception. D'autres systèmes similaires furent employés en Europe, sauf en Angleterre où fut préféré l'emploi de règles tubulaires en verre, insensibles à la dilatation mais plus fragiles. Pour les appareils de mesure angulaire, le problème de la dilatation ne

²³⁰ Voir infra, partie 1, chapitre 2.1.1.2.

pouvait à l'époque être maîtrisé que par la réduction des dimensions. Mais plus les cercles employés étaient petits, plus une lecture précise des mesures était nécessaire, ce qui posait de façon plus aiguë le problème de la gravure des divisions.

Divers perfectionnements avaient permis de faciliter la lecture des mesures, en particulier l'adjonction de verniers aux limbes²³¹, mais aucun moyen n'avait été trouvé pour atténuer les défauts liés à l'irrégularité de la division des limbes. Pour résoudre ce problème, deux solutions radicalement différentes furent adoptées, l'une technique, l'autre méthodologique. La première constituait un début d'industrialisation de la fabrication des instruments. L'opticien anglais Ramsden avait en effet mis au point une machine à diviser les cercles qui permettait d'améliorer sensiblement la gravure des traits de graduation et donc de réduire la taille des cercles utilisés sans sacrifier à la précision de lecture des mesures. Non seulement la diminution des dimensions facilitait le transport de l'instrument, mais elle limitait fortement les erreurs liées à la dilatation des métaux et aux défauts d'équilibre des différentes parties. La deuxième solution consistait en une modification de la méthode de mesure basée sur la répétition.

1.4.3.2. La méthode de la répétition.

La méthode de la répétition fut rapidement utilisée par les ingénieurs géographes français qui ne disposaient pas toujours d'instruments aussi bien gradués que ceux fabriqués par le constructeur anglais Ramsden. Son principe avait été formulé par l'astronome allemand Tobie Mayer et publié pour la première fois en 1752 dans les mémoires de l'Académie de Göttingue. Il consistait à porter plusieurs fois et sans discontinuité la mesure d'un angle sur un cercle divisé, puis à diviser la lecture finale par le nombre de mesures portées : les erreurs de division et de lecture étaient ainsi atténuées, divisées par le nombre de fois que l'angle avait été répété. Les résultats n'étaient pas aussi bons que la théorie le supposait, des problèmes de construction interférant encore sur la qualité des mesures, mais la méthode de répétition permettait une amélioration très sensible. Elle nécessitait toutefois l'emploi de limbes comprenant un cercle entier pour pouvoir accumuler plusieurs mesures sur le cercle. Elle ne pouvait donc pas être pratiquée avec les anciens instruments : il fallut en concevoir de nouveaux.

Le cercle répéteur fut le premier instrument mis au point pour utiliser la méthode de la répétition. Il dérivait directement du graphomètre et du quart de cercle. Un premier modèle de grande dimension fut construit par Borda pour l'Observatoire de Paris, avec un diamètre de trois pieds. Pour les opérations sur la méridienne de Dunkerque, Delambre utilisa un modèle perfectionné fabriqué par Lenoir, qui disposait de quatre verniers au lieu de deux afin d'utiliser, en plus de la répétition, la moyenne de quatre indications pour atténuer encore davantage les erreurs de lectures et de centrage. Je pense que l'évolution du cercle répéteur est un parfait exemple de perfectionnement linéaire par l'usage : conçu pour tirer parti d'une nouvelle méthode, l'instrument fut perfectionné pour répondre aux besoins pratiques et atteignit rapidement une complexification telle qu'elle rendit son utilisation difficile.

L'emploi du cercle répéteur était particulièrement délicate pour deux raisons. Premièrement, il réclamait des manœuvres précises et fatigantes que la moindre erreur obligeait à recommencer entièrement. Deuxièmement, tout comme le graphomètre dont il dérivait, le cercle répéteur nécessitait de réduire à l'horizon les angles de position quand

²³¹ Le *vernier* est un dispositif inventé au début du 17^e siècle par le mathématicien français du même nom, permettant à l'aide d'un curseur mobile de déterminer précisément et facilement les subdivisions d'une graduation. Le *limbe* est le bord gradué du cercle.

la différence d'altitude entre les points visés était importante, parce que, la lunette de visée se trouvant sur le cercle même, la mesure se faisait avec le cercle incliné et ne correspondait pas à l'angle horizontal qu'on cherchait à mesurer. La réduction à l'horizon était une opération délicate, qui exigeait la mesure d'un angle zénithal avec des instruments peu adaptés et dont les traités de topographie du 17^e siècle soulignaient déjà la difficulté. Le souhait d'un instrument permettant d'éviter cette opération fastidieuse étant souvent exprimé, les opticiens et fabricants d'instruments menèrent des recherches qui aboutirent à la fin du 18^e siècle à la conception du théodolite.

1.4.3.3. Le théodolite, instrument géodésique fondamental du 19^e siècle.

Comme de nombreux instruments géodésiques, le théodolite²³² dérivait d'un instrument d'astronomie. Son principe fut décrit d'ailleurs décrit dans le traité d'astronomie classique d'Herschel²³³ comme une simplification de l'instrument astronomique qu'il appelait « altitude and azimuth », spécialement adaptée à la mesure des angles horizontaux entre les objets terrestres sans nécessiter de réduction à l'horizon. Les premiers théodolites construits par Ramsden ou Lenoir pour les travaux géodésiques ne disposaient que d'un cercle unique horizontal et ne se prêtaient pas à la répétition. Ils ne furent que peu utilisés en France où l'emploi du théodolite se développa surtout à partir du début du 19^e siècle, à l'exception de la triangulation de la Corse entre 1770 et 1791 pour laquelle l'ingénieur géographe Tranchot aurait employé un quart de cercle modifié de manière à servir de théodolite – mais les rares sources ne permettent pas de l'affirmer. Les théodolites répéteurs à cercle unique conçus au tournant du 19^e siècle ne furent aussi que peu employés par les ingénieurs géographes. Ils permettaient des mesures d'angles horizontaux beaucoup plus rapides que les cercles répéteurs, mais ils exigeaient une manœuvre complexe pour changer l'axe du cercle afin de mesurer les angles zénithaux.

D'une façon générale, les ingénieurs géographes privilégiaient l'emploi des cercles répéteurs de Borda quand ils disposaient de temps (triangulation de la Suisse par le colonel Henry, triangulation du Mont Blanc et du Lac Léman par Nouet, triangulation de la Bavière par Bonne, triangulation de 1^e et 2^e ordre pour la carte des Départements Réunis par Tranchot) ou quand il s'agissait d'opérations primordiales (triangulation de 1^{er} ordre de la France)²³⁴. Ils n'utilisaient d'autres instruments, comme les sextants ou les théodolites non répéteurs, que pour les travaux rapides, notamment au cours des campagnes militaires comme pour la triangulation de la Souabe en 1800²³⁵. Ils jugeaient que des problèmes de conception, notamment dans la manipulation, empêchaient aux théodolites d' « offrir les

²³² Bien qu'utilisé dès le début du 18^e siècle pour désigner des graphomètres à cercle entier (alors que le graphomètre était à l'origine doté d'un demi-cercle), le terme « théodolite » fut rapidement réservé au type d'instruments qui permet de mesurer les deux angles zénithal (vertical) et azimutal (horizontal) qui définissent une direction.

²³³ HERSCHEL Sir John F. W. *A Treatise on Astronomy*. Londres : Longman, 1833.

²³⁴ Voir infra, partie 1, chapitres 3.1 et 4.1.

²³⁵ Sur les travaux géodésiques des ingénieurs géographes sous l'Empire, voir : BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*.

T.1. *Op. cit.*, p. 115-135.

mêmes garanties d'exactitude que le cercle répétiteur »²³⁶. Mais la principale raison de leur désaffection des théodolites à cercle unique était sans doute les difficultés pratiques posées par ces instruments pour les opérations de nivellement que la Commission de 1802 avait imposées dans les travaux géodésiques pour appuyer une représentation plus géométrique du relief.

L'emploi du théodolite ne se diffusa en France qu'après le développement des premiers théodolites répétiteurs à deux cercles au cours des années 1820. Sur la base de l'instrument complet de Ramsden, fabriqué à l'origine pour l'astronomie, le principe de la répétition avait été appliqué aux mesures des angles horizontaux et des distances zénithales qui se faisaient sur deux cercles distincts. N'ayant plus besoin de basculer le cercle d'un axe à l'autre, l'opérateur gagnait ainsi en rapidité, mais aussi en précision, la limitation des mouvements évitant les possibilités de dérèglement et de déséquilibre. Ce type de théodolite fut rapidement adopté par les ingénieurs géographes pour les opérations de 2^e et 3^e ordres de la nouvelle description géométrique de la France.

1.4.4. Un déterminisme scientifique fondamental.

Les acteurs de la cartographie des 18^e et 19^e siècles, et à leur suite la plupart des historiens de la cartographie, envisageaient l'évolution des méthodes cartographiques comme principalement déterminée par l'évolution technique des instruments. Berthaut exprimait clairement cette position quand il affirmait que « les perfectionnements introduits dans les instruments [avaient permis] de porter à un plus haut degré de précision les méthodes et les calculs »²³⁷. Il soutenait un déterminisme technique selon lequel c'était l'apparition de nouveaux instruments qui motivaient l'évolution des méthodes.

Je pense au contraire que l'évolution technique des instruments géodésiques au 18^e et 19^e siècle fut essentiellement marquée par des déterminants scientifiques et pratiques. Par exemple, l'emploi préférentiel du cercle répétiteur de Borda plutôt que des théodolites à cercle unique fut toujours justifié au niveau scientifique par des préoccupations de précision des mesures. Au niveau pratique, le souci de la transportabilité de l'instrument et de la rapidité des mesures n'était pas négligé, mais les préoccupations scientifiques s'imposaient toujours quand le temps le permettait. L'importance de ce déterminant scientifique s'accorde d'ailleurs avec la primauté des considérations scientifiques dans la géodésie depuis la fondation de l'Académie des sciences.

La chronologie du développement des méthodes et du perfectionnement des instruments souligne l'antériorité systématique de la conception des méthodes. Si les nouvelles tables de calcul n'étaient effectivement publiées qu'après l'apparition des perfectionnements instrumentaux, c'était bien évidemment parce qu'elles n'auraient été d'aucune utilité auparavant ; mais les méthodes de mesure et de calculs existaient toujours avant la réalisation des instruments les exploitant. La mise au point de ces instruments s'inscrivait très clairement dans une véritable recherche technologique qui justifie la qualification de « proto-industrielle » que j'ai donnée à leur fabrication à partir de la fin du 18^e siècle. Par exemple, le cercle répétiteur fut conçu pour permettre l'exploitation de la

²³⁶ PEYTIER Colonel. Notes sur les opérations géodésiques. *Mémorial du Dépôt de la guerre*. T.IX. Paris :Ch. Picquet, 1853,

p. 400.

²³⁷ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 114.

méthode de la répétition qui palliait aux défauts de construction des instruments. De la même façon, le développement du théodolite géodésique se fit sous la pression d'une demande pratique pour éviter la réduction des angles à l'horizon et d'une évolution conceptuelle de la cartographie qui commençait à se soucier d'une représentation plus géométrique du relief basée sur des opérations de nivellement.

Contrairement à ce qui était généralement avancé pour justifier l'entreprise de nouveaux travaux, ce n'était pas l'apparition de nouvelles techniques qui rendait possible ces travaux, mais bien au contraire une recherche méthodologique menée dans la perspective de tels travaux qui débouchait sur des innovations technologiques. Loin d'un déterminisme technique, je pense donc que l'évolution de la cartographie et de la géodésie entre la fin du 17^e et le début du 19^e siècle fut en fait gouvernée par un véritable déterminisme scientifique, dont l'influence et l'importance s'expliquent essentiellement par la primauté des préoccupations scientifiques dans le domaine de la géodésie appliquée à la cartographie, pendant la même période.

Selon moi, ce déterminisme scientifique fondamental explique également la disparité entre des méthodes géodésiques matures et des méthodes topographiques encore peu formalisées. La conclusion évidente qui consisterait à dire que la géométrisation de la représentation du relief initiée par la Commission de topographie de 1802 se développa dans une dépendance totale des opérations géodésiques parce que les techniques géodésiques étaient plus développées ou en avance sur les techniques topographiques, notamment dans le domaine du nivellement, ne m'apparaît absolument pas pertinente. Au contraire, je dirai que la formalisation supérieure des techniques géodésiques par rapport aux techniques topographiques procédaient essentiellement de la domination des préoccupations scientifiques, stimulant et soutenant la recherche technologique dans le seul domaine de la géodésie qui intéressait les savants. La lutte d'influence qui opposa scientifiques et militaires autour des projets d'une nouvelle carte de France en est une parfaite illustration.

Conclusion

Au cours du 17^e siècle s'affirma un paradigme de la cartographie scientifique basé sur la mesure du terrain. Les fondements instrumentaux de cette cartographie scientifique reposaient essentiellement sur les méthodes de triangulation, développées au 15^e siècle en Italie dans une perspective architecturale et au 16^e siècle au Pays-Bas dans une perspective cartographique et astronomique. A partir de la fin du 17^e siècle, la cartographie européenne fut dominée par les préoccupations scientifiques qui voyaient dans les premières entreprises de triangulation couvrant un territoire national un élément crucial dans la résolution du problème central pour l'astronomie de l'époque des dimensions et de la forme de la Terre. La réalisation difficile de la première triangulation générale et de la première carte géométrique de la France, sous la direction de la dynastie des Cassini, illustre parfaitement l'opposition entre les préoccupations scientifiques et administratives dans le domaine cartographique.

L'intérêt pour une représentation cartographique détaillée du relief, c'est-à-dire pour une cartographie véritablement topographique, se développa dans le domaine militaire de façon d'abord indépendante de l'essor de la cartographie géométrique. Ce ne fut

que dans la deuxième moitié du 18^e siècle que les ingénieurs géographes militaires se virent obligés d'appuyer leurs réalisations sur des triangulations générales rattachées à la description géométrique de la France exécutée par les Cassini, ce qui donna naissance à une opposition durable entre les ingénieurs cartographes militaires et civils. La convergence des préoccupations topographiques et géodésiques aboutit en 1802 à la formalisation des méthodes cartographiques et en particulier d'une représentation plus géométrique du relief, basée sur des opérations de nivellement et sur une représentation graphique en hachures délimitées par des courbes de niveau approximatives. Mais l'influence dominante des scientifiques sur la cartographie avait favorisé le développement des méthodes géodésiques sur celui des méthodes topographiques. La géométrisation de la représentation du relief se fonda donc exclusivement sur un nivellement géodésique alors que les opérations topographiques conservaient une part fondamentale d'interprétation figurative du terrain.

Vers la fin de l'Empire, alors que la publication de la carte de Cassini s'achevait à peine, apparurent les premiers projets d'une nouvelle carte de France basée sur une nouvelle triangulation générale du territoire. Si la carte devait surtout répondre aux nouveaux besoins des militaires et de l'administration, la triangulation s'inscrivait également dans les nouveaux projets géodésiques des scientifiques. Une véritable lutte d'influence s'instaura alors entre les savants et les militaires, partisans d'une cartographie radicalement différente, alors que la professionnalisation du corps des ingénieurs géographes apportait aux militaires un atout supplémentaire, même s'il peinait à être reconnu par les pouvoirs publics.

Chapitre 2. Des savants aux militaires, une autorité cartographique en quête de légitimité.

Dans le domaine de la cartographie topographique, le 19^e siècle fut marqué par la conception et la réalisation d'une nouvelle carte de France, véritablement topographique, à l'échelle du 1 : 80 000 et basée sur une nouvelle triangulation du territoire national. Mutation majeure et œuvre colossale, elle s'inscrivait dans un contexte institutionnel sensiblement différent de celui du 18^e siècle. L'opposition ancienne entre la cartographie militaire incarnée par les ingénieurs géographes et la cartographie civile dominée par les préoccupations scientifiques de l'Académie des sciences prit une forme nouvelle au sein d'un rapprochement qui se transforma en une véritable lutte d'influence pour la définition des spécifications de la nouvelle carte. Les besoins cartographiques considérables de l'Empire avaient favorisé l'organisation et la professionnalisation du corps des ingénieurs géographes, mais celui-ci se trouvait toujours confronté à des problèmes de légitimité face au corps plus important du Génie et à une administration qui ne reconnaissait pas la spécificité du travail cartographique. Le Dépôt de la guerre lui-même avait connu un développement important, mais, malgré quelques tentatives sporadiques, il n'arrivait pas à imposer l'autonomie du travail cartographique et éprouvait des difficultés à conserver les allocations budgétaires nécessaires à l'avancée de la carte de France.

2.1. La lutte d'influence pour les spécifications de la nouvelle carte de France, 1802-1824.

Le territoire français n'avait fait l'objet d'aucun projet cartographique important entre la fin des levés de la carte de Cassini en 1789 et la Restauration. Sous l'Empire, les nombreux travaux cartographiques n'avaient concerné que les pays annexés et l'extension de la carte de Cassini aux régions limitrophes (carte des départements réunis). La publication des dernières feuilles de la carte de Cassini avait été retardée par Napoléon pour des raisons stratégiques, mais l'absence d'une carte détaillée de la France s'était faite cruellement sentir lorsque la guerre avait touché le territoire français entre 1813 et 1815. La carte de Cassini achevait à peine d'être dressée et finalement publiée, mais la situation était propice pour la formulation d'un nouveau projet de carte de France qui soit véritablement topographique et adapté aux besoins militaires. La place donnée dans les premiers projets aux préoccupations scientifiques et administratives révélait aussi l'évolution des besoins cartographiques dans d'autres domaines et la nécessité de justifier l'ampleur des travaux en dehors de la seule sphère militaire. La multiplicité des besoins et des points de vue provoqua une véritable lutte d'influence pour la définition des spécifications de la carte, dont les militaires sortirent certes « vainqueurs », mais sans diminuer la place prépondérante occupée par la géodésie dans la conception générale du projet.

2.1.1. L'inadaptation de la carte de Cassini aux nouveaux besoins scientifiques, militaires et administratifs.

2.1.1.1. La désuétude de la carte de Cassini.

La cartographie topographique moderne et ses projets pharaoniques de couverture du territoire à grande échelle sont à l'origine d'un paradoxe, amplifié par l'accélération de l'évolution technique du 18^e siècle à nos jours : avant même leur achèvement, les cartes nationales se trouvaient critiquées pour leur désuétude, soit pour le contenu difficilement mis à jour, soit pour les techniques de levé ou de représentation utilisées. La carte de Cassini était la première carte couvrant le territoire d'une nation à grande échelle, elle fut aussi le premier exemple de ce paradoxe. Son directeur Cassini de Thury avait pourtant fait des choix radicaux afin d'en assurer la pérennité en tant qu'outil d'administration, en optant pour une représentation purement géométrique et non topographique du territoire, excluant également le réseau secondaire des voies de communication soumis à des variations que le coût et la lenteur des révisions ne permettaient pas de refléter sur la carte. Des critiques contemporaines des premières publications de feuilles avaient déjà souligné l'impopularité de ces choix, mais ce furent les besoins administratifs et militaires de la Révolution et de l'Empire qui firent naître les premiers projets d'une nouvelle Carte de France mieux adaptée aux nouveaux besoins, alors que les levés de la carte de Cassini venaient à peine de s'achever en 1789 et que toutes les feuilles n'étaient pas encore publiées.

2.1.1.2. Les premières formulations du besoin d'une nouvelle carte de France.

L'idée d'une nouvelle carte de France apparut donc plus ou moins explicitement pendant la Révolution dans les trois milieux administratif, scientifique et militaire. Au sein de l'administration, la refonte complète du système fiscal sur la base des contributions foncières avait nécessité l'entreprise d'un cadastre général en 1791. La possibilité de dresser une carte générale de la France à partir des levés cadastraux fut soulevée : sans application concrète, l'idée perdura cependant pour se retrouver dans les projets postérieurs.

Dans la communauté scientifique, l'idée d'une nouvelle carte était encore moins clairement exprimée. Comme pour la carte de Cassini un siècle plus tôt, elle découlait de travaux de géodésie censés en fournir l'armature. La Commission des poids et mesure avait en effet fixé en 1790 une nouvelle unité de mesure égale à un dix millionième du quart d'un méridien : le mètre. Pour le déterminer le plus précisément possible, une nouvelle méridienne, dite de Dunkerque, fut mesurée à partir de 1792 par Delambre et Méchain²³⁸. Dans l'esprit de ses promoteurs, la méridienne pouvait devenir la base d'une nouvelle triangulation qui servirait à dresser une nouvelle carte.

Parallèlement, la carte de Cassini était achevée et revue par le Dépôt de la guerre, principalement au niveau des données administratives et des voies de communication, sans être toutefois publiée dans son intégralité. Les militaires, en particulier Bonaparte, considéraient la carte comme une arme de guerre et connaissaient trop bien le bénéfice qu'ils avaient tiré des travaux cartographiques saisis dans les pays annexés – notamment en Italie – pour en mettre trop facilement à la disposition des armées étrangères. Mais en même temps ils exprimaient le besoin d'une véritable carte topographique couvrant le territoire français, qui puisse être utilisée par les commandements pour mener des campagnes militaires dans le cas où la guerre se propagerait sur le sol national.

2.1.1.3. L'impossible refonte de la carte de Cassini.

Toutes ces propositions plus ou moins explicites en faveur de la réalisation d'une nouvelle carte de France condamnaient non seulement l'inactualité de la carte de Cassini, mais surtout la nature même des informations qu'elle contenait. Les militaires lui reprochaient ainsi son absence d'information topographique. Les scientifiques, en formulant la possibilité de réaliser une triangulation plus précise sur la base de nouvelles techniques, remettaient directement en cause les fondations sur lesquelles la carte avait été construite. Les administrations elles-mêmes, pour lesquelles le contenu planimétrique de la carte était le mieux adapté, n'évoquaient jamais la mise à jour de la carte pour y inclure les données issues des levés cadastraux à venir : tant qu'à effectuer ces levés, pourquoi ne pas envisager d'en tirer une carte entièrement nouvelle ?

D'une façon générale, la mise à jour de la carte de Cassini n'était que rarement envisagée, si ce n'était dans l'idée d'une *refonte* – ce qui est radicalement différent d'une

²³⁹ *révision* – rapidement jugée impossible. La transformation profonde de la carte commencée en 1812 pour l'adapter au nouveau système métrique et assurer la révision partielle du réseau des voies de communication avait révélé le degré d'usure des planches originales, occasionné par le nombre même limité de tirages effectués. Les planches ne pourraient bientôt plus être révisées et divers rapports soulignaient le coût élevé d'une refonte complète qui ne pourrait de toute façon pas changer les choix de base adoptés pour la carte.

2.1.1.4. Une conception fixiste de la cartographie.

²³⁸ Sur la méridienne de Dunkerque, voir : *Ibid.*, p. 119-126.

²³⁹ L'acception des termes liés à l'actualité d'une carte a bien évidemment évoluée, mais d'une façon générale, une *mise à jour* désigne des changements mineurs sans modification du fonds topographique, une *révision* des changements importants comportant des modifications du fonds topographique, et une *réfection* ou *refonte* la reprise complète de la rédaction de la carte, généralement à partir de nouveaux levés.

Bien que l'évolution des méthodes et des besoins joue un rôle fondamental dans l'apparition des projets d'une nouvelle carte de France, je pense qu'il ne faut pas sous-estimer l'influence d'une conception de la cartographie que je qualifierai de *fixiste* : une carte représentait un territoire à un moment donné, c'est-à-dire une vision figée de ce territoire pour laquelle les contemporains ne concevaient pas vraiment l'éventualité d'une actualisation. Les choix opérés par Cassini pour assurer la pérennité de sa carte illustraient parfaitement cette conception, tout comme l'absence de considération pour l'intégration des données cadastrales dans cette carte ou pour une nouvelle gravure des planches révisées, ne serait-ce que pour en rejeter l'idée en raison du coût. La carte de Cassini avait été conçue avant tout comme une œuvre de prestige visant à montrer l'avancée de la science française et constituait donc un témoignage figé du passé.

Il me semble d'ailleurs particulièrement révélateur de cette conception fixiste de la cartographie que le Dépôt de la guerre, l'organisme de cartographie militaire qui gérait la carte de Cassini depuis 1793, ait été créé à l'origine pour réunir des archives historiques sur les campagnes militaires. Jusqu'au 19^e siècle, ses activités cartographiques participaient encore essentiellement de cet objectif. Les cartes chorographiques portaient par exemple le nom de « théâtre » et représentaient autant une région qu'un événement historique. Jusqu'aux années 1870, la partie archivistique et historique des activités du Dépôt de la guerre ne fut d'ailleurs jamais véritablement séparée de la partie cartographique²⁴⁰.

Quelles qu'en fussent les raisons, nouveaux besoins ou nouvelles méthodes disponibles, les premiers projets d'une nouvelle carte de France entraient également dans cette conception fixiste de la cartographie en refusant de considérer sérieusement une révision ou refonte de la carte de Cassini. Ils ne faisaient que proposer la réalisation de ce qui n'était finalement qu'un nouveau « théâtre » ou « tableau » de la France, une représentation figée de son état à un moment donné.

2.1.2. Les premiers projets militaires pour une nouvelle carte de France, 1808-1816.

2.1.2.1. Entre prédominance des besoins militaires et ouverture aux préoccupations scientifiques.

La convergence de la nécessité d'un nouveau tableau administratif de la France, des besoins militaires soulignés par une décennie de guerres, et de la formalisation des méthodes cartographiques par la Commission de topographie 1802, créait une dynamique complexe en faveur de la réalisation d'une nouvelle carte de France. Cependant, les besoins et les intérêts militaires se trouvaient dans une situation prédominante, favorisée par le contrôle militaire de toute la production cartographie officielle. En effet, depuis le 12 novembre 1793, le Comité de salut public avait placé la carte de Cassini sous l'autorité du Dépôt de la guerre. A l'exception d'un court intermède entre le 11 mai 1797 et le 9 juin 1798 pendant lequel la carte de Cassini avait dépendu du ministère de l'Intérieur, la mainmise des militaires sur la cartographie officielle était totale.

Pourtant, les premiers projets pour une nouvelle carte de France ne rejetaient pas complètement les positions des scientifiques et des administrations. Je suppose que cette ouverture participait d'un certain pragmatisme de la part des autorités militaires, qui devaient concevoir que le lancement d'une entreprise aussi longue et coûteuse nécessitait de rallier le plus de soutien possible. Le comportement du Dépôt de la guerre dans les débats sur les

²⁴⁰ Voir infra, partie 2, chapitre 3.1.2.

spécifications de la carte de France, que je présenterai plus loin, fut assez révélateur de son attachement opportuniste et précaire aux positions scientifiques. Mais l'adoption presque intégrale par les ingénieurs géographes des méthodes prônée par la Commission de topographie de 1802, y compris dans la place dominante faite à la géodésie – avec quelques adaptations de circonstance pendant les campagnes militaires –, montrait cependant une certaine proximité entre les préoccupations des scientifiques et des militaires. Dans son étude de la formation des ingénieurs géographes, Patrice Bret souligne d'ailleurs une orientation de plus en plus scientifique qui se traduisait par un rapprochement entre la communauté des savants et le corps des ingénieurs géographes²⁴¹.

2.1.2.2. Les premiers projets élaborés sous l'Empire.

Au-delà des propositions plus ou moins explicites de la période révolutionnaire, les premiers projets élaborés pour une nouvelle carte de France datent de l'Empire. En réponse directe à un ordre donné par Napoléon le 6 février 1808, le colonel Bonne, du corps des ingénieurs géographes, présenta un projet dans lequel il rejetait l'idée ancienne, déjà proposée à l'époque de Cassini, de réaliser une carte générale à partir des documents existants en les appuyant sur quelques nouvelles mesures. Il se prononçait au contraire pour un travail entièrement original, strictement basé sur les recommandations de la Commission de topographie de 1802. Mais les campagnes européennes, qui monopolisèrent une grande part des ressources de l'Etat et notamment les ingénieurs géographes, empêchèrent l'étude détaillée et la mise en œuvre du projet.

En 1814, quand Bacler d'Albe, alors directeur du Dépôt de la guerre, reprit et compléta le projet de Bonne, il proposa d'autant plus naturellement d'établir le canevas géodésique de la carte de France à partir de la méridienne de Dunkerque que son argumentation pour la nécessité d'une nouvelle carte reposait en partie sur les progrès de la géodésie – qu'il illustrait justement par la supériorité de la mesure de cette méridienne sur celle de Cassini. Pour le reste, son projet encore assez général se conformait aux besoins militaires en adoptant l'échelle du 1 : 100 000 pour la gravure, utilisée par le Dépôt pour la plupart de ces cartes, et du 1 : 50 000 pour les levés, en accord avec les principes de la Commission de 1802 qui voulaient que les levés soient exécutés à une échelle au moins deux fois supérieure à la gravure. Mais les événements politiques de 1814-1815 empêchèrent le développement de ces propositions.

2.1.2.3. L'acceptation du projet de Brossier.

En 1816, le colonel Brossier, aidé du commandant Denaix, rédigea un troisième projet à l'intention du nouveau directeur du Dépôt de la guerre, le comte d'Ecquevilly²⁴². Selon moi, plus que d'un programme détaillé, il s'agissait d'un plaidoyer pour la nécessité d'une nouvelle carte de France, reprenant les critiques traditionnelles faites à la carte de Cassini et la position des scientifiques qui voulaient réaliser une nouvelle triangulation de la France à partir de la méridienne de Dunkerque. Sa principale originalité était d'intégrer des idées déjà formulées par l'administration pendant la Révolution, en envisageant le travail sous une forme nouvelle de collaboration avec les levés du cadastre. Pour la première fois surtout, il énonçait l'idée d'une organisation centralisée au sein d'une direction qui réunirait tous

²⁴¹ Entre autres signes révélateurs, l'ingénieur géographe Louis Puissant, professeur de mathématiques à l'école d'application du Dépôt de la guerre, fut élu au siège de Laplace à l'Académie des sciences le 3 novembre 1828. BRET Patrice. *Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830)*. *Op. cit.*

²⁴² Publié *in extenso* dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 175-183.

les organismes cartographiques. Il proposait ainsi une exécution rationalisée, donc moins coûteuse, et défendait la nécessité de la nouvelle carte en l'inscrivant dans un plus large spectre de besoins.

Cette conciliation des propositions faites par les différentes sphères intéressées assura le succès rapide du projet. Il reçut un soutien naturel des militaires : le capitaine Lapie, chef du cabinet topographique particulier du Roi, appuya la communication d'un rapport résumé au ministre de la Guerre le 14 octobre 1816. Illustre représentant des scientifiques, Laplace soutint à son tour le projet en prononçant un discours en faveur de la réalisation de la nouvelle triangulation devant la Chambre de Paris, le 21 mars 1817 : dans son éloquence, il regrettait que le cadastre n'ait pas été basé sur un tel travail et demandait la formation d'une commission afin d'éclairer le gouvernement²⁴³. L'administration manifesta également son vif intérêt : une ordonnance royale du 11 juin 1817 prescrivit la formation d'une commission sur le projet d'une nouvelle carte de France.

Mais la conjonction des besoins exprimés à travers ces soutiens ne dura que le temps de l'acceptation de principe du projet, suivie rapidement par une véritable lutte d'influence entre militaires, scientifiques et administrations pour la définition des spécifications de la nouvelle carte de France.

2.1.3. De la commission de 1817 à l'ordonnance de 1824, lutte pour les spécifications de la carte de France.

2.1.3.1. La Commission royale sous l'influence des scientifiques.

L'ordonnance royale du 11 juin 1817 prescrivait la formation d'une commission interministérielle, baptisée « Commission royale » et chargée « d'examiner le projet d'une nouvelle carte topographique générale de la France, appropriée à tous les services publics, et combinée avec l'opération du cadastre général, ainsi que d'en poser les bases et le mode d'exécution »²⁴⁴. Elle réunissait des représentants :

- de l'administration : cadastre, direction des Forêts, Ponts et chaussées, Mines et carrières ;
- de l'armée : le général Haxo du corps royal du génie, les ingénieurs géographes militaires Brossier, Bonne et Puissant, les colonels d'état-major Muriel et de Lachasse de Vérigny²⁴⁵ ;
- des sciences : le comte de Laplace, nommé président de la Commission, et Delambre, tous deux membres de l'Institut royal.

Si dans sa composition et son objet même, la Commission reflétait la multiplicité des secteurs concernés par la nouvelle carte et la volonté de définir des spécifications qui puissent être utiles à tous, la préférence marquée pour les « services publics » administratifs et militaires se trouva sérieusement contrariée par la nomination d'un savant aussi illustre que Laplace à sa présidence. Celui-ci imposa une orientation résolument scientifique qui fut maintenue jusqu'à la dernière réunion du 29 avril 1826 – l'influence de Laplace étant si considérable que sa mort entraîna la dissolution de la Commission.

Sous la direction de son très influent président, la Commission royale proposa immédiatement un projet ambitieux qui regroupait les préoccupations géodésiques des scientifiques et la volonté des services publics d'unifier les levés du cadastre et de la carte

²⁴³ Discours reproduit dans *Ibid.*, p. 184-185.

²⁴⁴ Ordonnance reproduite dans *Ibid.*, p. 186-187.

de France sur les bases du nouveau canevas géodésique. La partie géodésique du projet était la plus détaillée – signe de la prédominance scientifique. Elle prévoyait de confier aux ingénieurs géographes l'exécution d'une triangulation de 1^e et 2^e ordres liée à la méridienne de Dunkerque. Les ingénieurs du cadastre devaient être chargés de la triangulation de 3^e ordre, à commencer dès 1818 sans attendre les résultats des travaux des ingénieurs géographes pour gagner du temps.

Pour les levés du terrain, des réductions au 1 : 10 000 des levés cadastraux devaient être fournies aux ingénieurs géographes du Dépôt de la guerre pour leur permettre d'exploiter la planimétrie du cadastre et de se concentrer sur le levé du relief. Pour sa représentation topographique, le projet reprenait les principes édictés par la Commission de topographie de 1802, mais sans les spécifier davantage : des hachures normalisées, appuyées sur des courbes de niveau extrapolées à partir des cotes de hauteur issues de la triangulation, complétées par d'éventuelles cotes supplémentaires mesurées sur le terrain et par des observations directes. En détaillant moins l'aspect topographique que l'aspect géodésique de son programme, la Commission affirmait clairement sa position privilégiant les opérations géodésiques qui intéressaient directement les scientifiques.

Dans le domaine spécifiquement cartographique, le projet maintenait son orientation scientifique et n'abordait qu'une partie restreinte des problèmes posés par la réalisation d'une carte. La Commission trancha par exemple très rapidement la question de la projection employée, qui se rapprochait des problématiques géodésiques, en confirmant le recours à la projection modifiée de Flamsteed, dite projection de Bonne. Sur cette base, elle mit au point un système d'assemblage des feuilles qui suivait les règles de la Commission de 1802 en séparant deux séries de feuilles à l'est et à l'ouest du méridien de Paris. D'abord discuté pour la coupure qu'il provoquait dans la représentation de la capitale, il fut finalement adopté en prévoyant la publication d'une feuille spéciale pour Paris et ses environs.

La seule autre question cartographique abordée concernait l'échelle de gravure – selon moi plus pour son influence sur le choix du système d'assemblage que pour son importance propre. En août 1817, une première décision avait tranché pour le 1 : 50 000, à la place du 1 : 100 000 utilisé habituellement par le Dépôt de la guerre²⁴⁶. Selon les membres, cette échelle permettait de représenter tous les détails nécessaires aux services publics et son coût plus important serait progressivement amorti par la vente des feuilles publiées. Je pense qu'une autre raison implicite guidait ce choix : tout en restant dans les échelles décimales prescrites par la Commission de 1802, l'échelle du 1 : 50 000 présentait l'avantage de ne pas donner l'impression d'une régression par rapport à la carte de Cassini, dressée à l'échelle d'une ligne pour cent toises, soit environ 1 : 86 400. L'adoption du 1 : 50 000 permettait également de revoir le tableau d'assemblage des feuilles sans se soucier du raccord avec les cartes au 1 : 100 000 des pays limitrophes : pour résoudre le problème de la coupure de la capitale, on plaça le point de rencontre entre le méridien de Paris et le parallèle moyen au centre d'une feuille et tout le tableau d'assemblage fut déduit de cette coupure, le méridien se retrouvant au milieu d'une bande de feuilles allant du nord au sud et Paris occupant alors une seule feuille normale.

Ce premier projet détaillait précisément les bases du travail géodésique, ainsi que les principes guidant la collaboration entre ingénieurs militaires et ingénieurs du cadastre, mais il ne faisait qu'esquisser les questions plus strictement topographiques qui préoccupaient essentiellement les militaires. L'accent mis sur les intérêts scientifiques et administratifs

²⁴⁶ Entre autres pour les cartes de Corse, de Souabe et de Bavière, pour les réductions des cartes des Départements unis, du Hanovre, de la Suisse, etc., ainsi que pour la carte manuscrite de l'Allemagne.

au détriment des intérêts militaires provoqua une opposition radicale entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre, une commission indépendante formée au sein de l'organisme militaire.

2.1.3.2. L'opposition du Comité du Dépôt de la guerre sur la question de l'échelle de gravure.

Parallèlement à la Commission royale, une commission spécialisée avait été créée au sein du Dépôt de la guerre dans l'objectif purement administratif d'évaluer les moyens nécessaires à la réalisation de la carte de France. Composée d'ingénieurs géographes et du colonel d'état-major Muriel, elle travailla entre le 23 août 1817 et le 4 mars 1818 sous l'autorité directe de la Commission royale. Son œuvre achevée, elle fut remplacée par un Comité du Dépôt de la guerre : complètement indépendant de la Commission dirigée par Laplace, celui-ci défendit beaucoup plus strictement les besoins militaires face à l'approche essentiellement scientifique de cette dernière.

Le premier bras de fer entre les deux organismes s'amorça autour de la question de l'échelle de gravure. La Commission royale défendait son choix du 1 : 50 000 en s'appuyant sur la lettre de l'ordonnance de 1817, qui parlait d' « une nouvelle carte topographique de la France, appropriée à tous les services publics ». Les préoccupations d'ordre scientifique de son président militaient également pour l'adoption d'un niveau de détail inédit pour une carte nationale, qui participerait ainsi à l'éclat international de l'entreprise. En face, le Comité du Dépôt de la guerre justifiait sa préférence pour une échelle plus petite par les seuls besoins des militaires et de l'administration centrale, ainsi que par des raisons strictement économiques, qu'il illustrait par de nombreux calculs présentant les différents budgets nécessaires en fonction de l'échelle adoptée.

Si dans son rapport de 1816, Brossier avait pu argumenter que les détails nécessaires à toutes les activités administratives et scientifiques se trouvaient forcément présents sur une carte militaire, les vifs échanges entre la Commission et le Comité illustraient plutôt le contraire. Une fois obtenu l'accord de principe de la royauté sur la réalisation d'une nouvelle carte de France, le « front cartographique » s'étiolait et l'opposition entre militaires et scientifiques montrait que leur unité au début de 1817 n'avait été qu'une façade. Il paraissait maintenant évident que les besoins nécessitant le levé du cadastre à l'échelle du 1 : 5 000 ne pouvaient pas s'accorder avec ceux qui avaient fait adopter au Dépôt de la guerre les levés au 1 : 50 000 et la gravure au 1 : 100 000 pour ses cartes topographiques générales – même s'il employait des échelles bien supérieures pour ses levés de places fortes et de défilement. Dès lors, la conception d'une carte de France basée sur les levés cadastraux se trouvait fortement compromise. La question de l'échelle de gravure, qui focalisa pendant un temps l'opposition entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre, marquait la fin de la très brève conjonction des intérêts administratifs, scientifiques et militaires dans le projet de la nouvelle carte de France.

Le Comité imposa finalement son point de vue en court-circuitant la Commission. Le 11 décembre 1818, Bonne présentait au Comité un rapport se prononçant pour les échelles du 1 : 80 000 ou du 1 : 100 000, la carte étant alors formée de respectivement deux cent huit ou cent trente-quatre feuilles au lieu des cinq cent trente-quatre nécessaires à l'échelle du 1 : 50 000. Si le prix de la gravure restait conséquent avec le maintien des levés au 1 : 10 000 comportant de nombreux détails, le coût global de la carte ne pouvait cependant qu'être inférieur en employant une échelle plus petite. Bonne rappelait d'ailleurs que les graveurs manquaient probablement trop pour réaliser plus de cinq cents feuilles

dans un temps raisonnable²⁴⁷. Le rapport fut présenté au ministre de la Guerre, qui se prononça finalement pour le 1 : 80 000. Cette échelle ne faisait pas partie des échelles décimales utilisées par le Dépôt de la guerre selon les principes de la Commission de 1802, mais elle présentait l'avantage d'être, parmi les échelles adaptées au système métrique, la plus proche de celle de la carte de Cassini, tout en lui restant supérieure. Sans donner l'impression d'une régression – ni d'un véritable progrès cependant –, elle facilitait l'emploi simultané des deux cartes dans l'attente de l'achèvement de la nouvelle. Elle était aussi plus adaptée à l'utilisation tactique envisagée par les militaires.

Le choix du 1 : 80 000 fut confirmé en mars 1819 par le Comité, mais rejeté par la Commission royale qui continuait de soutenir le 1 : 50 000. Bien qu'elle ne changeât pas de position, le Dépôt de la guerre effectua entre 1819 et 1821 tous ses travaux de réduction à l'échelle du 1 : 80 000 et la gravure de la feuille de Paris fut même commencée à cette échelle. La Commission protesta vainement contre ces décisions et finit par proposer la séparation de la carte militaire au 1 : 80 000 de la carte civile au 1 : 50 000, sans pouvoir cependant résoudre les problèmes de l'origine des fonds nécessaires et de l'organisme chargé de dresser la carte.

2.1.3.3. La remise en cause de l'échelle des levés.

Sur la question de l'échelle de gravure se greffa rapidement celle de l'échelle des levés. Jusqu'en 1820, la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre restèrent tous deux attachés à l'échelle du 1 : 10 000. Les premiers essais montraient une certaine lenteur, mais la collaboration avec l'administration du cadastre était longue à mettre en place et aucun levé à partir de réduction des levés cadastraux n'avait encore été effectué.

A la fin de 1820, comme aucun document n'avait encore été fourni par le cadastre, la question du maintien des levés au 1 : 10 000 se posa. Là encore, les intérêts militaires et scientifiques s'opposèrent. Le général Guillemintot, directeur du Dépôt de la guerre depuis 1818, présenta au Comité un rapport qui proposait de multiplier les échelles. Les travaux précédents (Départements réunis, Savoie, Italie) avaient montré que le 1 : 20 000 suffisait dans la plupart des cas. Il pouvait être complété de façon exceptionnelle par le 1 : 10 000 pour les places fortes ou les grandes villes, et par le 1 : 40 000 pour les régions peu peuplées, incultes ou inaccessibles.

La proposition d'employer différentes échelles selon le terrain fut à l'origine d'une véritable controverse. Louis Puissant, l'ingénieur géographe sans doute le plus concerné par les questions d'ordre scientifique²⁴⁸ – il fut élu à l'Académie des sciences au siège de Laplace en 1828 –, s'y opposa fortement. D'après son expérience, il estimait que les levés au 1 : 10 000 ou au 1 : 20 000 mettaient pratiquement le même temps (pour les Départements Unis, un rapport de 5 à 7), alors que la détermination de l'intérêt des terrains et la réunion de minutes rédigées à des échelles différentes poseraient d'importants problèmes. Assez curieusement, le colonel Bonne soutint cette position en affirmant comme la Commission royale que les levés de la Carte devaient être considérés comme le véritable

²⁴⁷ Le prix de vente d'une carte géographique ne permettait pas d'investir beaucoup d'argent dans la gravure, et les graveurs préféraient donc travailler dans des secteurs plus lucratifs. Le Dépôt de la guerre connut d'ailleurs pendant tout le 19^e siècle des problèmes pour réunir des graveurs compétents en nombre suffisant pour ses prévisions de production.

²⁴⁸ Il rédigea plusieurs traités de géodésie, ainsi que deux tomes du *Mémorial du Dépôt général de la Guerre* consacrés à la nouvelle triangulation : PUISSANT Louis. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.VI-VII. Nouvelle description géométrique de la France. Paris : C. Piquet, 1832-1840.

cadastre d'ensemble, si bien que les coûts des deux entreprises une fois reliés paraissaient moins lourds.

2.1.3.4. L'ordonnance de 1824 et la « victoire » des militaires.

Un compromis semblait donc se dessiner pour l'échelle des levés, mais la situation financière du Dépôt de la guerre était fragile. Les économies budgétaires décidées par la Chambre des Députés diminuèrent son fonds de fonctionnement ainsi que celui du cadastre, à tel point qu'en 1822 les travaux pour ce dernier devinrent facultatifs²⁴⁹. La collaboration avec le cadastre se révélant dès lors impossible, le Comité rédigea un troisième et dernier projet présentant les coûts envisagés sur la base de nouveaux calculs. Malgré les objections constantes de la Commission, l'ordonnance royale du 25 février 1824 fixait définitivement l'échelle des levés au 1 : 40 000 et l'échelle de la gravure au 1 : 80 000. Elle affirmait également que la carte de France ne devait être considérée que des points de vue militaire et administratif, à l'exclusion de tout autre.

L'influence des militaires et de l'administration centrale, alliée à une conjoncture budgétaire défavorable, avait eu raison de l'influence des scientifiques et des services publics locaux. Une partie du discours tenu en 1832 par le général Pelet, alors directeur du Dépôt de la guerre, pour défendre la carte devant la Chambre des députés, résume savoureusement comment cette lutte d'influence fut perçue par les militaires :

« Les premiers travaux ont été fort lents. Nous étions entre les mains des savants. L'illustre Laplace présidait la Commission chargée de diriger la carte. On voulait porter dans les opérations astronomiques et géodésiques un luxe extraordinaire, une exactitude minutieuse, qui ont forcé à recommencer plusieurs fois les opérations. Nous nous sommes affranchis depuis longtemps de cette gêne, sans rien sacrifier de la précision qu'exige un pareil travail. »²⁵⁰

L'ordonnance de 1824 remplaçant les prescriptions de l'ordonnance de 1817, le Comité du Dépôt de la guerre estimait que l'influence de la Commission royale sur le projet pouvait cesser, mais il préféra la conserver en bornant son champ d'action à la géodésie de 1^e ordre.

Il rejetait ainsi toute influence du milieu scientifique sur les triangulations de 2^e et 3^e ordres, les levés topographiques, la rédaction et la gravure de la carte, qui devaient être effectués par les seuls officiers et personnels civils du Dépôt. Comme le général Pelet un peu plus tard, le Comité reconnaissait ainsi la lutte d'influence qui l'avait opposé à la Commission royale, et il se présentait comme le vainqueur épargnant avec mansuétude son adversaire.

2.1.3.5. La prédominance maintenue de la géodésie.

La Commission royale ne comptait pas abandonner si facilement une grande partie du travail géodésique qu'elle estimait de son ressort, même si seules les opérations fondamentales intéressaient directement les scientifiques pour leurs applications à la détermination des dimensions de la Terre. Sous le prétexte d'une querelle de méthode, elle tenta d'imposer à nouveau son influence sur toute la partie géodésique de l'entreprise.

Compte tenu des difficultés financières et du désistement plus ou moins volontaire de l'administration du cadastre, le Dépôt de la guerre avait commencé lui-même en 1824 les

²⁴⁹ Les travaux du cadastre avaient déjà été retirés de la responsabilité de l'Etat et confiés en 1821 aux seuls départements et communes.

²⁵⁰ *Discours publié dans BERTHAUT Colonel, La Carte de France. T.1. Op. cit., p. 266.*

travaux de la triangulation de 3^e ordre que devaient réaliser à l'origine les ingénieurs du cadastre. Elle était rattachée à une triangulation de 2^e ordre qui remplissait les quadrilatères compris entre les chaînes primordiales, mais dont les chaînes n'étaient reliées que par leurs extrémités à des triangles de 1^{er} ordre.

Bien qu'une sous-commission géodésique créée en son sein même eût inspecté cette méthode dictée par les circonstances et jugé qu'à l'échelle de la gravure, les erreurs étaient inappréciables, la Commission protesta auprès du ministre de la Guerre en mettant en avant ses préoccupations scientifiques et l'argument classique du retard de la France sur les autres nations européennes. Elle jugeait que la méthode générait « des erreurs intolérables dans l'état actuel de la science », et qu'il fallait donc se conformer au premier projet de triangulation et assurer « un canevas trigonométrique aussi parfait que tous ceux que les gouvernements étrangers [faisaient] exécuter à grand frais dans l'intérêt de la science et pour leur propre gloire »²⁵¹.

Sa manœuvre d'influence visait tout autant à assurer la scientificité de l'entreprise qu'à garder la mainmise sur sa partie géodésique. Peut-être soucieux de maintenir de bonnes relations avec le milieu scientifique en général et l'Institut en particulier, le ministre de la Guerre ordonna le 30 juillet 1825 que tous les travaux géodésiques demeurent sous le contrôle de la Commission royale. Mais celle-ci ne profita de cette prérogative que jusqu'à sa réunion du 29 avril 1826, puisqu'elle fut dissoute après la mort de son président Laplace, qui avait influencé pendant neuf ans ses travaux avec ses préoccupations de prestige scientifique.

Pour autant, le rôle central des opérations géodésiques, déjà confirmé par la Commission de topographie de 1802, fut maintenu dans les travaux de la nouvelle carte de France. L'influence scientifique sur la cartographie était bien plus ancienne que la seule Commission royale, et la prédominance de la géodésie dans le travail cartographique héritait d'une longue évolution qui avait privilégié le développement des méthodes géodésiques sur les méthodes cartographiques avec une orientation scientifique toujours marquée – comme l'illustrèrent une nouvelle fois les travaux de la carte de France²⁵².

2.1.4. Un basculement vers des préoccupations plus techniques.

Contrairement aux protagonistes de l'époque qui, pris dans la controverse, soutenaient souvent des positions radicales, les historiens de la cartographie ont toujours présenté l'opposition entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre sur les spécifications de la carte de France, sous un angle éclairé par le seul pragmatisme des décisions. A la suite du colonel Berthaut, qui posa les bases d'une tradition officielle de l'histoire de la cartographie en France, ils ont souligné l'influence des moyens disponibles sur les décisions qui aboutirent à des spécifications très différentes de celles initialement envisagées par la Commission royale. Berthaut résumait lui-même cette période cruciale de la cartographie française du 19^e siècle en affirmant que « le Dépôt de la guerre, dans l'impossibilité où il se trouvait de combiner ses opérations de manière à profiter des travaux du cadastre [...], et ne pouvant compter que sur ses propres ressources, se vit contraint de

²⁵¹ Avis de la Commission au ministre de la Guerre, cité dans : *Ibid.*, p. 213.

²⁵² Voir infra, partie 1, chapitre 3.1.1.

diminuer l'échelle des levés et de substituer à la carte d'intérêt général une carte purement militaire, la seule dont il ait pu poursuivre la réalisation. »²⁵³

Je pense que cette vision de la controverse autour des spécifications de la carte de France est trop limitée et qu'elle sous-estime la persistance d'une opposition plus fondamentale entre l'approche scientifique, plus géodésique, et l'approche militaire, plus topographique, de la cartographie. J'ai montré comment les débats autour de la nouvelle carte de France se transformèrent en une véritable lutte d'influence entre une Commission royale sous l'influence des scientifiques et un Comité du Dépôt de la guerre concerné par les seuls besoins des militaires et de l'administration centrale – qui se trouvaient être sensiblement convergents. La « victoire » des militaires, si elle ne pouvait être que partielle compte tenu de l'influence encore profonde de la géodésie scientifique sur la cartographie, constituait pourtant un tournant fondamental dans l'histoire de la cartographie topographique. Elle affirmait l'influence d'une conception de la cartographie plus centrée sur la représentation topographique du terrain, que sur la figuration détaillée d'un canevas géométrique complété d'éléments planimétriques, qui favorisa le développement et l'essor de techniques topographiques de moins en moins dépendantes de la géodésie dans sa conception scientifique – même si elles ne devinrent jamais véritablement autonomes. Ce faisant, elle marquait le début d'un basculement de la cartographie de préoccupations scientifiques vers des préoccupations plus techniques, c'est-à-dire plus ancrées dans d'éventuelles applications pratiques – préfigurant l'apparition d'une conception que je qualifierai d'*utilitariste* de la cartographie²⁵⁴.

Cette mainmise des militaires sur la cartographie officielle se fit dans un contexte particulier, marqué par le développement considérable du Dépôt de la guerre et du corps des ingénieurs géographes pendant la période impériale et par les difficultés consécutives au retour à la paix. En particulier, malgré la formalisation de ses méthodes et la professionnalisation croissante de ses pratiques, le corps des ingénieurs géographes était toujours confronté à des problèmes de légitimité qui aboutirent à sa suppression officielle définitive en 1831, mais n'enlevèrent rien à son influence considérable et durable sur les travaux de la nouvelle carte de France.

2.2. Le corps des ingénieurs géographes, légitimité contestée et expertise unique.

Créé à la fin du 18^e siècle sans statut spécifique, le corps des ingénieurs géographes connut une évolution mouvementée, marquée par ses difficultés à imposer la légitimité de son existence et de ses méthodes auprès des autorités politiques et militaires. Plusieurs études remarquables ont traité en détail de cette évolution. Comme pour l'histoire de la carte de France, l'ouvrage classique sur le sujet a été écrit par le colonel Berthaut à la fin du 19^e siècle : *Les Ingénieurs-géographes militaires*²⁵⁵. La thèse de Patrice Ract²⁵⁶ renouvelle l'approche traditionnelle en proposant une étude prosopographique du corps des ingénieurs géographes, mais seulement jusqu'à sa première suppression en 1791.

²⁵³ BERTHAUT Colonel, *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 350.

²⁵⁴ Voir infra, partie 2, chapitre 3.1

²⁵⁵ BERTHAUT Colonel. *Les Ingénieurs-géographes militaires, 1624-1831 : étude historique*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1898-1902. 2 vol.

²⁵⁶ RACT Patrice. *Les Ingénieurs géographes des camps et armées du roi*. *Op. cit.*

Enfin, la communication de Patrice Bret consacrée à la formation scientifique des ingénieurs géographes²⁵⁷ présente plus spécialement la professionnalisation du corps au début du 19^e siècle à travers la mise en place d'un enseignement scientifique spécifique. Dans le cadre de mon étude consacrée à la cartographie topographique scientifique de la haute montagne, l'histoire du corps des ingénieurs géographes m'intéresse moins en elle-même que pour les éléments qu'elle apporte dans la précision de l'influence et de l'héritage d'un corps qui fut officiellement supprimé au début de la période chronologique qui m'intéresse. Restés longtemps sans statut ni formation spécifique, les ingénieurs géographes connurent en effet une période de formalisation de leur méthode et de professionnalisation de leurs corps qui marqua profondément les travaux de la nouvelle carte de France bien après leur suppression officielle.

2.2.1. Une profession sans statut : les ingénieurs géographes jusqu'au Directoire.

2.2.1.1. Une opposition ancienne avec le génie : un problème fondamental de légitimité.

Les ingénieurs géographes des camps et armées du Roi apparurent sous le règne de Louis XIV par la spécialisation de certains ingénieurs ordinaires dans les levés topographiques de guerre²⁵⁸. Le terme d'*ingénieur géographe* lui-même fut adopté à la suite d'une première tentative d'organisation par Vauban en 1696, mais leur mission ne fut véritablement précisée qu'en 1744 : exécuter tous les travaux topographiques dont le commandement pouvait avoir besoin pour la conduite de guerres, et tous ceux qui seraient utiles ensuite pour les relations de campagnes.

Malgré une existence contestée, les ingénieurs géographes réussirent dans la seconde moitié du 18^e siècle à constituer un corps à part entière et à fixer leurs méthodes, même si leur formation essentiellement empirique et leur recrutement irrégulier ne leur permettaient pas de rivaliser avec un corps aussi bien structuré que celui des ingénieurs ordinaires du génie. Ceux-ci recevaient en effet une formation scientifique polyvalente à l'école de Mézières et l'effet de promotion développait un esprit de corps qui ne s'imposa jamais chez les ingénieurs géographes, malgré les efforts de Jean-Baptiste Berthier qui les dirigea de 1756 à 1772. Une opposition constante s'établit entre les deux corps, les ingénieurs du génie trop nombreux revendiquant sans cesse les attributions des ingénieurs géographes.

Après la révocation de Berthier en 1772, les ingénieurs géographes furent rattachés directement au Dépôt de la guerre et connurent une période de déclin marquée par un recrutement encore plus irrégulier, le nombre des ingénieurs géographes passant de plus de quarante pendant la guerre de Sept Ans à seulement vingt et un en 1791. Sous l'influence du corps du génie qui voulait récupérer son monopole sur les activités techniques aux armées, la suppression du corps des ingénieurs géographes et l'unification des différents types d'ingénieurs militaires furent plusieurs fois évoquées. Une ordonnance de 1776 donna même aux ingénieurs du génie les attributions des ingénieurs géographes, mais elle fut retirée devant la protestation de ces derniers.

²⁵⁷ BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). *Op. cit.*

²⁵⁸ Voir supra, partie 1, chapitre 1.2.2.1.

Cette menace perpétuelle mettait en cause la légitimité du corps des ingénieurs géographes, en niant la spécificité de leur travail et leur expertise en matière de topographie qu'illustraient pourtant des méthodes fixées au cours du 18^e siècle et appliquées à la réalisation de cartes jugées remarquables par tous les contemporains, comme la *Carte géométrique du Haut-Dauphiné et du Comté de Nice* ou la *Carte des chasses du Roi*. Fragilisés par la longue période de paix qui suivit la fin de la guerre de Sept Ans en 1763, les ingénieurs géographes avaient pourtant réussi une difficile adaptation de leurs travaux à des besoins plus administratifs que militaires, liés aux débuts de l'aménagement du territoire, comme l'illustre notamment la carte des côtes du royaume dressée entre 1772 et 1785. Mais leur faible effectif ne leur permettait pas de s'opposer aux ingénieurs du génie et à une pression institutionnelle qui ne discernait pas les spécificités du travail cartographique.

2.2.1.2. Suppression et maintien provisoire : l'expertise cartographique dans le chaos révolutionnaire.

Alors même que les réformes administratives et politiques modifiaient considérablement le rapport à l'espace et offraient de nombreuses perspectives pour le travail cartographique, le corps des ingénieurs géographes fut supprimé par l'Assemblée constituante en 1791 pour être versé dans les directions du génie, selon l'idée ancienne qui se développait depuis plus d'un quart de siècle. Décision en contradiction avec la politique de l'Assemblée, « cette étonnante mesure témoigne surtout de la rivalité de corps qui opposait les ingénieurs géographes aux officiers du Génie : le député qui proposa la suppression, Buraux de Puzy, était lui-même ingénieur militaire »²⁵⁹. Elle fut à l'origine du vide de la production cartographique pendant les premières années de la période révolutionnaire.

Dans les faits, un seul des vingt et un ingénieurs géographes intégra effectivement le génie militaire. Les deux tiers choisirent une carrière plus traditionnelle dans l'infanterie des armées révolutionnaires, les bouleversements politiques leur permettant d'atteindre des grades supérieurs à ceux que leurs origines modestes auraient pu leur ouvrir sous l'Ancien Régime²⁶⁰. Les autres furent mis en retraite ou quittèrent l'armée. Cette dispersion compliqua singulièrement la tâche du général Calon qui tenta de réorganiser le Dépôt de la guerre et fit rétablir provisoirement les ingénieurs géographes en 1793.

Il semblait en effet que l'expertise cartographique des ingénieurs géographes ne pouvait pas être remplacée si facilement par la compétence technique des ingénieurs du Génie. Les guerres européennes provoquaient un important besoin de cartes dans les armées, ce qui plaçait les partisans des ingénieurs géographes dans une position suffisamment forte pour reconstituer le corps. Sous la Convention, le général Calon, ancien ingénieur géographe lui-même, fut finalement nommé à la direction du Dépôt de la guerre. Il le réorganisa en renouvelant entièrement le personnel et tenta de regrouper tous les organismes qui s'occupaient de géodésie, de géographie et d'histoire, afin d'affirmer la spécificité du Dépôt par rapport au Génie. En même temps, il rechercha les ingénieurs géographes encore présents sur le sol français et créa une école pour assurer la formation de nouveaux ingénieurs. Son ambition finale était de fonder une organisation centrale pour la géographie, autant pour les applications cartographiques que pour le développement de la science, qui se manifestait dans le nouveau titre de l'organisme : Dépôt général de la guerre et de la géographie.

²⁵⁹ BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). *Op. cit.*, p. 116.

²⁶⁰ RACT Patrice. *Les Ingénieurs géographes. Op. cit.*

Cependant, le Dépôt de la guerre se trouvait en concurrence avec le Cabinet topographique créé au sein du Comité de salut public en 1794. Pour satisfaire les besoins cartographiques des militaires en campagne, ce dernier avait non seulement réquisitionné les cartes existantes (carte de Cassini, réduction au 1 : 346 400 par Capitaine, carte de Belgique de Ferraris), mais il avait également créé les bureaux topographiques aux armées par un arrêté du 13 mai 1795²⁶¹. Constitués dès 1796 par l'envoi de dix-huit ingénieurs géographes, ceux-ci reléguèrent le Dépôt de la guerre à un simple rôle de duplication de cartes et de centre d'approvisionnement en instruments scientifiques.

Si l'emploi d'ingénieurs géographes dans les bureaux topographiques des armées constituait une reconnaissance de leur expertise cartographique, il n'empêchait pas la contestation de leur existence en tant que corps. Sous le Directoire, à la suite de désaccords politiques, la tentative de centralisation des activités géographiques autour du Dépôt de la guerre fut abandonnée. Le Service hydrographique fut rendu à la Marine. Le Bureau des longitudes créé en 1795 récupéra les astronomes les plus éminents qui avaient été rattachés au Dépôt. Le général Calon, accusé d'avoir « dénaturé l'objet de son institution »²⁶², fut remplacé par le général Dupont, et le Dépôt de la guerre, réduit à quinze employés alors qu'il en avait comptés quatre-vingt-onze au début de 1796, « n'était plus guère qu'un dépôt de carte. »²⁶³ Par un arrêté du 11 mai 1797 mettant en application l'arrêté de 1791, le corps des ingénieurs était à nouveau supprimé.

Encore une fois, il apparut clairement que leurs compétences ne pouvaient pas être remplacées. Un arrêté du 6 janvier 1799 les maintint à titre provisoire, leur permettant de continuer à exercer leurs emplois aux armées sous le nom d'« artistes employés à la topographie ». Des élèves continuèrent d'ailleurs d'être formés au Dépôt de la guerre, malgré la suppression de l'école d'application.

2.2.2. L'affirmation de l'expertise des ingénieurs géographes sous l'Empire.

2.2.2.1. La militarisation du corps des ingénieurs géographes.

Avec le Consulat et l'arrivée au pouvoir de Bonaparte, qui avait déjà montré son intérêt pour la cartographie en Egypte et surtout en Italie, une période faste s'ouvrit pour les ingénieurs géographes, accentuée par l'ampleur des travaux à effectuer dans les pays annexés. Malgré une réorganisation avortée sous la direction du général Andréossi (1801-1802)²⁶⁴, le Dépôt de la guerre se développait considérablement et comptait quatre-vingt-dix ingénieurs géographes. D'importants travaux étaient menés dans tous les territoires conquis, notamment en Bavière, en Suisse et en Italie.

²⁶¹ Le bureau topographique de l'armée d'Italie fut sans doute le plus actif d'entre eux. Il était secondé par un bureau topographique personnel constitué par le général Bonaparte sous la direction du jeune officier Bacler d'Albe – qui n'était pas encore au Dépôt de la guerre. Ce fut dans ce cadre qu'il réalisa sa *Carte générale du théâtre de la guerre en Italie et dans les Alpes* au 1 : 256 000, publiée en cinquante-six feuilles financées en partie par Bonaparte.

²⁶² Cité par BRET Patrice. *Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830)*. *Op. cit.*, p. 118.

²⁶³ *Ibid.*.

²⁶⁴ Elle reprenait l'esprit de la réorganisation engagée par Calon, mais dans un deuxième projet échafaudé parallèlement, Andréossi envisageait des changements plus radicaux avec l'organisation de toutes les armes savantes en un corps unique, le *corps chargé des fonctions industrielles*, subdivisé en un *corps théoricien* issu d'une école commune et un *corps auxiliaire* de simples praticiens. *Ibid.*, p. 119.

Peu de temps après sa nomination à la direction du Dépôt de la guerre le 10 juin 1802, le général du génie Sanson engagea une politique de rationalisation de la production cartographique, qui se traduit par la mise en place d'une Commission de topographie et d'une commission chargée de déterminer la projection à employer pour les cartes du Dépôt²⁶⁵. Il envisageait également une rationalisation de l'organisation des ingénieurs géographes, dont l'absence de statut précis limitait les perspectives de carrière. Ainsi, de nombreux ingénieurs géographes conservaient des grades militaires dans d'autres corps en guise d'assurance – un problème d'affectations multiples qui se retrouve dans toute l'histoire de la cartographie militaire, jusqu'à la suppression du Service géographique de l'armée en 1940.

Jusqu'en 1808, le projet de réforme du corps des ingénieurs géographes conçu par Sanson fut confronté à une triple opposition, de la part du pouvoir auquel le bon fonctionnement apparent du Dépôt de la guerre masquait la nécessité d'une réforme, de la part des autorités militaires dont une partie considérait que les ingénieurs géographes étaient inutiles, et de la part des ingénieurs géographes eux-mêmes, hostiles à une réforme provenant d'un directeur originaire du corps du génie. La seule question réglée dès 1802 reflète bien la force de cette opposition : elle concernait l'adoption pour les ingénieurs géographes d'un nouveau uniforme, différent de celui des adjoints du génie qui avait été le leur jusque-là !

Finalement acceptée par Napoléon en novembre 1808 et décrétée en janvier 1809, la réforme créait un corps d'ingénieurs géographes militaires appelé « Corps impérial des ingénieurs géographes des camps et marches des armées ». Cette militarisation représentait une véritable reconnaissance ainsi qu'une unification nécessaire à la réalisation des grands travaux qui commençaient à être envisagés : nouvelle triangulation et nouvelle carte de la France. Elle supposait également la création d'une école d'application. Les ingénieurs géographes étaient dorénavant recrutés à la sortie de l'école Polytechnique, ce qui modifiait profondément les conditions d'un recrutement resté longtemps irrégulier.

2.2.2.2. L'orientation scientifique de la formation des ingénieurs géographes.

Sous l'Ancien Régime, les ingénieurs géographes étaient recrutés sur proposition du directeur du Dépôt de la guerre, après un examen par plusieurs ingénieurs géographes, comprenant notamment la trigonométrie rectiligne et sphérique²⁶⁶. S'en suivait une période de quelques mois pendant laquelle les aspirants complétaient leur formation pratique sur le terrain auprès d'un ingénieur. Quelques cours de perfectionnement semblent avoir été mis en place, mais aucune formation initiale n'était justifiée par un recrutement pratiquement nul à l'exception d'ingénieurs issus d'autres services.

En 1793, Calon mit en place un « cours d'instruction théorique et pratique » donné par le professeur de mathématiques Jean-François Callet, pour former les nouveaux ingénieurs géographes parmi lesquels quelques élèves brillants comme Bonne ou Lathuille. Il fut supprimé en novembre 1796, les créations scolaires de la Convention et les besoins du cadastre ayant favorisé la création en octobre 1795 d'une école d'application de Polytechnique principalement destinée à fournir des ingénieurs au Cadastre²⁶⁷ : l'Ecole

²⁶⁵ Voir supra, partie 1, chapitre 1.3.

²⁶⁶ Cette courte partie sur la formation des ingénieurs géographes doit beaucoup à BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). *Op. cit.*

²⁶⁷ L'Ecole centrale des travaux publics créée le 28 septembre 1794 s'était révélée insuffisante sur le plan de la formation scientifique.

des géographes. Cependant, un recrutement relativement médiocre, l'absence de pratique et l'opposition du Dépôt de la guerre qui ne recrutait qu'exceptionnellement ses élèves, entraînèrent sa fermeture par Bonaparte après la suppression du cadastre en 1802. Pendant la même période, entre 1796 et 1801, le Dépôt de la guerre remit en place des cours internes qui souffraient du manque de moyen et se révélèrent très rudimentaires : « force est de constater, d'une part le recul du niveau requis à cette époque pour les ingénieurs géographes militaires par rapport à leurs aînés, qui devaient posséder la trigonométrie sphérique quarante ans plus tôt, d'autre part l'infériorité de leur niveau par rapport à leurs collègues civils sortis de Polytechnique et de l'Ecole des géographes »²⁶⁸. L'insuffisance du système de formation nécessitait de recruter des ingénieurs externes qui entraient au Dépôt avec une formation variée.

Avant même la réforme du corps des ingénieurs géographes menée par Sanson, les projets ajournés de Brossier et de Clarke témoignaient « d'un consensus aux échelons supérieurs de la hiérarchie sur la nécessité de mettre fin à un recrutement anarchique, en instaurant une véritable formation scientifique pour les ingénieurs-géographes »²⁶⁹. En 1801, Andréossy organisa un véritable enseignement dispensé par des ingénieurs géographes, mais qui ne disposait pas d'une existence officielle. Sanson conçut le projet d'une véritable école d'application au Dépôt de la guerre, mais celui-ci ne fut pas adopté. La fermeture de l'Ecole des géographes et la militarisation de l'école Polytechnique entraînèrent cependant un renforcement de la formation géographique dans cette dernière.

Finalement, quand Napoléon donna un statut militaire aux ingénieurs géographes en 1808, il en réserva l'accès aux élèves de Polytechnique et une école d'application, l'Ecole impériale des ingénieurs géographes, fut créée en 1809 au Dépôt de la guerre. Celle-ci se développa sous l'influence fondamentale de son chef d'étude et professeur de mathématique, l'ingénieur géographe et géodésien Louis Puissant²⁷⁰. « Pour la première fois les élèves reçurent un enseignement de haut niveau parfaitement adapté aux besoins du service. [...] Le corps des ingénieurs géographes, qui venait d'être doté d'un véritable statut, y gagna non seulement une plus grande compétence, mais aussi une plus grande cohérence, que l'absence de perspective de carrière et la diversité du recrutement n'avaient pu assurer jusqu'alors. »²⁷¹

A la suite de la décision d'entreprendre une nouvelle carte de France en 1817, l'école fut réformée en 1819, avec principalement l'allongement de la scolarité à deux ans. La formation théorique faisait une grande place à la géodésie et se basait principalement sur les deux traités de *Géodésie* et *Topographie* de Louis Puissant. La formation pratique consistait en des opérations estivales, durant lesquelles les élèves effectuaient des levés topographiques sur la base des recommandations de la Commission de 1802 – contrairement au Génie qui commençait à développer ponctuellement l'emploi des courbes de niveau. « Sous la férule de Puissant jusqu'en 1830, l'école d'application devint le principal instrument de professionnalisation de la géographie »²⁷².

²⁶⁸ BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). *Op. cit.*, p. 126.

²⁶⁹ *Ibid.*, p. 128.

²⁷⁰ Pour une courte biographie de Puissant, voir : *Ibid.*, p. 135-136.

²⁷¹ *Ibid.*, p. 137.

²⁷² *Ibid.*, p. 138.

2.2.2.3. La reconnaissance de l'expertise cartographique.

La réforme du corps des ingénieurs géographes s'inscrivait dans la volonté de disposer d'un corps structuré, plus nombreux et à la formation plus homogène, pour mener à bien les nombreux projets cartographiques de l'Empire. Elle traduisait une reconnaissance nouvelle de leur expertise cartographique qui était l'héritage des difficultés de la période révolutionnaire dans le domaine cartographique et de la qualité de leurs travaux menés dans le cadre des campagnes militaires révolutionnaires et impériales. L'évolution de leur formation vers un contenu théorique et scientifique plus développé avait permis aux ingénieurs géographes d'acquérir une compétence unique en matière de cartographie et particulièrement de géodésie.

Le signe peut-être le plus révélateur de cette reconnaissance fut la relative immunité des ingénieurs géographes durant la période de transition politique entre l'Empire et la Restauration. Le 10 mai 1814, un mois seulement après la prise de pouvoir de Louis XVIII, le nouveau directeur du Dépôt de la guerre, le général de division Milet de Mureau, était remplacé par Bacler d'Albe, pourtant ardent défenseur de Napoléon, qui s'était assuré une position favorable en réunissant les ingénieurs géographes à Blois. Le corps avait suffisamment prouvé ses compétences pendant l'Empire pour ne pas être immédiatement menacé de suppression. L'effectif des ingénieurs était certes réduit de cent trois à quatre-vingts quatre en août 1814 pour répondre à la baisse d'activité liée à la paix et à la réduction importante du territoire à couvrir²⁷³, mais l'école d'application était confirmée dans son existence. Quand Napoléon reprit le pouvoir le 13 mars 1814, un nouveau directeur fut désigné au Dépôt de la guerre, le lieutenant-général baron de la Rochefoucault, mais Bacler d'Albe restait en place sous ses ordres. L'une des rares sanctions du soutien des ingénieurs géographes à Napoléon fut prise au moment du retour au pouvoir de Louis XVIII, avec le renvoi de Bacler d'Albe du Dépôt de la guerre, à la direction duquel avait été nommé le général d'Ecquevilly.

2.2.3. La Restauration et la fusion avec les officiers d'état-major.

2.2.3.1. La légitimité des ingénieurs géographes en temps de paix.

Au début de la Restauration, le Dépôt de la guerre connut une période de grande désorganisation. Le personnel civil était en grande partie licencié. Le matériel et les documents avaient été dispersés ou cachés, alors même qu'en application des traités, les alliés réclamaient la restitution des cartes prises dans leur pays ainsi que les travaux exécutés par les ingénieurs géographes sur leur territoire. Le problème de l'emploi de ces derniers en temps de paix n'était pas nouveau, puisqu'il s'était déjà posé en 1763 à la fin de la guerre de Sept Ans, mais il était particulièrement aigu en 1814. L'étendue des travaux effectués pendant la période impériale avait en effet nécessité l'emploi d'effectifs sans précédent. Quant Bacler d'Albe reprit le projet d'une nouvelle carte de France en 1814, il proposait d'accélérer les décisions pour profiter de la disponibilité des ingénieurs.

Après le retour de Louis XVIII au pouvoir, le projet d'une nouvelle carte de France rejoignit à nouveau le besoin de justifier l'existence du Dépôt de la guerre et de son corps d'ingénieurs géographes en période de paix. Malgré les travaux colossaux de copie du matériel cartographique que les traités de paix obligeaient l'Etat français à restituer et la reprise de cartes anciennes, comme la révision de la carte de Cassini ou l'extension de la

²⁷³ Malgré la décision d'étendre la carte des Chasses à Paris et ses environs et les besoins des travaux de délimitation des frontières.

carte des Chasses, une partie des ingénieurs risquait d'être licenciée. Repris en 1816-1817 principalement parce qu'il répondait à des besoins formulés depuis la fin du 18^e siècle, le projet d'une nouvelle carte était à la fois nécessaire parce qu'il permettait l'emploi des ingénieurs surnuméraires et à la fois envisageable justement parce que ces ingénieurs étaient disponibles – le projet de Bonne avait par exemple été abandonné en 1808 parce que les ingénieurs géographes étaient employés ailleurs sur les théâtres européens.

Une fois le principe d'une nouvelle carte de France adopté en 1817, l'existence des ingénieurs géographes semblait pouvoir être définitivement légitimée en temps de paix par les travaux prévus sur le territoire français. Mais la création du corps d'état-major en 1818 changea profondément la situation.

2.2.3.2. Le remplacement par le corps « technicien » de l'état-major.

Sous l'Empire, les ingénieurs géographes s'étaient finalement imposés par leur expertise dans les travaux cartographiques. Mais en 1814, l'adaptation de leur corps aux temps de paix avait déjà entamé son hégémonie sur les opérations cartographiques, en modifiant ses statuts afin de l'ouvrir à des officiers extérieurs. Ainsi, jusqu'à huit officiers d'état-major pouvaient être adjoints aux ingénieurs pour pallier aux besoins ponctuels. Bien qu'elle ne remît en cause ni la formation dispensée à l'école d'application des ingénieurs géographes, ni leur rôle central dans les travaux cartographiques, cette ouverture témoignait de la volonté ancienne des autorités militaires de confier une partie au moins de ces travaux à des officiers extérieurs.

La création du corps d'état-major le 6 mai 1818 marqua une nouvelle étape dans la généralisation de la collaboration entre les officiers d'état-major et les ingénieurs géographes. L'attachement et le soutien de l'administration militaire à ce nouveau corps s'illustrèrent notamment dans l'insistance du ministre de la Guerre à placer des officiers d'état-major dans les différentes commissions consacrées à la carte de France. Pour assurer la formation des officiers du nouveau corps, le Dépôt de la guerre dut créer un cours de géodésie et de topographie à l'école d'état-major. Pour la première fois, il était envisagé de former des officiers non spécialisés aux travaux cartographiques. Cette ouverture témoignait non seulement du refus des autorités militaires de considérer la cartographie comme un travail spécifique, mais aussi du développement des applications pratiques de la topographie dans les armées. Elle mettait en place un système dans lequel l'enseignement topographique entrait dans la formation générale des officiers, mais qui ne comprenait plus de corps spécialisés dans les travaux cartographiques. Malgré de nombreuses réformes, ce système posa des problèmes au service cartographique militaire jusqu'à la suppression du Service géographique de l'armée en 1940.

Définie par les travaux des diverses commissions, l'organisation des opérations de la carte de France prévoyait la participation de tous les officiers d'état-major. Encore une fois, le corps des ingénieurs géographes fut victime de son manque de visibilité face à un corps plus nombreux et mieux organisé. Puisqu'ils n'étaient plus les seuls susceptibles d'assurer ces travaux, le nombre d'ingénieurs géographes diminua régulièrement : de quatre-vingts trois en 1816, il passa à soixante-douze en 1822, puis à soixante-neuf en 1827. Les levés de la carte de France furent officiellement confiés à une nouvelle brigade spéciale permanente, constituée uniquement d'officiers d'état-major. Même si dans la pratique leurs compétences étaient très différentes, les ingénieurs géographes ayant depuis la réforme de Sanson une culture scientifique plus développée que les officiers d'état-major qui s'apparentaient en matière de cartographie à de simples techniciens, l'existence des deux corps était perçue

par les autorités comme faisant double emploi. Par l'ordonnance du 22 février 1831, les deux corps étaient finalement fusionnés sous la direction du général Pelet, qui dirigeait le Dépôt de la guerre depuis 1830. Cette ordonnance marquait la suppression officielle définitive des ingénieurs géographes militaires.

2.2.3.3. L'influence durable des ingénieurs géographes.

La suppression de leur corps n'empêcha pas les anciens ingénieurs géographes d'exercer une influence fondamentale sur les opérations de la nouvelle carte de France. Les derniers représentants du corps des ingénieurs géographes travaillèrent ainsi au sein du corps d'état-major pratiquement jusqu'à l'achèvement de la carte : « les derniers d'entre eux, Salneuve, Peytier, Testu, Martner, Hossard, Pelée, Lapie..., ne furent retraités que de 1854 à 1860, et leur chef, le général Blondel, ancien ingénieur géographe comme eux, dirigea le Dépôt de la guerre de 1852 à 1867 »²⁷⁴.

Les officiers d'état-major disposaient d'une formation technique de bonne qualité, souvent dispensée par des anciens ingénieurs géographes, mais leur compétence scientifique, particulièrement dans le domaine de la géodésie, n'égalait pas celle des ingénieurs géographes qui avaient suivi les cours de Puissant. Si les travaux topographiques furent confiés aux « nouveaux » officiers d'état-major, les opérations géodésiques jugées plus délicates furent presque exclusivement assurées par d'anciens ingénieurs géographes²⁷⁵. La répartition du travail pour la nouvelle carte de France trouva un écho dans le vocabulaire : si la carte elle-même fut désignée dans le langage courant par l'expression « carte d'état-major », en référence au corps d'officiers qui avait assuré son levé, la nouvelle description géométrique de la France devint, elle, la « triangulation des ingénieurs géographes ».

2.2.4. Développement des applications topographiques dans les armées.

Au-delà d'une évolution mouvementée marquée par son manque de visibilité dans l'organisation militaire et son opposition à des corps techniques plus nombreux et mieux structurés, l'histoire du corps des ingénieurs géographes illustre surtout les difficultés éprouvées pour affirmer la spécificité du travail cartographique, particulièrement en temps de paix. Si les besoins considérables des campagnes napoléoniennes avaient permis la structuration du corps et sa professionnalisation sur la base d'une formation scientifique spécifique, le retour à la paix démontra que l'expertise cartographique des ingénieurs géographes ne suffisait pas à justifier son existence face au nouveau corps d'état-major. Tout comme la « victoire » des militaires dans la lutte d'influence pour la définition des spécifications de la nouvelle carte de France, le développement des compétences topographiques dans des corps d'officiers non spécialisés marquait le début d'une transition entre une approche scientifique de la cartographie et une approche plus technicienne.

Patrice Bret conclut son étude sur la formation des ingénieurs géographes pendant la Révolution et l'Empire en soulignant que cette période marquait la naissance d'une profession et que le Dépôt de la guerre mettait plus l'accent sur l'aspect scientifique de la cartographie que sur son aspect militaire²⁷⁶. Sur le deuxième point, qu'il illustre

²⁷⁴ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 94.

²⁷⁵ Voir infra, partie 1, chapitre 3.1.

²⁷⁶ BRET Patrice. *Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830)*. *Op. cit.*, p. 141-142.

par un comptage rapide montrant que 51,9 % du contenu du *Mémorial du Dépôt de la guerre* était consacré aux aspects scientifiques et techniques contre 15,8 % aux aspects militaires, j'ai déjà donné mon interprétation selon laquelle, héritant d'un siècle et demi de travaux dominés par l'Académie des sciences, la conception même de la cartographie était encore majoritairement scientifique. Dans une perspective historique plus large, je crois que l'Empire et la Restauration marquaient au contraire un tournant dans l'évolution de la cartographie qui remet en cause l'idée de la naissance d'une profession. Le développement des applications militaires de la topographie favorisa certes la professionnalisation du corps des ingénieurs géographes, mais il stimula également le développement de l'enseignement topographique aux officiers qui aboutit à la fusion du corps des ingénieurs géographes dans celui plus généraliste de l'état-major. Dans le long terme, il s'inscrit dans l'essor d'une conception que j'appellerai *utilitariste* de la cartographie qui ne commença à s'imposer véritablement qu'après la guerre de 1870²⁷⁷ et qui s'illustra notamment par le déclin des préoccupations scientifiques au profit d'une approche plus technicienne de la cartographie.

Cependant, et au moins jusqu'à 1870, le pouvoir continuait de se faire une conception essentiellement fixiste de la cartographie, qui posa de nombreux problèmes au Dépôt de la guerre pour justifier les besoins financiers des travaux de la nouvelle carte de France. Confronté à des problèmes de légitimité similaire à ceux des ingénieurs géographes, il lutta en vain pour imposer une autonomie qu'il jugeait nécessaire au travail cartographique.

2.3. Le Dépôt de la guerre jusqu'en 1870 : place de la cartographie topographique au sein des institutions militaires.

Le Dépôt de la guerre fut créé en 1688 par Louvois, dans le but de classer les documents relatifs à l'organisation des armées et à l'histoire des conflits. Dans le domaine cartographique, son objectif était de lutter contre la dispersion des plans trop souvent conservés dans les régiments pour lesquels ils avaient été effectués. Il ne s'agissait donc à l'origine que d'une simple mission de centralisation des travaux finis. Mais au cours du 18^e siècle, la cartographie militaire se développa considérablement grâce aux travaux des ingénieurs géographes. En 1772, ces derniers furent placés avec le Dépôt de la guerre sous une direction unique et virent leurs attributions s'étendre à la réalisation de cartes topographiques générales. Même si le corps des ingénieurs géographes avait décliné après le retour à la paix en 1763, l'activité du Dépôt de la guerre était toujours partagée entre sa mission traditionnelle de recueil d'archives et d'études historiques et sa mission de circonstance de direction des travaux cartographiques militaires. Jusqu'à l'ordonnance de 1824 qui plaçait sous la seule responsabilité du Dépôt de la guerre la réalisation de la nouvelle triangulation et de la nouvelle carte de France²⁷⁸, l'évolution du Dépôt suivit les fortunes du corps des ingénieurs géographes et connut une période particulièrement difficile entre 1796 et 1801, alors que les ingénieurs géographes étaient massivement employés dans les bureaux topographiques des armées créés par le Cabinet topographique du Comité de salut public.

Comme le statut des ingénieurs géographes, la position du Dépôt de la guerre dépendait fortement de la reconnaissance institutionnelle des spécificités du travail cartographique. Si l'ordonnance de 1824 lui donnait un rôle central dans la cartographie nationale, elle n'en faisait pas un service cartographique unique et autonome comme

²⁷⁷ Voir infra, partie 2, chapitre 3.1.1.

²⁷⁸ Voir supra, partie 1, chapitre 2.1.3.

l'avaient souhaité et le souhaitèrent encore par la suite certains de ses directeurs et officiers supérieurs. Bien au contraire, l'histoire du Dépôt de la guerre jusqu'en 1870 est marquée par le refus quasi-systématique des autorités de réunir dans un seul service tous les organismes s'occupant de topographie et d'accorder au Dépôt de la guerre une autonomie que ses directeurs jugeaient indispensables aux entreprises cartographiques. Les difficultés qu'éprouva sa direction à obtenir des crédits budgétaires réguliers pour la réalisation de la carte de France illustrent l'impossibilité des autorités à concevoir l'utilité et les spécificités du travail cartographique, en particulier ses temporalités forcément longues.

2.3.1. La difficile autonomie du Dépôt de la guerre.

2.3.1.1. Hostilité face au regroupement des organismes s'occupant de topographie.

Le Dépôt de la guerre avait été créé entre autre pour centraliser les travaux finis dans le domaine de la cartographie, mais en aucun cas pour servir de direction unique à toutes les opérations topographiques exécutées par les militaires – et encore moins par les civils.

Au 18^e siècle, divers organismes menaient donc des activités cartographiques en plus du Dépôt de la guerre, parmi lesquels la Société de la carte de France sous le patronat de l'Académie des sciences, le Génie militaire pour ses divers travaux de construction, ou encore la Marine pour les cartes hydrographiques, sans compter les levés cadastraux qui ne furent centralisés qu'en 1791. A partir de la fin du 18^e siècle, la réunion de tous ces organismes qui s'occupaient de cartographie fut régulièrement envisagée à travers divers projets de réorganisation ou d'orientation de l'activité cartographique officielle.

En 1793, porté par la volonté centralisatrice de l'An II et le besoin urgent de cartes dans les armées, le général Calon réussit à imposer brièvement une réorganisation du Dépôt de la guerre qui regroupait tous les services géographiques – à la notable exception du cadastre – au sein d'un projet plus vaste de Musée de géographie, de topographie militaire et d'hydrographie. Cependant, les difficultés financières nuisaient au fonctionnement de l'ensemble, qui subissait en plus la concurrence du Cabinet topographique créé par Carnot en 1794 auprès du Comité de salut public. Puis – pour reprendre l'expression de Patrice Bret – « les forces centrifuges l'emportèrent »²⁷⁹, accentuées par des vicissitudes politiques qui mirent à mal la direction de Calon : en 1795, la création du Bureau des longitudes enlevait certains éminents astronomes au Dépôt de la guerre, alors qu'en 1796 le Service hydrographique était de nouveau rattaché au département de la Marine. Quand Calon fut finalement remplacé par Dupont, la carte de Cassini fut même brièvement soustraite au contrôle du Dépôt de la guerre et placée sous l'autorité du bureau du cadastre au ministère de l'Intérieur, entre le 11 mai 1797 et le 9 juin 1798. Le Dépôt de la guerre ne reprit une place importante dans le dispositif cartographique qu'à partir de 1801.

Le regroupement de tous les services cartographiques officiels sous la direction unique du Dépôt de la guerre fut à nouveau envisagé une quinzaine d'années plus tard, dans le projet de nouvelle carte de France rédigé par le colonel Brossier en 1816, mais cette proposition ne fut même pas discutée par les commissions créées en 1817. A la place, le projet définitif prévoyait une collaboration entre l'administration du cadastre et le Dépôt de la guerre pour les levés de la carte de France, organisée directement entre les départements de la Guerre et des Finances. Mais ce dernier, fort des prérogatives que lui donnait la

²⁷⁹ BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). *Op. cit.*, p. 117.

base essentiellement foncière du système fiscal, ne fit jamais parvenir aucun document au Dépôt de la guerre, jusqu'à ce que les restrictions budgétaires de 1822 rendent facultatif la réalisation du cadastre par les départements et les communes, annulant toute possibilité de collaboration systématique pour les levés de la carte de France²⁸⁰.

J'interprète l'échec de ces projets de centralisation et de rationalisation de l'activité cartographique officielle – qui furent suivis par d'autres au cours des 19^e et 20^e siècles – comme une illustration de l'hostilité des différentes administrations à l'idée d'une centralisation des services topographiques, mais aussi et surtout du refus du pouvoir de considérer la cartographie autrement que comme une activité annexe. Selon cette vision, la position institutionnelle de la cartographie ne devait pas dépendre des caractéristiques propres de son activité, mais du rôle historique et significatif de sa production. Je parlais plus haut de la conception fixiste de la cartographie²⁸¹, mais que la carte fût conçue comme un tableau ou un outil ne changeait pas les rapprochements opérés : si une carte traitait de régions maritimes, elle devait être produite par un service du département de la Marine ; si elle représentait des divisions administratives fiscales, elle devait être dressée sous l'autorité du cadastre. La décision de placer la nouvelle carte de France sous l'autorité du Dépôt de la guerre reflétait d'ailleurs moins un effort pragmatique de centralisation, que l'orientation résolument militaire de la carte. Les multiples tentatives d'intégration plus rationnelle du Dépôt de la guerre dans l'administration militaire illustrèrent ces difficultés à prendre en compte les spécificités du travail cartographique.

2.3.1.2. Les tentatives d'intégration dans l'administration centrale militaire.

Jusqu'au milieu du 19^e siècle, le ministère de la Guerre tenta à plusieurs reprises d'intégrer directement le Dépôt de la guerre à l'administration centrale militaire. Ainsi, le Dépôt fut rattaché une première fois au ministère en 1817, sous la forme du 5^{ème} bureau de la 3^{ème} direction, avant d'être rétabli sous son ancien nom en 1822 – en même temps qu'était créé en son sein un bureau de la carte de France, transformé en section par l'ordonnance du 11 décembre 1830²⁸². Une seconde fois « rattaché au Ministère de la Guerre le 7 novembre 1830, [le Dépôt] reprit en 1832, par décision ministérielle du 22 novembre, le titre de Direction générale, et le 1^{er} janvier 1835, en vertu d'un arrêté du 23 novembre 1834, cette Direction générale cessa de nouveau de faire partie des bureaux de la guerre, jusqu'en 1844 »²⁸³.

A ce moment-là, l'autonomie du Dépôt de la guerre fut confirmée par une mesure administrative. En vertu de la loi du 24 juillet 1843, l'organisation centrale des ministères ne pouvait plus être modifiée que par ordonnance royale. Ce fut donc par l'ordonnance du 17 janvier 1844 que fut instaurée une nouvelle organisation du ministère de la guerre, notamment au niveau de la hiérarchie des employés. Le Dépôt de la guerre étant séparé de l'administration centrale depuis 1835, il ne fut concerné par cette réorganisation que parce qu'une ordonnance du 4 novembre 1844 lui rendait applicable celle de janvier. Cette ordonnance de novembre confirmait son autonomie, en lui donnant une organisation

²⁸⁰ Voir infra, partie 2, chapitre 2.1.3.4.

²⁸¹ Voir supra, partie 1, chapitre 2.1.1.4.

²⁸² Elle créait également une section de statistique, en plus des sections historique, topographique et administrative existantes.

²⁸³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 271.

spéciale et distincte, avec un secrétariat et cinq sections, dont une section de la nouvelle carte de France.

Cette valse institutionnelle n'était pas liée à des caprices ministériels, mais elle s'inscrivait à mon avis dans une opposition profonde entre la volonté de contrôler plus directement et plus rationnellement l'activité du Dépôt de la guerre et la nécessité de prendre en compte certaines particularités du travail cartographique, notamment sa conception sur le long terme et son irrégularité qui rendait la gestion du personnel particulièrement complexe. Ce problème du personnel semblait particulièrement gêner le ministère, qui aurait souhaité l'intégrer dans le cadre général de gestion des carrières dans l'armée. Il profita donc de l'ordonnance de novembre 1844 pour modifier profondément l'admission et l'avancement du personnel du Dépôt de la guerre.

2.3.1.3. Le problème de la gestion du personnel.

Jusque-là, les personnels de la carte de France et du Dépôt de la guerre étaient séparés. Les travaux de la carte étant temporaires²⁸⁴, ses employés n'étaient pas titulaires. D'après le général Pelet, directeur du Dépôt de la guerre depuis 1830, cette situation arrangeait un certain nombre d'entre eux, les autres étant libres d'essayer d'entrer au Dépôt de la guerre après de longs essais et à titre d'avancement. En titularisant tous les employés et en alignant les traitements versés, l'ordonnance de 1844 provoquait une lourde augmentation des dépenses, que le général Pelet estimait à 24 550 francs. Comme le budget alloué par les Chambres n'était pas pour autant augmenté et que le Dépôt de la guerre disposait d'une comptabilité séparée du ministère de la Guerre, l'ordonnance provoquait une diminution des fonds utilisables pour les travaux de production et ralentissait l'entreprise de la carte de France.

Le général Pelet s'opposa donc vivement à toutes modifications dans la gestion du personnel, mais il approchait de la retraite et sa position était fragilisée par « d'anciens dissentiments politiques », en particulier avec le ministre de la Guerre en charge à ce moment. Pelet – et Berthaut après lui – voyait dans ces dissentiments et des « raisons personnelles » l'origine de l'ordonnance du 16 juillet 1845, « cet acte qui détruisit la spécialité et la séparation du Dépôt de la guerre, qui avaient été reconnues indispensables, et consacrées huit mois auparavant par l'ordonnance du 4 novembre. »²⁸⁵

L'ordonnance de juillet semblait avoir une double finalité. D'une part, elle permettait d'écarter le général Pelet qui dirigeait le Dépôt depuis quinze ans, en le mettant dans le cadre de réserve et en lui ôtant presque toute autorité sur le personnel, la répartition du budget et l'ensemble des travaux. D'autre part, elle plaçait le Dépôt de la guerre en dépendance directe du ministère, en supprimant sa section comptable et en réunissant ainsi son budget et son administration à ceux des bureaux de la Guerre. Le financement des travaux du Dépôt et notamment de la carte de France s'en trouvait sensiblement complexifié, mais l'alignement des traitements du personnel ne posait alors plus de problème puisque leur paiement ne se faisait plus sur les fonds alloués au Dépôt.

Cependant, l'application de l'ordonnance fut une fois de plus de courte durée. En exécution d'un décret du Président de la République du 19 septembre 1850, le ministre de la

²⁸⁴ Je reviendrai plus tard sur ce point, mais la définition comme « temporaires » des travaux de la carte de France soulignait la persistance de ce que j'ai appelé la conception fixiste de la cartographie : il n'était pas encore envisagé de mener des révisions régulières de la carte qui était conçue comme un tableau figé du territoire à un moment donné.

²⁸⁵ Tous les citations de Pelet sont tirées du *Rapport de mai 1848 du général Pelet au général Cavaignac, Ministre de la Guerre*, publié dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 273.

Guerre, le général d'Hautpoul, arrêtait une nouvelle organisation du Dépôt de la guerre qui lui rendait définitivement son autonomie, en réintégrant les services d'administration et de comptabilité. Le personnel et les travaux de la carte de France n'étaient plus séparés, mais rattachés à la même division des travaux de géodésie, topographie, dessin et gravure. Cette organisation ne connut que peu de changements avant les modifications profondes qui suivirent la guerre de 1870²⁸⁶. Le rattachement du Dépôt de la guerre à son ministère connut seulement quelques variations minimales qui n'entraînèrent aucune perte d'autonomie : il devint ainsi la 6^e direction de l'administration centrale en 1852, puis la 7^e direction en 1869.

Si les tentatives d'intégration du Dépôt de la guerre dans l'administration centrale militaire se soldèrent toutes par un retour à une certaine autonomie, celle-ci ne s'appliquait que dans les domaines restreints de la gestion du personnel et de la comptabilité. Les programmes de travail dépendaient toujours de l'accord des autorités supérieures et l'autonomie financière assurée par le budget spécifique aux travaux de la carte de France se trouvait régulièrement remise en cause par les restrictions budgétaires décidées par la Chambre des députés.

2.3.2. Le soutien budgétaire fragile du Dépôt de la guerre.

Pendant une grande partie du 19^e siècle, la réalisation de la nouvelle carte de France constitua l'activité principale du Dépôt de la guerre, et sa situation financière dépendait essentiellement des crédits budgétaires accordés par la Chambre des députés à cette entreprise. Les différentes estimations réalisées par la Commission spéciale puis par le Comité du Dépôt de la guerre, particulièrement partisans, se révélèrent rapidement très inférieures au budget et au temps véritablement nécessaires, ce qui attira l'attention de la Chambre des députés. Dans son ouvrage classique, Berthaut affirme que les protestations de la Chambre résultaient uniquement du retard des travaux, qu'il imputait essentiellement aux problèmes techniques posés par la nouveauté du nivellement par éclimètre²⁸⁷ et par la difficulté de gravure des planches de montagnes²⁸⁸. Pourtant, les premières propositions de réduction du budget datent de 1820 et dès 1822 une contestation radicale de la carte de France se manifestait régulièrement à la Chambre, alors même que les travaux commençaient à peine. Je pense au contraire que ces protestations étaient en fait un signe de la profonde difficulté ou réticence du pouvoir politique à concevoir l'ampleur des travaux nécessaires à la réalisation de la nouvelle carte de France, à l'exception des quelques contestations radicales qui se situaient à un niveau plus idéologique.

2.3.2.1. Les oppositions initiales à la carte de France.

Le projet d'une nouvelle carte de France avait été adopté au début de la Restauration, dans un relatif enthousiasme qui assura un soutien budgétaire facilement accordé dans les premières années des travaux. Un budget de cent mille francs fut ainsi alloué sans discussion pour les années 1818 et 1819. Il fut adopté également pour les années 1820 et 1821, malgré quelques propositions de réduction qui poussèrent la Chambre à surveiller davantage les progrès de la carte – pour laquelle aucun résultat tangible n'était encore disponible. Mais dès 1822, les discussions sur le budget de la carte se firent plus mouvementées. De nombreux députés s'élevèrent contre un projet coûteux dont ils ne

²⁸⁶ Voir infra, partie 2, chapitre 3.1.2.

²⁸⁷ Voir infra, partie 1, chapitre 3.2.1.

²⁸⁸ Voir infra, partie 1, chapitre 4.2.4.

voyaient pas la fin, ni même l'utilité. Ces oppositions montraient une méconnaissance profonde des caractéristiques du travail cartographique, en particulier des temporalités forcément longues de la réalisation d'une carte nationale à une échelle topographique, mais aussi la persistance d'une conception fixiste de la carte comme un tableau figé du territoire sans utilité pratique – à part pour les armées ennemies qui ne connaissaient pas aussi bien le territoire que les armées nationales. Le général Demarçay, qui fut le plus farouche opposant à la carte de France, jugeait ainsi que sa publication était « impolitique et nuisible » et que le gouvernement devrait l'abandonner, car « la dépense [était] sans objet »²⁸⁹. Plusieurs députés se prononcèrent d'ailleurs pour la cession de la carte à l'« intérêt particulier » comme il avait été fait pour la carte de Cassini. Cette opposition double se manifestait d'un côté par des critiques mal informées liées au retard très relatif pris par l'entreprise, seulement quatre ans après le début des travaux et alors que le projet initial ne pouvait pas s'appliquer à cause de la défection de la participation du cadastre, et d'un autre côté par une contestation de fond de l'utilité même de la carte de France. Mais les arguments qui avaient justifié son adoption en 1817 semblaient encore pertinents, et un budget réduit de quatre-vingt mille francs fut accordé pour les années 1822 et 1823.

2.3.2.2. L'effet de l'ordonnance de 1824.

L'ordonnance de 1824 apportait des modifications profondes aux spécifications de la carte qui laissaient espérer une réduction importante de la durée des travaux et permirent de calmer les contestations de la Chambre. Dans un contexte de lutte d'influence entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre, les différentes estimations de coûts réalisées par ce dernier se trouvaient évidemment instrumentalisées pour convaincre de la supériorité ou de la nécessité de certaines spécifications. L'échéance prévue pour l'achèvement de la carte était donc particulièrement optimiste. Le rapport sur lequel se basait l'ordonnance de 1824 estimait la durée des travaux restants à quinze ans avec un budget annuel de deux cent mille francs. En tenant compte des efforts d'économie consentis par le Dépôt de la guerre, avec entre autres l'adoption de l'échelle du 1 : 80 000, la Chambre des députés accorda un budget annuel de cent quarante mille francs, renouvelé sans trop de difficulté jusqu'en 1832.

Cette année-là, à l'occasion d'une proposition de réduction de dix-sept mille francs du budget, l'existence de la carte fut à nouveau remise en question. Les arguments échangés étaient assez classiques. De Tracy souligna par exemple que la Carte n'aurait une utilité que si elle était finie rapidement, à quoi le ministre de la Guerre répondit qu'elle ne pourrait être finie rapidement qu'en augmentant les crédits. Naturellement, Demarçay en profita pour rappeler qu'il trouvait la carte non seulement inutile pour les militaires, mais même dangereuse si elle tombait entre des mains ennemies. Il proposa à nouveau de la céder à une entreprise privée fonctionnant par souscription, mais le général Pelet convainquit la Chambre en reprenant le thème classique du retard sur les autres pays européens. Les fonds de deux cent mille francs furent donc votés pour 1833 et renouvelés jusqu'en 1843, malgré une contestation régulière et des propositions répétées de réduction du budget jusqu'en 1838, contre lesquelles Pelet se défendit systématiquement avec une verve caractéristique.

2.3.2.3. L'acceptation finale de la carte.

A partir de la fin des années 1830, l'opinion générale de la Chambre se mit à changer au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Pelet avait réussi à faire reconnaître à la Chambre

²⁸⁹ Cité par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 261.

que « la carte de France ne devait pas se justifier par le produit de la vente des feuilles au profit du Trésor, mais par les services signalés qu'elle [avait] déjà rendus au pays ». Ainsi, le rapporteur du budget de 1838 soulignait que « la dépense à laquelle [pourvoyait] le crédit demandé [avait] un but d'utilité qui [justifiait] la constance que l'on [mettait] à terminer le grand et beau travail »²⁹⁰.

La carte était finalement acceptée par la Chambre, d'autant plus que les recettes de la vente des premières feuilles publiées atteignaient environ cent mille francs par an dès les années 1840. Cependant, la réorganisation profonde du Dépôt de la guerre en 1844-1845 compliqua la question du budget. Un fonds de cent neuf mille francs, réduits à quatre-vingt-treize mille francs à partir de 1850, était réservé au titre de la carte de France, mais la part réellement allouée à l'entreprise dépendait de l'urgence des autres travaux du Dépôt et des possibilités globales de son budget. A partir de 1845, ce dernier ne comprenait toutefois plus les traitements versés au personnel, qui dépendaient directement de l'administration centrale. La Chambre était régulièrement tentée de réduire le budget accordé à la carte de France, argumentant qu'avec l'avancement des travaux, les recettes de la vente de feuilles étaient susceptibles de couvrir une part toujours plus grande des frais. Mais les derniers travaux menés à partir de 1855 concernaient le sud-est et la Corse, des régions montagneuses difficiles à lever dont la gravure demandait beaucoup plus de temps et d'argent²⁹¹.

Surtout, en raison de la longueur et de l'hétérogénéité des travaux, certains responsables du Dépôt de la guerre proposaient déjà de commencer la mise à jour de la carte à peine achevée. Selon eux, la révision régulière de la carte demanderait le maintien du budget alloué à sa réalisation. Mais la conception fixiste de la cartographie que partageait encore une majorité de dirigeants limita fortement l'ampleur des travaux de mise à jour et de révision jusqu'à ce que le choc de la défaite de 1870 ne provoque le début d'une remise en cause de cette conception²⁹².

Conclusion

Le projet d'une nouvelle carte de la France fut adopté entre 1817 et 1824 dans un contexte très différent de celui qui avait abouti soixante-dix ans plus tôt à la réalisation de la carte de Cassini. Alors que cette dernière s'inscrivait fondamentalement dans une perspective de prestige scientifique sous le patronage de l'Académie des sciences, la nouvelle carte de France fut conçue pour répondre aux nouveaux besoins de l'administration et des militaires, qu'avaient soulignés vingt ans de réformes de l'Etat et de guerres européennes. Mais les préoccupations scientifiques imprégnaient encore fortement la cartographie, particulièrement dans la géodésie sur laquelle reposait toute volonté de représentation géométrique. Même si la multiplicité des besoins servit d'argument opportuniste pour l'acceptation du projet, la définition précise des spécifications de la carte se transforma en une véritable lutte d'influence, particulièrement marquée entre la Commission royale d'orientation scientifique et le Comité du Dépôt de la guerre d'orientation militaire. La « victoire » des militaires se traduisit par l'adoption de spécifications qui n'étaient pas

²⁹⁰ Discours et rapport cité dans *Ibid.*, p. 268-269.

²⁹¹ Pour comparaison : les planches de plaine les moins chères à graver coûtaient quatre mille sept cents francs ; le coût moyen de la gravure d'une feuille était de dix mille francs ; les planches de montagne comme Saint-Jean-de-Maurienne ou Briançon atteignaient plus de vingt-deux mille francs, dont vingt mille francs pour la montagne seule (voir infra, partie 1, chapitre 4.2.4).

²⁹² Voir infra, partie 2, chapitre 3.1.1.

seulement un choix pragmatique lié au coût des travaux, mais aussi l'affirmation des besoins stratégiques auxquels la carte devait répondre. Dans une perspective plus large, elle marquait surtout un tournant dans l'histoire de la cartographie : le début d'un basculement des préoccupations scientifiques de la géodésie aux préoccupations techniques de la topographie.

L'influence scientifique restait pourtant forte, en particulier avec la mise en place d'une formation scientifique développée pour les ingénieurs géographes qui, après des décennies de lutte pour imposer leur légitimité, avaient finalement été reconnus par la militarisation et la professionnalisation de leur corps. Malgré leur intégration dans le corps des officiers d'état-major en 1831, ils imposèrent leurs compétences dans les opérations géodésiques de la carte qui devinrent connues sous le nom de *triangulation des ingénieurs géographes*. Cependant, le développement de la formation topographique d'officiers non spécialisés illustrent également l'essor des préoccupations techniques et l'émergence d'une conception *utilitariste* de la cartographie. La nouvelle place que prenait l'activité cartographique dans l'armée amena le ministère de la Guerre à tenter à plusieurs reprises d'intégrer le Dépôt de la guerre dans son administration centrale, au détriment d'une autonomie que la direction de celui-ci jugeait pourtant indispensable au travail cartographique. Le rejet de cette intégration aboutit à une réorganisation du Dépôt entre 1845 et 1850, qui confirmait son autonomie administrative, mais maintenait sa dépendance de l'administration centrale pour les programmes de travail et de la Chambre des députés pour les crédits budgétaires de la carte de France. Comme à l'époque de la carte de Cassini, l'allocation d'un budget annuel régulier était compromise par une incompréhension des spécificités du travail cartographique de la part des autorités, en particulier des temporalités longues propres à la réalisation d'une carte nationale à grande échelle. Malgré tout, le Dépôt de la guerre obtint des budgets suffisants pour mener les travaux à terme, même si le financement de la révision de la carte, rendue critique par la longueur des travaux et l'industrialisation de la France, s'avéra problématique en raison de la prédominance au sein de la Chambre d'une conception *fixiste* de la cartographie qui envisageait la carte comme un tableau figé du territoire.

Au-delà de son impact institutionnel, le changement fondamental que constituait la perte d'influence du milieu scientifique sur l'activité cartographique et l'affirmation des préoccupations topographiques plus techniques se manifesta particulièrement dans la représentation du relief sur la nouvelle carte de France, entre une géométrisation basée sur la géodésie et une représentation figurative provenant des levés topographiques.

Chapitre 3. Le relief dans la carte d'état-major : entre géométrisation et figuration, la persistance de la conception fixiste.

La carte de France au 1 : 80 000, appelée carte d'état-major parce qu'elle fut principalement levée par des officiers de ce corps, se situait dans l'héritage direct de la Commission de topographie de 1802²⁹³. Première carte générale véritablement topographique de la France, elle adoptait une représentation plus géométrique du relief, basée sur des hachures normalisées tracées entre des courbes de niveau approximatives. L'ordonnance royale de

²⁹³ Voir supra, partie 1, chapitre 1.3.

1824 avait certes définitivement privilégié les besoins administratifs et militaires sur les préoccupations scientifiques, mais la géométrisation de la représentation cartographique reposait encore sur des méthodes fixées depuis un siècle et demi sous l'influence de la science géodésique. La prédominance scientifique dans ce domaine était telle que même après l'affirmation de la seule autorité du Dépôt de la guerre sur les travaux de la carte de France et la disparition de la Commission royale à la suite de la mort de son président Laplace, les opérations géodésiques qui devaient servir de base à la nouvelle carte furent menées dans une approche scientifique, accentuée par la formation plus rigoureuse des ingénieurs géographes assurée entre 1809 et 1831 par Louis Puissant²⁹⁴. Réalisée essentiellement entre 1818 et 1854²⁹⁵ sur une base méthodologique solide²⁹⁶, la nouvelle description géométrique de la France, qui fut plus tard appelée *triangulation des ingénieurs géographes*, posa les fondations géométriques de la nouvelle carte. Cependant, la traduction topographique de cette géométrisation fut limitée par l'absence de véritables besoins et par des techniques de nivellement dont le développement avait été retardé par la préférence géodésique du 18^e siècle. Les spécifications et les méthodes employées pour la représentation cartographique du relief, notamment dans une rédaction encore fortement artistique, traduisaient la persistance d'une conception fixiste et figurative de la cartographie qui ne fut pas remise en cause avant les années 1870.

3.1. Une base géodésique solide : la nouvelle description géométrique de la France.

Durant toute la période d'élaboration du projet de la nouvelle carte de France, et même après l'ordonnance royale de 1824 qui plaçait celle-ci sous la seule autorité du Dépôt de la guerre, la partie géodésique du projet resta sous l'influence prépondérante des savants, à travers la Commission royale dominée par son président Laplace. Sa réalisation devait apporter de nouveaux éléments pour la détermination des formes et dimensions de la Terre, mais elle devait également servir de base géométrique à la nouvelle carte. Pourtant, les travaux géodésiques conservèrent une certaine indépendance vis-à-vis des travaux topographiques, en particulier pour la triangulation de 1^{er} ordre. La stabilité de méthodes bien définies et les travaux menés dans certaines régions sous l'Empire permirent la réalisation relativement rapide de cette nouvelle description géométrique de la France. Mais entre l'orientation scientifique très marquée des premiers travaux et la réaction des autorités cartographiques à l'achèvement de la triangulation, une modification sensible de l'approche soulignait le début d'une instrumentalisation de la géodésie à des fins purement topographiques.

3.1.1. Une œuvre indépendante basée sur des méthodes bien définies.

3.1.1.1. Une approche scientifique incontestée.

De façon moins exclusive que la carte de Cassini, le projet d'une nouvelle carte de France avait toutefois été fondé en grande partie sur un projet géodésique défendu par les milieux

²⁹⁴ Voir supra, partie 1, chapitre 2.2.2.2.

²⁹⁵ La triangulation de la Savoie et du Comté de Nice ne fut exécutée qu'après leur annexion en 1859 et achevée en 1863. La triangulation de la Corse fut réalisée en 1863, après la décision de remplacer la carte de Corse basée sur les travaux de Tranchot.

²⁹⁶ Voir supra, partie 1, chapitre 1.4.

scientifiques. J'ai montré comment la lutte d'influence entre savants et militaires autour de ce projet ne concerna que peu l'aspect géodésique²⁹⁷. L'accord des différentes commissions dans ce domaine et les techniques bien définies qu'utilisaient les ingénieurs géographes pour les travaux de triangulation permirent de commencer les opérations géodésiques d'autant plus rapidement qu'elles étaient indépendantes des choix à faire en matière de levés topographiques, sur lesquels se concentrait l'opposition entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre – en particulier les échelles de levé et de gravure.

L'instruction rédigée en 1818 par la Commission spéciale²⁹⁸ me paraît particulièrement révélatrice de la définition très précise des opérations géodésiques et de leur indépendance. Dans la première partie consacrée à la géodésie, les détails des travaux géodésiques étaient régulés avec une remarquable précision, dans une forme quasi-définitive : reconnaissances, constructions des signaux de 1^{er} et 2^e ordre, méthodes et modalités des observations trigonométriques, mesures des bases, et même répartition temporelle des calculs – le jour même de façon provisoire, durant les mois d'hiver de façon définitive. Si certaines concessions étaient bien faites aux considérations économiques, comme par exemple l'ordre d'utiliser au maximum le bois brut pour la construction des signaux, la plus grande partie de cette instruction suivait scrupuleusement les directives de la Commission royale, particulièrement stricte sur la rigueur scientifique des opérations. Au contraire, la deuxième partie de l'instruction, consacrée aux travaux topographiques, restait très imprécise. Elle connut d'ailleurs de nombreuses modifications dans les décennies qui suivirent.

Les opérations géodésiques se trouvaient donc entièrement sous l'influence des savants, qui en avaient défini très précisément les modalités d'exécution. Même si la Commission royale cessa de se réunir après la mort de Laplace en 1826, cette influence ne fut pas remise en question dans le déroulement même des travaux qui suivirent les directives définies en 1818.

3.1.1.2. Organisation et déroulement des travaux.

Les travaux commencèrent sous la direction de la Commission royale²⁹⁹. Celle-ci avait « divisé la France par des chaînes primordiales, méridiennes et parallèles, en grands quadrilatères de 200 kilomètres de côté environ. Dans l'intérieur de ces quadrilatères, [elle avait] établi, pour asseoir les triangulations de 2^e et 3^e ordre, un enchaînement de 1^{er} ordre, se rattachant aux grandes chaînes précitées, mais observé avec moins de précision que ces dernières »³⁰⁰ (figure 3). Une partie des chaînes primordiales avait déjà été mesurée selon les méthodes adoptées pour la nouvelle description géométrique de la France :

- la méridienne de France, par Delambre et Méchain (1792-1798) ;
- la méridienne de Strasbourg (jusqu'à Genève), par le colonel Henry (1804) ;
- la partie du parallèle moyen comprise entre la méridienne de France et le côté Granier-Colombier, à la frontière de la Savoie, par le colonel Brousseau (1811-1813).

²⁹⁷ Voir supra, partie 1, chapitre 2.1.3.

²⁹⁸ Publiée *in extenso* dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 284-298.

²⁹⁹ Les travaux, les calculs et les résultats de la nouvelle description de la France sont décrits en détail dans les tomes VI, VII et IX du *Mémorial du Dépôt de la guerre*.

³⁰⁰ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 1.

Quand les travaux débutèrent en 1818, les opérations primordiales prenaient donc la suite des opérations exécutés sous la Révolution et l'Empire. Quatre nouvelles bases mesurées avec les règles de Borda complétèrent les deux bases de Delambre et la base d'Ensisheim mesurée par Henry. « Les chaînes primordiales furent achevées en 1827 par le parallèle des Pyrénées, le réseau de 1^{er} ordre complémentaire en 1843 »³⁰¹.

Une partie des travaux de 2^e et 3^e ordre furent entrepris en même temps que ceux du 1^{er} ordre pour pouvoir débiter le plus tôt possible les levés topographiques. Ils concernèrent la région de Paris et de Melun, dont une partie avait déjà été triangulée entre 1810 et 1814 durant les travaux d'extension de la carte des Chasses. Globalement, le travail du 2^e ordre – qui intéressait moins le milieu scientifique – était plus rapide : les officiers ne devaient pas « trop chercher à former un bel enchaînement, mais s'attacher surtout à déterminer un grand nombre de points, et, autant que possible, les répartir dans toutes les régions de la feuille »³⁰².

³⁰¹ *Le Service Géographie de l'Armée. Son histoire, son organisation, ses travaux.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1938, p. 38.

³⁰² PEYTIER Colonel, « Notes sur les opérations géodésiques », *op. cit.*, p. 449.

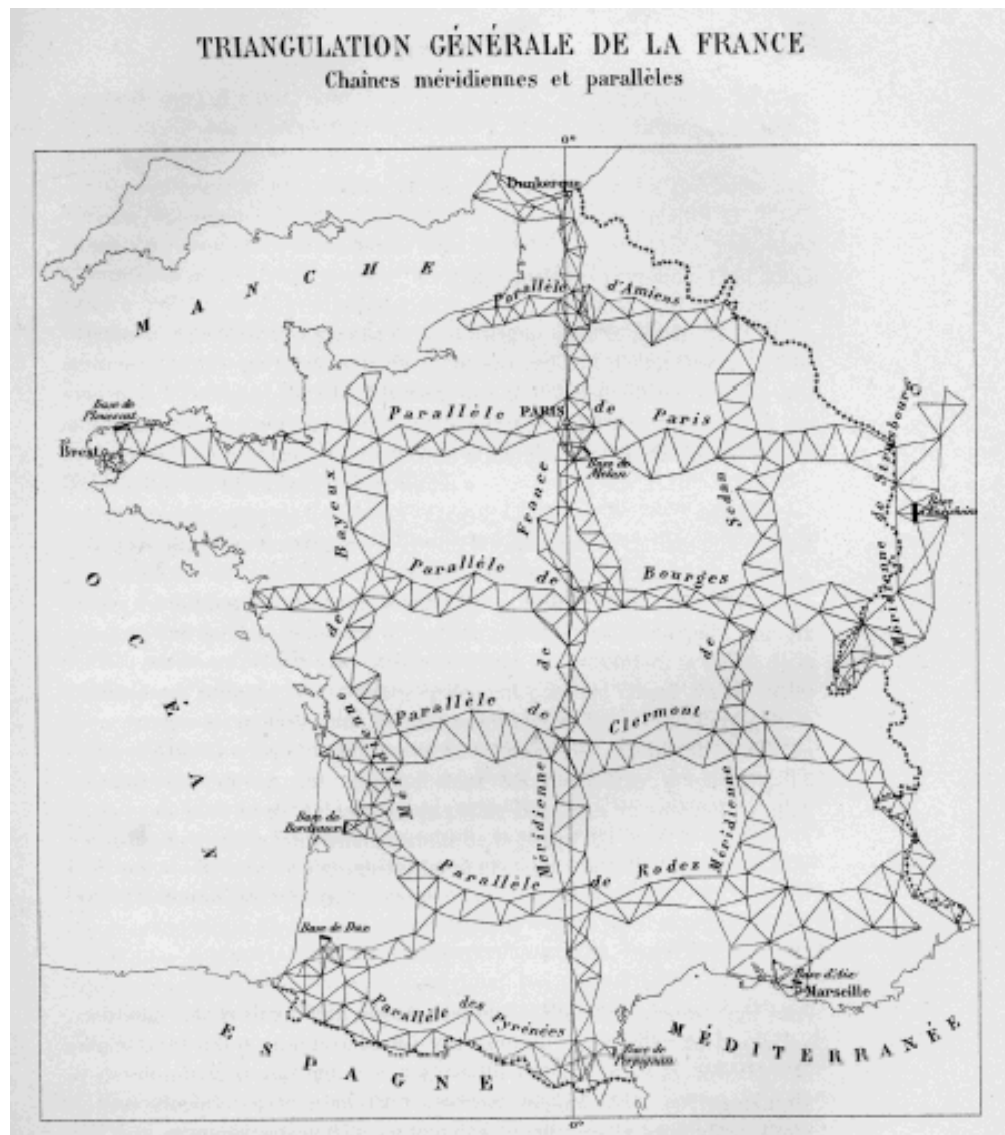


Figure 3 : Carte de la triangulation des ingénieurs géographes.

Source BERTHAUT Col. La carte de France. T.2. Op. cit., p. 24.

Ainsi, « le réseau entier, à l'exception de la Savoie et de la Corse, était terminé en 1854 »³⁰³. La Savoie et le Comté de Nice se trouvaient alors en dehors du territoire français. Après leur annexion en 1859, leur triangulation fut rapidement exécutée : pour la Savoie, le réseau de 1^{er} ordre reprit les sommets de triangles existants, issus majoritairement des travaux de l'Empire, et seules les triangulations de 2^e et 3^e ordres furent exécutées entre 1861 et 1863³⁰⁴. La Corse avait été triangulée et levée entre 1770 et 1791 par l'ingénieur géographe Tranchot selon des méthodes suffisamment proches des principes édictés par la Commission royale pour qu'il ne soit pas jugé nécessaire d'entreprendre rapidement de nouveaux travaux. En 1862, le Dépôt de la guerre décida finalement de dresser une carte

³⁰³ Le SGA. Op. cit., p. 38.

³⁰⁴ Voir infra, partie 1, chapitre 4.2.3.

de la Corse au 1 : 80 000 pour l'intégrer à la carte de France, et une nouvelle triangulation fut alors effectuée par les capitaines Bugnot, Perrier et Proust en 1863.

3.1.1.3. Des méthodes stables.

En 1818, vingt-six ingénieurs géographes étaient employés pour les opérations géodésiques de la nouvelle description géométrique de la France. L'instruction de 1818 s'était basée sur les estimations de la Commission spéciale pour fixer le rendement exigé : en une campagne, un ingénieur géographe devait effectuer quinze stations pour les opérations de 1^{er} ordre ou vingt-cinq stations pour les opérations de 2^e ordre – sans compter les stations de 1^{er} ordre où l'officier était obligé de revenir. Les directives ne prenaient absolument pas en considération la difficulté du terrain à parcourir et à trianguler, ce qui eut des conséquences parfois funestes dans les régions montagneuses³⁰⁵.

Les ingénieurs géographes opéraient selon les méthodes qu'ils avaient largement contribué à fixer au cours des travaux de la période impériale. Bien définies, elles ne connurent pratiquement aucun changement pendant toute la durée des travaux, à l'exception de quelques modifications instrumentales. Par exemple, la pyramide renversée qui devait réglementairement servir de sommet aux signaux géodésiques fut rapidement remplacé par une mire carrée plus pratique. Mais le principal changement fut l'adoption du théodolite répétiteur à deux cercles pour les triangulations de 2^e et 3^e ordres.

Comme je l'ai déjà souligné, les ingénieurs géographes privilégiaient l'emploi des cercles répétiteurs au cours des opérations primordiales et de 1^{er} ordre, pour des raisons purement scientifiques de précision supérieure des mesures. Mais les travaux de 2^e ordre demandaient un nombre bien plus élevé de stations, que l'instruction de 1818 avait d'ailleurs sous-estimée. D'après le *Mémorial du Dépôt de la guerre*, les officiers effectuaient entre trente et cinquante stations par campagne de 2^e ordre, observant environ mille angles horizontaux et huit cents distances zénithales, sur une surface de deux milles cinq cents kilomètres carrés. A cela s'ajoutaient les calculs d'environ cinq cents triangles du 2^e et 3^e ordre et ceux servant à déterminer les trois coordonnées géographiques de cent soixante à deux cents points³⁰⁶.

Le théodolite répétiteur à deux cercles permettait un gain de temps important, à la fois parce qu'il ne nécessitait pas de réduire à l'horizon les angles mesurés et parce qu'il permettait d'effectuer les mesures de distances zénithales sans avoir à modifier l'orientation des cercles. Mis au point dans les années 1820, il fut donc rapidement préféré au cercle répétiteur pour les opérations ne nécessitant pas une extrême précision. Pour les triangulations de 2^e et 3^e ordres, les ingénieurs géographes utilisèrent essentiellement des modèles fabriqués par Gambey avec un diamètre de vingt-deux centimètres, qui permettaient des mesures directes avec une précision de vingt secondes centésimales – et de dix secondes par estimation. Particulièrement appréciés par les opérateurs, ces théodolites furent considérés comme « les meilleurs instruments dont les ingénieurs

³⁰⁵ Voir infra, partie 1, chapitre 4.1.

³⁰⁶ *Mémorial du Dépôt de la guerre*. T.IX. Paris : Ch. Picquet, 1853, p. 348.

géographes et les officiers d'état-major [aient] disposé pour la triangulation française de 2^e et 3^e ordre »³⁰⁷.

Contrairement aux levés topographiques, les méthodes et les instruments utilisés pour les opérations géodésiques ne connurent aucune amélioration pendant les travaux. A quelques rares exceptions, toutes les opérations furent exécutées avec les mêmes modèles d'instruments, cercle répétiteur pour le 1^{er} ordre et théodolite répétiteur à deux cercles pour les 2^e et 3^e ordres. Cette stabilité remarquable des méthodes et des instruments permit d'obtenir un réseau particulièrement homogène, à l'exception des régions annexées en 1860 et triangulées dans l'urgence à partir de résultats anciens pour ne pas retarder les levés topographiques. Mais la stabilité même des méthodes, qui n'avaient pas évolué depuis la fin du 18^e siècle, provoqua une certaine remise en cause des résultats de la triangulation, tempérée par les besoins topographiques moins exigeants en précision.

3.1.2. Le début d'une instrumentalisation de la géodésie.

3.1.2.1. Critique de la précision de la triangulation.

Pour justifier l'entreprise d'une nouvelle triangulation de la France, les savants avaient systématiquement mis en avant la « perfection » des méthodes géodésiques contemporaines. Mais à l'achèvement de la triangulation en 1854, cette perfection fut légèrement remise en cause par l'examen des résultats définitifs.

Dans une étude critique de la nouvelle description géométrique de la France³⁰⁸, le colonel Peytier expliqua la précision supérieure des nouvelles chaînes primordiales par la différence de qualité entre les cercles répétiteurs utilisés pour la méridienne par Delambre et Méchain et ceux utilisés par les ingénieurs géographes, ainsi que par le recours plus systématique à des signaux construits plutôt qu'à des édifices irréguliers comme les clochers. Mais il rappela aussi que ces chaînes primordiales n'avaient pourtant pas été mesurées avec toute la rigueur voulue, et que par exemple quelques clochers avaient encore été utilisés en guise de signaux.

De nombreux spécialistes partageaient cette relative déception quant à la précision scientifique de la nouvelle triangulation. Louis Puissant mena une analyse critique détaillée afin de déterminer les principales sources d'imprécision. En comparant la mesure de la longueur des bases et le résultat obtenu par le calcul à partir des triangles, il détermina les corrections qu'il fallait apporter localement à la triangulation.

A la fin du 19^e siècle, au vu des nombreuses applications pratiques de cette triangulation, le colonel Berthaut portait un jugement moins négatif et plus pragmatique :

« Ainsi, la triangulation des ingénieurs géographes, incomparablement plus exacte que celle de Cassini, n'est pas encore parfaite au point de vue de la précision scientifique. Il est probable que si on recommençait une troisième fois la description géométrique de la France, avec les moyens que l'on possède actuellement, le troisième réseau réaliserait sur le second un progrès égal à celui du second sur le premier ; mais la triangulation actuelle, malgré les défauts

³⁰⁷ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 112.

³⁰⁸ PEYTIER Colonel. Notes sur les opérations géodésiques. *Op. cit.*

qu'on lui connaît, a parfaitement rempli son but principal à l'égard de la carte de France. »³⁰⁹

Je pense que toutes ces critiques, sur une entreprise qui avait pourtant été envisagée comme définitive par certains au moment de sa conception, illustrent parfaitement l'inscription de la cartographie dans un paradigme du développement scientifique basée sur l'accroissement perpétuel de la précision instrumentale. Le recours incessant à l'argument de la précision supérieure des nouvelles techniques obligeait d'ailleurs les promoteurs et observateurs des entreprises cartographiques à des contorsions lexicales, dans lesquelles le qualificatif « exact » acceptait des formes superlatives (« incomparablement plus exacte que celle de Cassini ») et le substantif « perfection » plusieurs degrés.

3.1.2.2. Une précision suffisante aux applications topographiques.

Toutes les critiques exprimées à l'égard de la nouvelle triangulation m'apparaissent très légères au regard des attentes de perfection qu'elle avait suscitées lors de sa conception. Il est évident qu'une partie du discours des savants constituait à l'époque une forme plus ou moins consciente de propagande pour l'acceptation du projet, mais l'idéologie du progrès était déjà suffisamment ancrée dans les milieux scientifiques pour que l'essentiel de ce discours ait été prononcé en toute bonne foi. Je pense donc que l'acceptation relativement facile des défauts de la triangulation est une nouvelle preuve du basculement de la cartographie de préoccupations scientifiques à des préoccupations plus techniques – et donc plus pragmatiques.

Dans son analyse des corrections à apporter à la nouvelle description géométrique de la France, Puissant rappelait que ces corrections n'étaient « véritablement indispensables que dans les questions qui ont rapport à la recherche de la figure de la Terre, et aux inégalités de sa surface »³¹⁰. Il sous-entendait ainsi pour la première fois que l'aspect scientifique de l'entreprise n'était pas aussi important que son utilisation comme base aux levés de la nouvelle carte de France. Que le plus savant des ingénieurs géographes, membre de l'Académie des sciences, relativise à ce point la place de la science dans les opérations géodésiques me semble un témoignage particulièrement révélateur de ce basculement vers les préoccupations techniques. A la fin du 19^e siècle, Berthaut illustre parfaitement la nouvelle prépondérance de ces préoccupations quand il soutenait la qualité *suffisante* de la triangulation en affirmant qu'« à l'échelle de cette carte, [...] une erreur absolue de 10 mètres sur la position d'un point, erreur considérable, inadmissible au point de vue géodésique, ne se traduit que par un déplacement d'une fraction de millimètre inappréciable »³¹¹.

La nouvelle description géométrique de la France marque ainsi une étape fondamentale dans l'évolution des rapports entre la géodésie et la topographie. Les préoccupations purement scientifiques qui avaient essentiellement présidé à son exécution s'effaçaient devant les préoccupations techniques et pragmatiques liées à la réalisation de la nouvelle carte de France, pour répondre aux nouveaux besoins administratifs et militaires. Le développement problématique des techniques de nivellement topographique, qui ne suffisaient pas encore à établir une représentation géométrique du relief, confirmèrent l'instrumentalisation de la géodésie à des fins topographiques.

³⁰⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France. T.2. Op. cit., p. 26-27.*

³¹⁰ Cité dans *Ibid.*, p. 26.

³¹¹ *Ibid.*, p. 26-27.

3.2. Le développement problématique du nivellement topographique.

La Commission de topographie de 1802 avait imposé une représentation plus géométrique du relief qui nécessitait des opérations de nivellement pour déterminer l'altitude d'un certain nombre de points. Mais les méthodes de levé topographique alors employées, si elles permettaient une représentation géométrique de la planimétrie par l'emploi de la planchette déclinée et de l'alidade, se bornaient à une représentation figurative du relief, basée sur la simple observation du terrain sans mesure instrumentale. Au début des levés pour la carte de France en 1818, la situation n'avait guère évolué. Les premiers instruments de nivellement topographique commençaient à peine d'être conçus sous l'impulsion des principes édictés par la Commission de 1802 et la méthode employée pour les premiers levés topographiques de la carte de France restait essentiellement fondée sur une représentation figurative du relief qui dénaturait le principe des hachures figuratives. Il fallut plus de trois décennies pour qu'une méthode formalisée soit imposée aux officiers d'état-major dans un respect plus strict des principes de la Commission de 1802, sans toutefois diminuer véritablement le rôle central du nivellement géodésique.

3.2.1. Le développement des instruments de nivellement topographique.

3.2.1.1. L'inexistence du nivellement topographique au début du 19^e siècle.

Le problème des techniques de nivellement à employer pour mesurer les altitudes s'était posé dès l'affirmation d'une représentation géométrique du relief par la Commission de topographie de 1802. Les méthodes de nivellement géodésique, basées sur la mesure de distances zénithales, ne pouvaient tout simplement pas être utilisées pour la détermination d'un grand nombre de points dont la position n'était pas nécessairement adaptée aux visées lointaines. La Commission se prononça d'ailleurs contre l'emploi de la représentation en courbes de niveau pour des échelles inférieures au 1 : 10 000, parce qu'avec les techniques disponibles, ces courbes ne pouvaient être déterminées que par filage sur le terrain avec un nivellement lent et délicat au baromètre³¹². Elle prescrivit donc l'emploi préférentiel d'une représentation en hachures normalisées, appuyées sur des courbes approximatives tracées à partir des données de la triangulation et d'observations du terrain. Mais elle insistait particulièrement sur l'inscription du plus grand nombre possible de cotes d'altitude, déterminées par des techniques de nivellement géodésique – confirmant la place centrale de la géodésie dans la cartographie scientifique en cours de formalisation.

Le silence des instructions postérieures souligne bien la nouveauté de la problématique du nivellement dans les levés topographiques. Les deux instructions de Thermidor An XI (1803), signées du colonel Vallongues et de l'ingénieur géographe Muriel, spécifiquement consacrées aux méthodes à employer pour le levé topographique, ignoraient totalement la question du nivellement. Le règlement du 24 mai 1811 rappelait bien la nécessité d'avoir des cotes d'altitudes sur le levé, mais il ne donnait pas les moyens de les obtenir.

Le nivellement topographique n'existait en fait pratiquement pas au début du 19^e siècle. Les seuls instruments alors capables de mesurer les distances zénithales étaient les cercles répétiteurs et les théodolites, mais ils restaient trop lourds, même dans leur version les plus réduites, et trop complexes d'utilisation pour être employés lors de levés topographiques qui nécessitaient de parcourir assez rapidement le terrain. D'ailleurs, aucun de ces instruments ne figurait dans la liste réglementaire de l'équipement des ingénieurs

³¹² Voir supra, partie 1, chapitre 1.3.2.1.

géographes pour le levé topographique³¹³, et jusqu'au début des levés de la carte de France, leurs travaux topographiques ne comportaient que rarement des cotes d'altitudes. Quand il en figurait, elles provenaient d'un nivellement géodésique. Depuis la Commission de 1802, les opérations de triangulation fournissaient en effet systématiquement les trois coordonnées géographiques pour chaque point. L'altitude était obtenue par des mesures zénithales, le plus souvent réciproques³¹⁴, de chaque sommet de triangle visé, et par l'intégration dans les calculs de triangles des observations barométriques de référence exécutées en un ou plusieurs sommets des chaînes.

Le calcul de la hauteur du Mont Blanc est un bon exemple des méthodes employées pour déterminer les altitudes. L'une des missions des travaux géodésiques menés en Savoie sous l'Empire était en effet de déterminer la position géographique absolue du Mont Blanc, que certains savants dont Laplace considéraient comme le point le plus invariant d'Europe et qu'ils proposaient donc d'adopter comme base des coordonnées géographiques. L'altitude devait être calculée à partir de la position de l'ancien observatoire de Genève et de la hauteur du lac Léman au-dessus de la mer, obtenue par des observations barométriques. Aucune ascension ne fut donc exécutée, les visées étant effectuées depuis la plaine. Les premiers calculs réalisés par l'ingénieur géographe Coraboeuf à partir de ces données, publiés dans un mémoire de la Société de géographie, donnaient les altitudes d'une série de sommets de la région. Celle du Mont Blanc était déterminée à 4 814,20 mètres. Mais la triangulation de la Savoie était à l'origine basée sur un côté de triangle de Cassini. Les calculs furent donc repris par Coraboeuf en 1832 à partir des données de la nouvelle triangulation³¹⁵. Pour le Mont Blanc, ils donnèrent une cote de 4 810,89 mètres. Les calculs de la commission austro-sarde³¹⁶, basée sur les altitudes des monts Granier et Colombier, donnaient 4 801,86 mètres avant modification, et 4 811,59 mètres après la prise en compte des nouvelles hauteurs de ces monts, calculées à partir de la nouvelle triangulation. Pour mémoire, les calculs basés sur les séries d'observations barométriques de Saussure avaient donné en 1787 une altitude de 4 808,32 mètres³¹⁷.

Dans les premières décennies du 19^e siècle, certains topographes du Génie employaient bien des baromètres pour procéder à un nivellement topographique de précision afin d'établir des courbes de niveau par filage pour les plans à très grande échelle des fortifications ou des défilements. Mais cette méthode n'était applicable que pour des opérations extrêmement locales, ce que soulignait l'adoption d'un nivellement relatif : contrairement à la directive de la Commission de topographie de 1802 qui prescrivait de définir le nivellement par rapport au niveau de la mer, les ingénieurs du génie se référaient à un plan horizontal passant par le plus haut sommet du terrain représenté, ce qui permettait d'obtenir des cotes ayant toutes le même signe, négatif. En aucun cas cette méthode ne

³¹³ Ordre du général directeur Sanson du 4 avril 1810, cité par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 147.

³¹⁴ Mesure effectuée d'un premier sommet en visant un deuxième, puis réciproquement du deuxième sommet en visant le premier.

³¹⁵ Entre autres les opérations géodésiques menées entre 1827 et 1829 par le capitaine Filhon dans le quadrilatère Beaune-Pontarlier-Belley-Lyon.

³¹⁶ En 1822, une commission scientifique austro-sarde compléta la chaîne du parallèle moyen entre la partie française de la nouvelle description géométrique et la partie italienne exécutée sous l'Empire (voir infra, partie 1, chapitre 4.1.1.2).

³¹⁷ *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre*. T.VI. *La première partie de la nouvelle description de la France*. Paris : Ch. Picquet, 1832. Détermination de la hauteur du Mont Blanc par le colonel Coraboeuf, p. 272-284.

pouvait être envisagée pour les travaux considérablement plus étendus de la carte de France.

3.2.1.2. Eclimètres et boussoles nivelantes, les premiers instruments de nivellement topographique.

Les premiers instruments étudiés spécialement pour le nivellement topographique apparaissent dans les années 1810, en même temps qu'un terme nouveau pour les désigner : *éclimètre*³¹⁸. Plus encore que le développement des instruments géodésiques au 18^e siècle, celui des éclimètres au début du 19^e siècle corrobore mon hypothèse d'une absence totale de déterminisme technique dans les évolutions instrumentales de la cartographie³¹⁹ : en prescrivant de multiplier les indications de cotes d'altitude, la Commission de topographie de 1802 orienta très fortement la recherche technique vers l'élaboration d'instruments de nivellement topographique, d'autant plus que des officiers d'état-major y participèrent parfois directement.

Les premiers modèles décrits par Puissant consistaient en des adaptations du niveau de maçon, ou niveau à perpendiculaire, pour permettre la mesure des pentes – d'où le nom parfois employé de *niveau de pente*. Dans sa description de la méthode pour obtenir les cotes d'altitude et les degrés de pente afin de figurer le terrain, Puissant définissait l'éclimètre comme « un niveau à lunette plongeante, armé d'un petit arc vertical gradué (le niveau à perpendiculaire). »³²⁰

Ces premiers modèles d'éclimètre furent rapidement adaptés sur des boussoles pour réunir en un seul instrument plusieurs fonctions nécessaires aux levés topographiques. Ces *boussoles nivelantes* (ou *boussole à éclimètre*) étaient constitués d'une grande boussole et d'une lunette à réticule en guise de viseur. La lunette pouvait s'incliner verticalement sur un limbe fixé au boîtier. L'aiguille aimantée permettait de mesurer l'azimut³²¹ de la direction de l'objet visé, alors que l'angle de pente était lu sur le limbe vertical.

3.2.1.3. Les boussoles à éclimètres du Dépôt de la guerre.

La deuxième partie de l'instruction de 1818, consacrée aux levés topographiques, ordonnait d'utiliser des boussoles nivelantes, qui étaient alors simplement qualifiées de boussoles « pourvues des additions [...] faites récemment, pour pouvoir observer les angles de hauteur et de dépression à l'effet de déterminer les cotes de niveau nécessaires pour tracer les courbes horizontales prescrites comme bases fondamentales du figuré du terrain »³²². Cependant, leur emploi n'était pas jugé satisfaisant et des recherches étaient toujours menées pour les améliorer. En janvier 1822, le capitaine d'état-major de Lostende, aide de camp du général Guilleminot, alors directeur du Dépôt de la guerre, élaborait « une boussole à éclimètre aussi simplifiée que possible, [...] que l'on employait avec une stadia »³²³³²⁴.

³¹⁸ Si le *Robert* atteste l'existence du mot seulement à partir de 1870, il était déjà employé dans l'édition de 1820 de PUISSANT Louis Colonel. *Traité de topographie, d'arpentage et de nivellement*. Paris : Courcier, 1820, 331 p.

³¹⁹ Voir supra, partie 1, chapitre 1.4.4.

³²⁰ PUISSANT Louis Colonel. *Traité de topographie, d'arpentage et de nivellement*. Op. cit.

³²¹ Angle formé par le méridien magnétique et l'horizontale reliant l'instrument au point visé.

³²² Instruction de 1818, publiée dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. Op. cit., p. 293.

³²³ Stadia : instrument de mesure des distances, formé d'une mire graduée, observée par un instrument d'optique muni d'un réticule.

Acceptée par une commission spéciale présidée par Bonne, la stadia de Lostende fut prescrite aux officiers topographes par une instruction de mars 1822. Chaque ingénieur devait se procurer lui-même ses instruments, qui étaient régulièrement contrôlés par les chefs de section. Ce ne fut qu'à partir de 1830 que le Dépôt de la guerre se dota de boussoles à éclimètre pour les mettre à disposition des officiers : il s'agissait essentiellement de modèles Rochette et Oberhaeuser, et à partir de 1849 de quelques boussoles Imbault.

3.2.1.4. L'instrumentalisation nécessaire de la géodésie.

Les boussoles à éclimètre, même les versions les plus complexes, restaient encore relativement imprécises. Elaborées avant tout pour être légères et pratiques à utiliser sur le terrain, elles ne remettaient pas en cause les fondations géodésiques du nivellement, nécessaires à la détermination des cotes d'altitude. Loin d'alléger les opérations de triangulation, l'emploi de ces instruments nécessita de systématiser le nivellement géodésique en observant « à tous les sommets des triangles du 1^{er} ordre autant de distances zénithales réciproques qu'il était nécessaire, pour que les erreurs commises sur les différences de niveau ne dépassassent pas 2 mètres, dans les cas les plus défavorables. Ces sommets, marqués par des bornes de pierre, [étaient] autant de repères auxquels se [rattachaient] d'autres nivellements trigonométriques de détail propres à la détermination approximative des courbes de niveau équidistantes. »³²⁵

Cette nouvelle forme d'organisation du levé topographique, avec une dépendance très forte des opérations géodésiques, constituait à mon avis le début d'une véritable instrumentalisation de la géodésie par la topographie. Les partisans d'une approche scientifique reconnaissaient eux-mêmes que le principal but de la nouvelle description géométrique de la France était de servir de bases aux levés topographiques. L'insuffisance des techniques de nivellement topographique et la lente et difficile généralisation de la mesure instrumentale du relief dans les levés topographiques confortèrent le rôle central de la géodésie dans la représentation géométrique du relief.

3.2.2. Les premières méthodes de levés topographiques du relief pour la carte de France.

3.2.2.1. La méthode initiale, dénaturation des principes de la Commission de 1802.

Au début des travaux de la carte de France, les limites des premiers instruments de nivellement topographique et les problèmes posés par les changements de l'échelle des levés entre 1818 et 1823 imposèrent l'évolution d'une méthode de levé topographique qui n'était déjà que peu formalisée. Si le recours à des instruments tendait à se développer avec l'adoption des boussoles à éclimètre, il restait encore limité. Par exemple, les instructions recommandaient d'effectuer les mesures de distances au pas ou à la chaîne, mais dans la pratique, cette dernière n'était que très rarement utilisée.

Jusqu'en 1824, les levés étaient effectués à l'échelle du 1 : 10 000³²⁶. Pour le levé du relief, l'instruction de 1818 prescrivait à l'officier de commencer par déterminer l'altitude des

³²⁴ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 154.

³²⁵ PUISSANT Colonel Louis. *Mémorial du Dépôt de la guerre*. Tome VI. *Op. cit.*, p. 232.

³²⁶ Durant tous les travaux de la carte de France, les levés étaient effectués sur des *mappes*, c'est-à-dire des réductions à l'échelle des levés de documents externes, quand ceux-ci étaient disponibles et communiqués à temps par les administrations du

points remarquables du terrain à lever, le plus souvent situés sur les sommets, les crêtes ou les thalwegs. Pour cela, il devait se rattacher aux points géodésiques et déterminer les différences de niveau par la mesure des angles verticaux et l'utilisation d'une table calculée à cet effet. Le nombre de points ainsi déterminés devait être d'environ deux par kilomètre carré, mais l'officier supérieur pouvait fixer un nombre plus ou moins élevé selon le terrain.

Partant ensuite de ces points cotés, l'officier devait mesurer les angles de pente et tracer « la longueur de la hachure représentant la ligne de plus grande pente », « au moyen d'une table des cotangentes calculées pour une hauteur constante de dix mètres »³²⁷ – c'est-à-dire l'équidistance réglementaire des courbes approximatives pour le 1 : 10 000. La hachure ainsi tracée suivait généralement les lignes caractéristiques du terrain. En répétant la même opération sur toute la pente et dans différentes directions depuis le sommet, il pouvait ainsi tracer les courbes de niveau équidistantes de dix mètres³²⁸. Si certaines minutes au 1 : 10 000 et au 1 : 20 000 étaient représentées uniquement en courbes de niveau, la plupart des minutes comportaient aussi des hachures³²⁹.

Les hachures se retrouvaient ainsi aux deux extrémités de la représentation graphique du relief. Au début des opérations topographiques, les courbes de niveau ne pouvant pas, dans la pratique, être levées par la méthode du filage sur le terrain, elles étaient déterminées à partir du tracé des lignes de plus grandes pentes – c'est-à-dire de hachures. A la fin, ces mêmes courbes servaient à tracer les hachures manquantes – et disparaissaient parfois de la mise au net. La Commission de 1802 n'avait pas décrit le moyen pratique d'appuyer les hachures sur des courbes approximatives, ni précisé si ces courbes devaient être physiquement tracées. Je considère pourtant que la méthode employée au début des levés de la carte de France *dénaturait* les principes édictés par la Commission : à cause essentiellement des moyens instrumentaux disponibles, cette méthode faisait des courbes une simple construction intermédiaire entre le tracé de hachures représentant les lignes caractéristiques du terrain et le tracé des hachures plus figuratives qui « remplissaient » les vides.

3.2.2.2. L'impact des changements d'échelle de levé.

L'ordonnance royale de 1824 imposait définitivement l'échelle du 1 : 40 000 pour les levés topographiques de la nouvelle carte de France. Même si elle fut contestée par la Commission royale et que certains levés continuèrent à être effectués au 1 : 20 000 jusqu'en

Cadastre ou des Eaux et forêts. Les levés cadastraux étaient jugés de très mauvaise qualité par les militaires, à la fois pour des raisons plus objectives liées à leurs conditions d'exécution, décentralisée et mal financée, et à la fois pour des raisons plus subjectives liées à l'opposition ancienne entre les ingénieurs civils et militaires (à la fin du 19^e siècle encore, Berthaut parlait par exemple des « pauvres et ignorants employés des géomètres de villages » !). Ces documents externes nécessitant de nombreuses retouches, ils étaient réduits avec un pantographe, même après l'adoption des procédés photographiques de réduction en 1859. (La citation de Berthaut est tirée de BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 55.)

³²⁷ « Art. III – Figuré du terrain », de l'instruction de 1818, reproduite dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 295-296.

³²⁸ Si le terrain était peu accidenté, une équidistance de cinq ou deux mètres pouvait être adoptée afin de faciliter le levé et d'éviter de tracer des hachures trop longues.

³²⁹ Jusqu'en 1828, l'utilisation d'effets d'ombrage était suspendue tant qu'une commission n'en aurait pas déterminé le mode, mais elle fut définitivement interdite en 1828. *Ibid.*.

1840³³⁰, la plupart des minutes furent levées au 1 : 40 000 à partir de 1824. Une instruction, rédigée en 1823 en prévision des changements qu'apporterait l'ordonnance, présentait les modifications de la méthode liés au changement d'échelle.

La modification principale concernait la suppression définitive du tracé des courbes approximatives qui étaient censées appuyer le tracé des hachures. En effet, si l'instruction de 1823 stipulait clairement que la direction des hachures devait être déterminée « en imaginant ou en traçant avec l'instrument des fragments de courbes horizontales, auxquelles les lignes de pente [étaient] normales », l'échelle de levé semblait empêcher le tracé des courbes. L'instruction précisait d'ailleurs plus loin qu'il fallait « donner à ces directions des lignes de pente une certaine précision, puisqu'elles [devaient] tenir lieu de la description géométrique donnée par les courbes horizontales dont on [était] privé à l'échelle du 40 000^e. »³³¹

3.2.2.3. Une application difficile.

Plus généralement, l'instruction de 1823 détaillait davantage que celle de 1818 les principes qui dirigeaient la représentation du terrain. En particulier, elle prescrivait que « l'intelligence de l'ingénieur » devait déterminer le choix des détails à omettre ou conserver³³². Mais ce type de directives n'était pas particulièrement facile à suivre, surtout pour les officiers d'état-major qui commençaient à être ponctuellement employés pour les levés et qui ne disposaient pas d'une formation aussi complète que les ingénieurs géographes.

Dès les premiers travaux, effectués à partir de 1818 dans les environs de la capitale pour profiter des opérations géodésiques effectuées pour la carte des environs de Paris, les différentes commissions s'aperçurent que « les prescriptions des instructions n'étaient pas suffisamment observées »³³³. D'après le rapport du commandant Lapie, certains officiers se contentaient de figurer le terrain au moyen de courbes faites à vue, et la plupart se contentait de prendre quelques angles de pente pour les tracer. Les premières minutes présentaient effectivement une grande hétérogénéité, mais il était difficile de déterminer si la faute en revenait aux officiers trop peu soigneux ou aux instructions trop vagues. Les trois décennies qui suivirent furent donc marquées par les difficiles efforts de la direction du Dépôt de la guerre pour formaliser la méthode de levé topographique.

3.2.3. La formalisation problématique des méthodes de levé topographique.

3.2.3.1. La Commission de 1828.

La Commission de topographie de 1802 n'avait pas abordé les questions pratiques liées aux méthodes de levés topographiques du terrain. Dans la Commission royale de 1817, l'influence prépondérante des scientifiques n'avait pas non plus favorisé l'examen des questions topographiques qui avaient été totalement ignorées. Dans les controverses soulevées entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre, ces questions

³³⁰ Essentiellement dans l'est et le nord de la France. Les 1887 minutes et fragments de minutes levés pour la carte se répartissaient ainsi : 192 minutes au 1 :10 000 levées avant 1823, 128 minutes et 494 fragments au 1 : 20 000, plus 90 environs de ville à la même échelle, et 983 minutes au 1 : 40 000. BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 49.

³³¹ « Du figuré du terrain », dans l'instruction de 1823, publiée dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 300-301.

³³² *Ibid.*

³³³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 303.

n'avaient également jamais été traitées : les militaires s'étaient en effet concentrés sur le problème de l'éclairage³³⁴. Elles ne furent finalement abordées qu'en 1826, après huit ans de travaux qui avaient souligné à quel point les instructions étaient peu suivies, au sein d'une nouvelle commission réunie pour « établir de l'uniformité dans le mode de figurer le relief du terrain »³³⁵ avant que ne commencent les travaux de gravure de la carte de France – mais dont les décisions devaient s'appliquer à tous les travaux cartographiques.

Les discussions portèrent essentiellement sur les problèmes de représentation cartographique du relief, mais ceux-ci avaient une influence directe sur les méthodes de levé. En particulier, le texte définitif adopté par la Commission en 1828 stipulait que, sur les minutes, le terrain devait être représenté par des courbes de niveau équidistantes. Ces courbes devaient être tracées à l'encre sur les mises au net et n'étaient complétées qu'à cette étape-là par des hachures perpendiculaires, tracées selon la loi du quart – sauf que par dérogation spéciale, le Dépôt de la guerre obtint le droit d'utiliser un diapason pour régler l'espacement des hachures, alors que la Commission s'y était fermement opposée. Les courbes disparaissaient ensuite du dessin définitif³³⁶.

Mon hypothèse selon laquelle la méthode employée pour les premiers levés de la carte de France dénaturait le principe des hachures normalisées se trouve confirmée par les décisions de la Commission de 1828, qui constituaient ce que j'appellerai un retour à la pureté originelle de ce principe. En effet, la Commission imposait explicitement le tracé des courbes de niveau au moment du levé sur le terrain, alors que celui des hachures n'intervenait qu'au moment de la mise au net au bureau. La suppression des courbes sur le dessin final répondait même directement à leur nature approximative et à leur seul rôle d'appui pour la construction des hachures.

Cependant, cette formulation plus « orthodoxe » n'aidait pas à supprimer les difficultés techniques qui avaient en grande partie provoqué la déviation de la méthode de levé au début des travaux de la carte de France. Pendant encore deux décennies, les opérations sur le terrain continuèrent d'être confrontées à un manque de précision des instructions et à des problèmes d'application de leurs prescriptions.

3.2.3.2. Les difficultés d'application des principes.

Les officiers assurant l'encadrement des travaux sur le terrain avaient été très rapidement confrontés aux difficultés éprouvées par les opérateurs pour appliquer la méthode prescrite de façon particulièrement imprécise dans les diverses instructions. L'un des buts de la Commission de 1828 était de résoudre les problèmes liés à la représentation du terrain. Les décisions qu'elle prit aboutirent à une suite d'ordres et de circulaires publiées entre 1827 et 1830, qui répétaient la méthode à employer pour les levés et surtout rappelaient le rôle de surveillance des travaux imparti aux chefs de section. En 1830 encore, une note devait insister sur la nécessité de déterminer, quelle que soit la méthode de représentation du relief adoptée, un certain nombre de cotes sur les lignes caractéristiques du terrain. L'utilisation du

³³⁴ Voir infra, partie 1, chapitre 3.3.1.

³³⁵ Il s'agit du titre informel de la Commission, auquel je préférerais celui parfois employé de *Commission de 1826-1828* ou plus brièvement *Commission de 1828* qui prend comme année de référence celle de la rédaction définitive des décisions de la Commission. *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre. T.V. Années 1827 et 1828*. Paris : Ch. Picquet, 1829. Suite du résumé des discussions et délibérations de la Commission qui a été chargée, par S. Ex. le Ministre de la Guerre, d'établir de l'uniformité dans le mode de figurer le relief du terrain, p. 458-485.

³³⁶ *Ibid.*

diapason, autorisée spécialement pour le Dépôt de la guerre contre l'avis de la Commission, était également confirmée.

En 1838, l'instruction générale rédigée par le général Pelet portait autant sur la direction des travaux par les chefs de section que sur les levés eux-mêmes. Dans ce texte, deux points me paraissent particulièrement importants en ce qui concerne la représentation du relief.

Tout d'abord, la prépondérance de la planimétrie était clairement affirmée : si l'instruction insistait à nouveau sur l'importance du canevas graphique, elle recommandait pour son exécution d'utiliser uniquement la planchette et l'alidade³³⁷ – des instruments incapables de mesurer des angles verticaux. La détermination de l'altitude des points du canevas ne semblait pas nécessaire. La boussole à éclipètre ne devait servir que pour le détail et la détermination des cotes d'altitude nécessaires à la représentation du relief. Je pense que cette hiérarchisation des besoins est un élément fondamental dans la carte d'état-major, illustrant la primauté des besoins administratifs et militaires de l'époque : les levés et donc la carte elle-même n'étaient structurés que sur un canevas planimétrique, la représentation du relief – même partiellement géométrisée – occupant un rôle secondaire, qui peut être qualifié de figuratif puisque sa véritable fonction semblait être d'« habiller » la planimétrie.

Les passages consacrés à la représentation du relief dans l'instruction de 1838 renforcent mon hypothèse d'une approche encore essentiellement figurative, malgré une base géométrique. Tout en allant dans le même sens que les notes précédentes, ils demeuraient particulièrement imprécis et laissaient encore une latitude peut-être trop grande à l'opérateur, comme par exemple dans cet extrait :

« Les mouvements généraux du terrain et ses accidents particuliers doivent être exprimés d'abord au crayon, conformément au système des lignes de plus grande pente, mais en se rapprochant du principe des courbes de niveau équidistantes, pour fixer approximativement la longueur de ces lignes. C'est en opérant de la sorte sur de grandes parties du levé ou de la reconnaissance, que les officiers rendront fidèlement le relief du terrain. »³³⁸

La juxtaposition de termes exprimant la certitude (« doivent être exprimés », « conformément », « fidèlement ») et de termes exprimant l'approximation (« en se rapprochant », « approximativement ») ne devait pas aider les officiers à se faire une idée précise du travail qui leur était demandé. Surtout, l'instruction confirmait la méthode utilisée au début des levés de la carte de France, qui consistait à tracer directement les hachures s'appuyant sur des courbes de niveau imaginaires (« en se rapprochant du principe des courbes de niveau équidistantes, pour fixer approximativement la longueur de ces lignes »). Elle s'opposait donc aux décisions de la Commission de 1828 qui avait explicitement demandé le tracé des seules courbes de niveau sur les minutes.

3.2.3.3. L'obligation du calque de courbes : un retour au principe originel des hachures normalisées.

L'imprécision de toutes les instructions ne permit pas de régler les problèmes de la représentation du relief sur les minutes. Une note de 1843 proposait une solution

³³⁷ Comme prescrit dès l'instruction de 1803, l'utilisation de la boussole seule et du déclinatoire, sujets à des variations, devait être évitée autant que possible.

³³⁸ Extrait de l'instruction publiée dans BERTHAUT Colonel, *La Carte de France. T.1. Op. cit., p. 316.*

pragmatique, en demandant aux chefs de section de répartir expressément les travaux en fonction des difficultés que présentait le terrain. Surtout, elle ordonnait aux officiers de fournir systématiquement, avec tous leurs travaux exécutés sur le terrain, une étude précise des courbes reportée sur un papier calque, afin de les inciter à déterminer ces courbes avec plus de soin et de faciliter le contrôle indirect – c'est-à-dire sans retourner sur le terrain – de la qualité des levés. Elle affirmait ainsi la validité des décisions de la Commission de 1828, mais contredisait explicitement les instructions antérieures qui n'avaient jamais spécifié la nécessité de tracer les courbes.

La note de 1843 ne sembla pas obtenir de résultats satisfaisants. Dans le même souci de préciser le travail et de garantir son exécution plus régulière et respectueuse des prescriptions de la Commission de 1828, une circulaire de 1850 demandait donc de reporter les courbes *avant* les hachures sur les mises au net, pour s'assurer que les hachures étaient bien tracées à partir des courbes et non l'inverse. Trente-deux ans après les premiers levés de la carte de France et vingt-deux ans après les décisions de la Commission sur la représentation du relief, une instruction officielle posait finalement les bases d'une méthode en accord avec le principe des hachures normalisées formulé par la Commission de 1802.

Malgré les notes de 1843 et 1850, la pratique n'avait pas beaucoup changé. L'expérience montra que les calques de courbes étaient souvent mal exécutés et très différents du tracé des hachures sur les minutes : la plupart du temps, ils présentaient des courbes bien trop régulières pour être vraiment le résultat d'une étude précise sur le terrain. Une nouvelle circulaire publiée en 1851 insistait particulièrement sur l'importance de ce calque des courbes, prévoyant de refuser tous les travaux dans lesquels celui-ci ne montrerait pas les preuves d'une étude soignée.

Même en respectant la « pureté » originelle du principe des hachures normalisées, la méthode employée pour le levé topographique du relief posait des problèmes récurrents de systématisation. Pour accélérer et faciliter les opérations, les courbes sur lesquelles s'appuyaient les hachures étaient tracées au bureau, à partir de quelques points déterminés sur le terrain et d'observations généralement traduites par des croquis et des profils de terrain. Le tracé de ces courbes approximatives était souvent systématisé, c'est-à-dire plus ou moins extrapolé et lissé à partir des données partielles disponibles, pour des raisons tenant à la fois de la méthode employée qui empêchait une comparaison directe avec le terrain et à la fois d'une véritable volonté d'homogénéisation du rendu du terrain.

Cette vision caricaturale du relief fut sévèrement critiquée à la fin du 19^e siècle par les nouveaux partisans d'une topographie plus détaillée, les scientifiques, les alpinistes et certains topographes militaires³³⁹. Mais les diverses notes et instructions montraient que les autorités dirigeant les travaux de la carte de France avaient pris conscience relativement tôt de ce problème, sans pour autant arriver à le résoudre systématiquement. Une circulaire de 1852 insistait encore pour que chaque officier fasse le plus de travail possible sur le terrain, y compris pour la rédaction des minutes, afin « d'aider ses souvenirs ou de redresser des imperfections en retournant sur le terrain »³⁴⁰.

3.2.3.4. L'instruction de 1851, formalisation tardive de la méthode de levé.

L'accumulation d'instructions, de circulaires et de notes, rarement contradictoires mais toujours imprécises, ne permettait pas aux officiers de disposer d'une référence formelle sur

³³⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 2.2.1.

³⁴⁰ BERTHAUT Colonel, *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 318.

la méthode à suivre pour les levés topographiques. Pour combler ce manque, l'instruction du 15 mars 1851, longue et détaillée, reprenait et confirmait tous les principes prescrits par les notes et instructions précédentes encore en vigueur³⁴¹. Dans le domaine de la représentation du terrain, elle clarifiait sensiblement la méthode générale à suivre, qu'elle divisait entre la reconnaissance du terrain, le calcul de cotes d'altitude et la représentation proprement dite du relief sur les mises au net.

L'instruction de 1851 insistait bien plus que les précédentes sur l'importance de la reconnaissance du terrain, même si elle admettait qu'« il serait difficile de tracer une méthode à suivre dans tous les cas ». Elle affirmait notamment son rôle crucial dans la représentation générale du relief et son importance en tant que document à part entière, conservé par le Dépôt de la guerre. Sans prescrire une méthode stricte, elle donnait toutefois des conseils relativement détaillés :

« Sans s'astreindre à une méthode uniforme, on peut, en suivant les chemins et cours d'eau, figurer les divers accidents que l'on rencontre : quand on arrive au pied d'une côte, on trace un fragment de la première courbe avec la direction qu'elle a sur le terrain ; on indique la pente par des fragments de courbes plus ou moins rapprochés, selon qu'elle est plus ou moins rapide ; si la pente devient plus forte en montant, on rapproche les courbes ; on les écarte dans le cas contraire. Si l'on rencontre un arrachement, on l'indique par des hachures. Quand on arrive au haut de la pente, on la limite par un fragment de la courbe supérieure ; plus loin, lorsqu'on commence à descendre, on trace un nouveau fragment de cette courbe. En agissant de même sur les divers chemins, on obtiendra le figuré du terrain en joignant entre eux les différents fragments des courbes correspondantes, les supérieures, celles de changements de pente et les inférieures. Si les chemins laissent entre eux des espaces trop considérables, il faudrait parcourir ces espaces et y déterminer, notamment sur les lignes de partage et thalwegs, des points des courbes supérieures, inférieures, ainsi que de celles indiquant les changements de pente. Si l'on rencontre des accidents légers de quelques mètres de hauteur, on les exprimera par des courbes ponctuées, qui rappelleront que leur hauteur est inférieure à 10 mètres. Tant que l'on n'a pas bien saisi l'ensemble d'un mouvement de terrain, il ne faut tracer que des indications légères ; ce n'est qu'après l'avoir suffisamment parcouru et bien compris qu'on en arrêtera fortement le figuré. Il faut éviter surtout, lorsqu'on n'a pas une grande habitude de la topographie, de reconnaître des lignes laissant entre elles des espaces à voir une autre fois ; il est bien préférable, pendant qu'on est sur un mouvement de terrain, de le traverser dans tous les sens, de manière à pouvoir en arrêter le figuré et à n'avoir plus à y revenir. »³⁴²

Non seulement l'instruction conseillait de mener une étude détaillée et systématique de la topographie et de son figuré, mais elle demandait explicitement, pour la première fois, de tracer des fragments de courbes *sur le terrain*, sans les baser sur des lignes de plus grande pente. L'étape de la reconnaissance, négligée dans les instructions antérieures,

³⁴¹ L'instruction est reproduite *in extenso* dans : *Ibid.*, p. 320-331.

³⁴² *Extrait de l'instruction publiée dans Ibid.*, p. 325-326.

prenait donc une place importante dans le processus de représentation du terrain, dont elle servait à constituer une ébauche.

Cette ébauche de représentation du terrain devait être ensuite complétée et structurée par des cotes d'altitude. L'instruction rappelait clairement que « le figuré du terrain ne saurait être exprimé avec exactitude sans cotes de nivellement, et [que] cette exactitude ne [résultait] pas seulement de leur grand nombre, mais encore du choix de leur position »³⁴³. Elle détaillait donc les emplacements préférables pour les cotes, les précautions à prendre en fonction de la lumière ou de la nature du terrain, notamment en montagne, l'emploi de l'éclimètre pour mesurer les distances zénithales, ainsi que la méthode à employer pour calculer et numéroter les cotes à partir de ces observations. En quatre parties et une dizaine de paragraphes, elle exposait ainsi la méthode à suivre avec une précision bien supérieure aux instructions précédentes. Même s'il ne fournissait plus toutes les cotes utilisées, le nivellement géodésique conservait un rôle central : tous les calculs de cotes d'altitude étaient en effet dérivés de l'altitude des points géodésiques présents sur le terrain levé.

Enfin, deux parties de l'instruction abordaient les règles de mise au net des courbes et du figuré du terrain. Cette opération devait procurer deux documents séparés : une mise au net des courbes seules pour leur gravure au 1 : 80 000 et une mise au net de la minute entière qui devenait le document de référence. En zone de haute montagne, les courbes ne devaient être tracées qu'avec une équidistance de quarante mètres, en mettant en valeur des courbes maîtresses équidistantes de cent soixante mètres. En plus de ces directives précises, l'instruction rappelait une nouvelle fois le soin à apporter au dessin des courbes pour éviter de trop déformer la représentation du relief : elle reconnaissait que « les cotes et les courbes [pouvaient] conduire à adoucir ou à renforcer un mouvement de terrain, mais non pas à en changer la forme »³⁴⁴.

Le figuré du terrain au moyen des hachures devait être semblable à celui tracé pendant la reconnaissance, à l'exception des pentes qui devaient être modifiées à l'aide des courbes de niveau. L'usage d'un nouveau diapason était prescrit, mais « dans les zones de hautes montagnes, pour éviter de tomber dans le noir et de faire disparaître les détails », l'instruction ordonnait une altération qui consistait à descendre « d'un degré chacune des divisions du diapason »³⁴⁵. L'absence de prise en compte, au moment de la conception du diapason, du problème des zones fortement déclives, illustre bien le désintérêt pour les régions de haute montagne qui étaient encore majoritairement perçues comme des obstacles dont la représentation détaillée importait peu. Le figuré de la montagne n'était d'ailleurs pas facilité par l'équidistance de quarante mètres adoptée, puisque une gymnastique mentale était nécessaire pour « rétablir par la pensée l'équidistance de 10 mètres »³⁴⁶ pour laquelle l'espacement et la largeur des hachures étaient habituellement prescrits. Pour faciliter le travail des opérateurs, deux types de modèles étaient fournis, l'un pour les montagnes « ordinaires », l'autre pour les hautes montagnes, avec des exemples de rochers et de glaciers.

Trente-trois ans après les premiers travaux, l'instruction de 1851 présentait finalement des directives harmonisées et précisées pour les levés topographiques. L'impression que cette instruction constituait la première formalisation de la méthode de levé basée sur

³⁴³ *Ibid.*, p. 326.

³⁴⁴ *Ibid.*, p. 329.

³⁴⁵ *Ibid.*, p. 330.

³⁴⁶ *Ibid.*, p. 331.

les principes des commissions de 1802 et 1828 est confirmée par son insistance sur la nécessité d'un encadrement plus strict de la part des officiers pour assurer la bonne application de ses directives. Celles-ci furent rapidement adoptées pour tous les travaux jusqu'à l'achèvement de la carte de France, à l'exception de quelques dispositions spéciales prises pour les levés en Savoie et dans le Comté de Nice après l'annexion de 1859³⁴⁷.

Même après sa formalisation en 1851, la méthode de levé du relief n'était pas entièrement géométrique. La représentation du relief définie par la Commission de 1802 ne l'était pas non plus, même si dans la théorie le principe des hachures normalisées, dérivant de l'application d'une règle mathématique – la loi du quart –, était quant à lui purement géométrique. Mais dans la pratique, la géométrisation de la représentation du relief s'avérait encore plus *partielle* que dans son énoncé par la Commission, puisqu'elle s'appuyait sur des courbes tracées à partir de mesures plus ou moins nombreuses, les plus précises étant tirées de la triangulation, et de simples observations visuelles. Presque autant que dans la carte de Cassini, la nature géométrique de la carte d'état-major reposait donc encore essentiellement dans sa partie géodésique, qui faisait l'objet d'une véritable instrumentalisation à des fins topographiques.

3.2.3.5. Les effets d'une formalisation tardive.

Au regard des méthodes géodésiques particulièrement stables employées pour la nouvelle description géométrique de la France, la formalisation tardive de la méthode de levé topographique souligne la nouveauté d'une représentation au moins partiellement géométrique du relief. Les commissions de 1802 et 1817 avaient uniquement formulé des principes de représentation cartographique qui durent être éprouvés et précisés par de nombreux travaux sur le terrain. Même la Commission de 1828 n'avait pas véritablement envisagé les méthodes nécessaires à la mise en œuvre des principes qu'elle édictait. Tout était à faire : déterminer les techniques de levé, concevoir les instruments, préciser l'application des méthodes de représentation graphique. Les rares exemples de levés topographiques basés sur les principes de la Commission de 1802 et antérieurs aux travaux de la carte de France avaient été exécutés avec des moyens trop hétérogènes, à des échelles trop petites et sur des zones trop réduites, pour que les méthodes utilisées soient adoptées sans modification pour la carte de France.

La principale conséquence de cette longue formalisation des méthodes de levé topographique fut une grande hétérogénéité des minutes de la carte de France. Si les opérations de gravure permirent une certaine homogénéisation de la représentation du terrain sur les feuilles publiées, les minutes elles-mêmes, qui devinrent les documents techniques de référence, révélaient des variations importantes en fonction des opérateurs ou des dates de levé. Cette hétérogénéité complexifia sensiblement les opérations de rédaction.

3.3. La persistance de l'approche figurative et artistique.

La formulation tardive des méthodes de levé topographique montrait les difficultés instrumentales et pratiques pour développer une géométrisation partielle de la représentation du relief. Les principes généraux édictés par la Commission de topographie de 1802 et repris sans études plus précises par la Commission royale en 1817 s'avérèrent particulièrement délicats à mettre en œuvre dans le levé topographique, mais aussi dans

³⁴⁷ Voir infra, partie 1, chapitre 4.2.

la représentation cartographique proprement dite, aux étapes de mise au net, de dessin et de gravure. La cartographie était encore vue comme une activité en partie artistique, dans laquelle la figuration jouait un rôle important. L'effort de géométrisation qu'avait confirmé la Commission de 1802 remettait en cause des pratiques anciennes, autant dans la réalisation des cartes que dans leur utilisation, c'est-à-dire leur lecture. Une majorité des cartographes restait attachée à une figuration la plus expressive possible. La carte de France s'inscrivait ainsi dans le contexte particulier du début d'une mutation conceptuelle fondamentale, de la figuration à la géométrisation, de la perception fixiste à la perception utilitariste. Les différentes approches de la représentation du relief soulevèrent une longue controverse autour de la direction de l'éclairage à appliquer pour rehausser les hachures. Une commission réunie entre 1826 et 1828 apporta finalement une réponse qui se voulait une précision des principes de représentation du relief adoptés par la Commission de 1802, mais qui prit la forme d'un compromis sur la question de l'éclairage pour la carte de France. Dans les étapes plus spécifiquement cartographiques des travaux de la carte de France, les problèmes posés par l'hétérogénéité des levés favorisèrent la persistance d'une approche artistique et figurative dans le dessin et la gravure de la carte.

3.3.1. Le problème symptomatique de l'éclairage.

3.3.1.1. L'indécision de la Commission de 1802.

Concentrée sur les préoccupations scientifiques, la Commission royale formée en 1817 n'aborda la plupart des questions topographiques qu'en se référant rapidement aux directives de la Commission de topographie de 1802 – qui était pourtant restée relativement imprécise sur de nombreux points. A part la confirmation de la définition du nivellement par rapport au niveau de la mer, elle ne traita en détail que de la direction de l'éclairage définissant les effets d'ombrage sur la carte.

Les discussions sur cette question de l'éclairage furent d'autant plus vives que la Commission de 1802 ne s'était pas prononcée clairement sur ce point, adoptant une position indécise quant à l'emploi préférentiel d'un éclairage oblique, vertical ou mixte. Elle n'avait fait qu'interdire les ombres portées. Pour le problème de la direction, elle s'était contentée de conseiller un rehaut des hachures par un éclairage *de préférence* oblique, même si elle avait détaillé ses conditions d'application :

« Le mode de représentation du terrain en hachures, avec ou sans teintes auxiliaires, étant admis, la Commission se préoccupe des moyens d'augmenter l'effet du relief ; elle estime qu'on doit autant que possible se rapprocher de la nature et de l'aspect offert par l'éclairage d'un plan relief. Elle est ainsi conduite à donner la préférence à la lumière oblique, constante, et fixe de position. Le rayon de cette lumière doit être dirigé de telle façon qu'il n'en résulte jamais d'opposition trop heurtée, de teintes trop foncées qui oblitérent le trait de projection. Il doit venir du coin supérieur gauche de la carte, en faisant avec le plan de celle-ci un angle de 50 à 65 grades selon les cas. Quelle que soit l'inclinaison des rayons lumineux, les ombres portées sont absolument proscrites ; elles ne peuvent que noircir le dessin, cacher le trait, et nuire à l'effet

général. Elles supposeraient d'ailleurs un éclairage plus vif, et conduiraient à foncer beaucoup, sans utilité, les flancs dans l'ombre. »³⁴⁸

3.3.1.2. Les différents systèmes en application.

Alors que les principes de représentation cartographique posés par la Commission en matière d'échelles, de signes conventionnels, d'écriture et même d'utilisation des hachures normalisées furent globalement respectés dès 1802, son indécision en matière d'éclairage laissa la place au développement de différents systèmes. Deux camps s'opposaient autour d'approches différentes : d'un côté, les partisans d'une représentation géométrique plus neutre et rationnelle défendait l'éclairage zénithal (ou vertical) dans lequel la teinte des pentes ne dépendait que de leur inclinaison ; d'un autre côté, les partisans d'une représentation plus naturelle et expressive privilégiait l'éclairage oblique dans lequel la teinte variait aussi avec l'orientation des pentes, comme sur un plan relief observé à la verticale.

La Commission ne s'étant pas prononcée clairement, les deux écoles co-existèrent jusqu'à la fin des années 1820. L'éclairage oblique défini par la Commission fut utilisé à l'école Polytechnique, à l'école de Saint-Cyr et au Dépôt de la guerre, mais principalement pour des cartes manuscrites. L'école de l'Artillerie et du Génie à Metz adopta l'éclairage vertical, reconnu par la Commission interministérielle de 1807 sur les programmes. Mais au Dépôt de la guerre même, un certain nombre d'ingénieurs géographes ralliés derrière Bonne défendaient et utilisaient aussi l'éclairage vertical.

La situation fut compliquée par l'apparition et l'adoption de systèmes dérivés des deux types d'éclairage. Le système dit « loi du quart », imaginé par l'ingénieur géographe Benoît, consistait à tracer les hachures avec un espacement égal au quart de leur longueur, c'est-à-dire au quart de l'équidistance des courbes de niveau sur lesquelles les hachures s'appuyaient – et donc au quart de la cotangente de l'angle de la pente. Adoptée à l'école d'état-major au moment de sa fondation en 1818, la loi du quart devint rapidement le système généralement utilisé pour le dessin des hachures. L'ingénieur géographe Bonne le modifia en créant un diapason de teintes servant de modèle pour déterminer l'espacement des hachures, dans lequel les hachures les plus courtes étaient dessinées avec une épaisseur supérieure à celle dictée par la loi du quart afin d'accentuer l'impression de relief. La loi du quart et le diapason de Bonne, qui faisaient tous deux varier la quantité globale de noir (par la répétition des traits ou leur grossissement) uniquement en fonction de l'espacement des courbes, donc de l'angle de la pente, étaient assimilables à un éclairage vertical appliqué plus géométriquement qu'artistiquement.

3.3.1.3. La controverse inachevée de 1817-1818.

Les différentes méthodes employées donnèrent lieu à de vives discussions autour de la Commission royale entre 1817 et 1818, déclenchées quand le général Berge, commandant de l'école de Metz, tenta en vain de faire adopter l'éclairage vertical à l'école Polytechnique pour accorder les formations des officiers.

Louis Puissant, toujours préoccupé de la « perfection » scientifique et même artistique de la carte, et Chrestien de La Croix, chef du bureau topographique au ministère des Relations extérieures, défendaient ardemment l'éclairage oblique pour son rendu plus expressif et naturel des grandes masses et des accidents particuliers du terrain. Ils

³⁴⁸ *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre. T.II. 1803-1805 et 1810. Paris : Ch. Picquet, 1831. Comptes-rendus des travaux et décisions de la Commission.*

mettaient en avant l'impossibilité sur une carte topographique générale de représenter géométriquement tous les accidents du terrain comme sur un plan détaillé, et donc la nécessité de mettre en valeur les accidents les plus importants³⁴⁹. Face à eux, le général Berge et le colonel Bonne, plus pragmatiques, se prononçaient vivement pour l'éclairage zénithal qui par sa nature uniforme respectait mieux la représentation géométrique du terrain et s'avérait plus facile à appliquer et à formaliser, même s'ils reconnaissaient qu'il rendait moins bien les reliefs très accidentés³⁵⁰.

Pour autant, tous les protagonistes reconnaissaient que la représentation purement géométrique, basée sur des hachures sans éclairage, donnait des cartes plates et sans relief, peu lisibles. Ils reconnaissaient également que le talent des dessinateurs et des graveurs permettait toujours de réaliser des cartes agréables à l'œil, quel que soit l'éclairage adopté, comme en témoignaient les exemples avancés par les deux camps.

Bien que les argumentations pour les deux types d'éclairage se soient affirmées, notamment avec la publication de brochures spécialement dédiées à cette question, la controverse ouverte en 1817 ne fut pas tranchée. En 1818, au moment où lui étaient présentés les mémoires de Puissant et de Bonne, la Commission spéciale du Dépôt de la guerre adopta une position tout aussi indécise que la Commission de 1802, en se prononçant à la majorité de ses membres pour le maintien des principes édictés par celle-ci – des principes qui dans ce cas précis ne favorisaient que mollement l'éclairage oblique. Repoussant à nouveau la question, la Commission spéciale affirmait simplement que ces principes devaient être adaptés après les premiers essais.

3.3.1.4. Une manifestation de la lutte d'influence entre savants et militaires.

J'ai déjà montré comment la Commission royale s'intéressait essentiellement aux questions géodésiques. Pourquoi se trouva-t-elle alors au centre d'une vive controverse sur le problème cartographique de l'éclairage ? Mon hypothèse est que ce problème catalysait non seulement l'opposition fondamentale entre géométrisation et figuration, mais aussi l'opposition entre les conceptions militaires et scientifiques de la cartographie, dont il était plus un symptôme qu'une conséquence. La controverse qu'il souleva ne serait alors qu'une des manifestations de la lutte d'influence entre savants et militaires, qui se concentra après 1818 dans l'opposition entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre.

Que les savants aient pris position contre le système d'éclairage le plus géométrique n'est en rien une aberration : si la représentation géométrique basée sur la mesure s'inscrivait dans l'affirmation d'une cartographie scientifique, elle restait encore limitée à l'aspect géodésique de la cartographie au 19^e siècle. Comme à l'époque des Cassini, les savants ne s'intéressaient véritablement qu'à ce domaine qui pouvait servir à déterminer les formes et dimensions de la Terre – et qui dérivait d'ailleurs d'une discipline scientifique³⁵¹.

Jusqu'à la deuxième moitié du 19^e siècle, la géographie, la glaciologie ou la géologie se développaient dans une approche pratique dominée par la tradition naturaliste et

³⁴⁹ PUISSANT Louis Colonel. *Observations sur la méthode adoptée en topographie pour figurer le terrain*. Paris : Imprimerie de Vve Courcier, [1817], 8 p.

³⁵⁰ BONNE Chevalier. *Considérations sur l'emploi de la lumière et des ombres, pour exprimer le relief du terrain dans les cartes topographiques*. Paris : F. Didot, 1817. Sa thèse fut également présentée dans PUISSANT Louis Colonel. *Observations sur les diverses manières d'exprimer le relief du terrain dans les cartes topographiques, suivies d'une réfutation du mémoire de M. le Chevalier Bonne sur le même sujet*. Paris : Imprimerie de Vve Courcier, 1818, 32 p.

³⁵¹ Voir supra, partie 1, chapitre 1.1.1.3.

encyclopédiste des Lumières et une approche théorique empreinte de système d'explication globale : aucune de ces deux pratiques scientifiques ne s'intéressait à la cartographie topographique commune source documentaire, et celle-ci restait une affaire de militaire. D'ailleurs, le point de vue scientifique ne fut pas défendu par des savants dans la controverse autour de la question de l'éclairage, mais par quelques militaires d'orientation plus scientifique, à l'image de Louis Puissant. Selon moi, leur soutien à l'éclairage oblique tenait surtout à un pragmatisme alimenté par le désintérêt scientifique pour la topographie : si la représentation du relief ne pouvait pas être purement géométrique, autant qu'elle soit expressive et qu'elle souligne les traits caractéristiques du terrain, susceptible d'intéresser la réflexion théorique en géographie.

Le soutien de l'éclairage vertical par les officiers ayant des préoccupations plus strictement militaires était tout aussi pragmatique. A leurs yeux, les qualités essentielles de ce système d'éclairage étaient sa facilité d'application, qui permettait d'envisager une formation simple et rapide des opérateurs, et sa lecture plus directe, puisque l'effet d'ombrage était strictement proportionnel à la pente et qu'il permettait donc d'estimer – si ce n'est mesurer – celle-ci. Qu'il entraîne une représentation peu lisible des zones les plus déclives n'était pas problématique, à une époque où personne, pas plus les savants que les militaires, ne s'intéressait à une représentation détaillée des régions de haute montagne.

Dans sa brochure consacrée à la question de l'éclairage, Bonne résumait avec une certaine verve les préoccupations militaires en matière de topographie :

« Je suis loin de blâmer ces morceaux d'école, qui attestent toute la puissance de l'art ; ils sont de l'effet le plus séduisant... ils sont dignes, sans doute, d'orner le cabinet de l'amateur ; mais ce n'est toujours pour moi qu'une image et ce sont des mesures que je cherche... Il m'importe peu que les hautes sommités soient plus ou moins prononcées ; c'est l'inclinaison des pentes que je veux connaître. Ce n'est pas, d'ailleurs, au séjour des glaces et des neiges que l'homme va exercer son industrie, et qu'il en transporte les produits ; ce n'est pas dans les régions élevées qu'on fait manœuvrer les armées, que l'on trace des canaux, que l'on perce des routes. Ainsi, cet effet du relief que l'on cherche à produire, et qui a quelque avantage dans les pays fortement accidentés, est sans utilité réelle. »³⁵²

Symptôme de l'opposition entre les conceptions scientifiques et militaires de la cartographie, la question de l'éclairage ne fut finalement réglé qu'après la « victoire » des militaires dans la lutte d'influence pour la définition des spécifications de la carte de France.

3.3.2. Entre géométrisation et figuration, le compromis sur la représentation du relief.

En 1826, le général Guilleminot proposa au ministre de la Guerre de décider définitivement du mode de représentation du relief à adopter, avant que les travaux de gravure ne commencent. Une nouvelle commission fut réunie pour définir un cahier de signes conventionnels et surtout « établir de l'uniformité dans le mode de figurer le relief du terrain » – la Commission de 1828 dont j'ai déjà parlé, ainsi désignée parce que ces décisions furent définitivement prononcées cette année-là. Si la détermination des signes conventionnels ne

³⁵² BONNE Chevalier. *Considérations sur l'emploi de la lumière et des ombres. Op. cit.*

fut pas conflictuelle et aboutit à un cahier simplifiant les signes définis par la Commission de 1802³⁵³, la question de la représentation du relief fut par contre à nouveau très discutée.

3.3.2.1. Des systèmes alternatifs aux hachures normalisées.

La Commission devait s'appuyer sur de nouveaux essais et les résultats des premiers travaux effectués sur le terrain pour décider d'un règlement applicable à tous les services publics. Les questions abordées étaient donc beaucoup plus nombreuses que lors des commissions précédentes, qui s'étaient focalisées – et bloquées – sur le problème de l'éclairage. Surtout, elles étaient formulées dans une perspective plus large que la seule carte de France et représentaient donc un état des lieux de la représentation du relief particulièrement intéressant pour mon étude.

Alors qu'ils étaient censés clarifier le débat, les nouveaux essais et l'expérience du terrain ne firent en fait que le compliquer, chacun y puisant de nouveaux exemples pour étayer son argumentation. La multiplicité des opinions se révéla d'ailleurs beaucoup plus grande que dans les commissions précédentes. La controverse autour de l'éclairage avait été menée entre 1817 et 1818 dans le cadre de la représentation prescrite par la Commission de 1802, employée par les ingénieurs géographes et enseignée dans leur école d'application, qui mêlait l'emploi de courbes de niveaux et de hachures perpendiculaires à ces courbes, avec un espacement et une épaisseur proportionnels à la pente. Mais en 1826 et 1827, lors des premières réunions de la nouvelle commission, plusieurs nouveaux systèmes furent introduits et défendus par certains membres.

Le commandant Lapie défendit l'emploi exclusif des hachures, dessinées directement sur le terrain, qui lui semblait parfaitement capables de traduire tous les détails de la topographie dans une orientation strictement militaire. Sans se soucier d'une quelconque géométrisation, il affirmait la recherche d'une représentation expressive et détaillée du relief dans une perspective purement figurative. Sa position, marginale, en rupture complète avec le développement d'une cartographie scientifique basée sur la mesure, m'apparaît comme une volonté de retour au principe des premiers plans topographiques militaires, qui mettaient uniquement en valeur les passages à emprunter ou à défendre. Justifiée d'un point de vue pragmatique, elle ne fut que peu soutenue, à mon avis parce que sa mise en œuvre nécessitait une grande compétence topographique de la part des opérateurs et qu'elle rendait délicate toute tentative de formalisation, pourtant exigée par la diffusion de plus en plus large de la topographie dans la pratique militaire à cette époque.

Le général du génie Fleury défendit une solution opposée à celle de Lapie, en se prononçant pour l'utilisation exclusive des courbes de niveau à toutes les échelles – contrairement à la Commission de 1802 qui ne les avait acceptées que pour les échelles supérieures à 1 : 10 000. Dans la même orientation géométrique, le général Desprez proposa un nouveau procédé utilisant des hachures horizontales qui multipliaient les courbes de niveau afin de donner un effet de teinte. Ces deux systèmes permettaient de calculer facilement les angles de pente, mais demandaient une modification radicale du mode de lecture des cartes. Ils se trouvaient également confrontés au problème des méthodes de levé déjà souligné par la Commission de 1802 : pour des levés réguliers à une échelle inférieure au 1 : 10 000, il n'était pas envisageable de filer les courbes sur le terrain, si bien qu'elles devaient être extrapolées à partir de cotes d'altitude et d'observations

³⁵³ La Commission de 1828 reprit et simplifia tous les signes adoptés par la Commission de 1802, à l'exception des signes tentant d'exprimer la nature géologique des sols, qui furent jugés trop complexes et pourtant incapables de rendre avec suffisamment de détails la nature et la position des roches,

directes. Bonne critiqua cette géométrisation illusoire et rejeta vivement tout emploi exclusif des courbes de niveau.

L'isolement des partisans de ces différents systèmes ne permit pas la remise en cause du système des hachures normalisées qu'ils espéraient. Pour autant, ce mode de représentation du relief n'était toujours pas précisé dans ses détails et son application.

3.3.2.2. Formalisation de la représentation par hachures normalisées.

Entre 1827 et 1828, les travaux de la Commission portèrent sur la formalisation de la représentation du relief par hachures normalisées. La question déjà ancienne de l'éclairage n'était toujours pas réglée. L'extension du cadre de référence à tous les travaux topographiques – et non plus seulement la carte de France – posait également de nouveaux problèmes. De vives discussions partagèrent les membres de la Commission sur le choix d'une équidistance fixe pour chaque échelle (soutenu par Bonne) ou d'une équidistance variable selon les terrains à représenter (Desprez), ou encore sur l'emploi d'un diapason pour régler l'épaisseur des hachures, comme l'avait plusieurs fois proposé Bonne.

Un premier accord fut trouvé en 1827, mais le ministre de la Guerre n'étant pas satisfait du texte ni des exemples qu'on lui avait fournis, la Commission se réunit une dernière fois en 1828 pour adopter un texte définitif³⁵⁴. Il ne s'agissait pas d'une nouvelle instruction, mais bien d'un texte fondamental qui avait pour but de formaliser les principes édictés par la Commission de topographie de 1802 en matière de représentation du relief.

Pour les minutes, à toutes les échelles, le texte stipulait que :

- le terrain devait être représenté par des courbes de niveau équidistantes ;
- l'équidistance pouvait varier selon le terrain représenté, mais devait rester identique pour toutes les parties d'une même carte (par exemple, pour toutes les feuilles de la carte de France) ;
- pour représenter les ruptures de pentes importantes entre deux courbes, des courbes supplémentaires pouvaient être tracées en pointillés (elles devaient être exprimées en fraction de l'équidistance, l'écriture ne comportant pas le dénominateur puisqu'il était connu et fixe) ;
- les accidents du terrain devaient être représentés par des signes conventionnels, selon le cahier rédigé par la Commission.

Pour les dessins mis au net et les cartes gravées, aux échelles supérieures ou égales à 1 : 10 000 qui m'intéressent, le texte prescrivait que :

- les courbes tracées à l'encre devaient être complétées de hachures perpendiculaires à ces courbes, avec un espacement égal au quart de la distance entre deux courbes (adoption de la loi du quart) ;
- les hachures dont l'espacement était inférieur à 2 mm devaient être tracées avec une épaisseur augmentant avec la rapidité de la pente (loi du grossissement, mais sans diapason) ;
- seules les *traces* des courbes servant à tracer les hachures devaient être conservées sur le dessin final, marquées par la différence de l'espacement des hachures d'un côté et de l'autre de la courbe, ou par un espace blanc si leur espacement était identique ;

³⁵⁴ *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre. T.V. Années 1827 et 1828.* Paris : Ch. Picquet, 1829. Suite du résumé des discussions et délibérations de la Commission qui a été chargée, par S. Ex. le Ministre de la Guerre, d'établir de l'uniformité dans le mode de figurer le relief du terrain, p. 458-485.

- à toutes les échelles, tout type d'éclairage était proscrit (ainsi, la question de l'orientation de l'éclairage était définitivement réglée).

Approuvées par le ministre de la Guerre, les décisions de la Commission devenaient des règles imposées à tous les services s'occupant de cartographie ou de topographie. Elles marquaient le retour à une application « orthodoxe » des principes de la Commission de 1802, dont elle confirmait les changements fondamentaux : la représentation cartographique exclusivement en projection horizontale, tant pour le relief que pour les signes conventionnels, et la représentation géométrique du relief par des hachures, puisque les courbes de niveau n'étaient pas jugées satisfaisantes dans l'expression plastique et qu'elles se révélaient trop longues à lever de façon *géométrique* sur le terrain. Surtout, la Commission de 1828 formalisait la représentation du relief en modérant de nombreux aspects figuratifs. En particulier, la prédominance des courbes de niveau dans le tracé des hachures et la représentation des accidents topographiques par des signes conventionnels permettaient l'adoption d'une méthode de levé et de dessin où la part d'interprétation du topographe était singulièrement limitée.

3.3.2.3. Une dérogation pour le Dépôt de la guerre.

Même si son objet concernait l'ensemble des travaux topographiques et cartographiques, la Commission de 1828 avait été explicitement formée pour régler les problèmes de représentation du relief de la carte de France. J'ai déjà souligné l'impact de ses décisions sur les méthodes de levé topographique employées par les officiers d'état-major, qui ne furent finalement formalisées qu'après 1851³⁵⁵.

Dans la pratique, le Dépôt de la guerre n'adopta pas tous les principes édictés par la Commission, afin de privilégier une représentation plus expressive du relief. La Commission avait réglé le problème de l'éclairage en rejetant purement et simplement cet artifice. Pourtant, la controverse autour de cette question entre 1817 et 1818 n'avait abouti qu'à une affirmation : pour tous les officiers concernés, l'absence d'éclairage donnait des cartes plates et peu expressives. Le Dépôt de la guerre demanda et obtint donc le droit d'utiliser un diapason mis au point par Bonne pour la gravure de la carte de France. Celui-ci faisait varier l'épaisseur des hachures en fonction de la pente afin de donner plus de vigueur aux reliefs peu accidentés et d'éviter l'assombrissement des reliefs très accidentés : strictement lié à la pente et non à l'orientation du relief, ce diapason constituait un système rapide d'éclairage zénithal. Son adoption pour la carte de France marqua d'ailleurs la fin de l'utilisation de l'éclairage oblique en France.

Je considère que la représentation du relief finalement adoptée pour la carte de France marquait une géométrisation *partielle* du relief. La représentation en hachures normalisées était certes géométrique dans ses principes de base, édictés par la Commission de 1802 et confirmés par la Commission de 1828 : base géodésique des cotes d'altitude, courbes équidistantes, espacement des hachures selon la loi du quart. Mais les difficultés liées aux méthodes de levé topographique et la persistance d'une volonté figurative dans la représentation du relief limitaient cette géométrisation dans la pratique, particulièrement pour la carte de France. Le tracé des courbes resta longtemps plus approximatif que ne le prévoyaient les commissions, en favorisant l'observation directe sur la mesure, et l'adoption d'un diapason confirmait le manque d'intérêt pour une représentation véritablement géométrique du relief, c'est-à-dire non seulement basée sur des mesures mais permettant aussi des mesures directes sur la carte.

³⁵⁵ Voir supra, partie 1, chapitre 3.2.3.1.

Cette limitation de la géométrisation par une tendance figurative se retrouvait dans les étapes de dessin et de gravure, qui laissaient encore une place importante à l'approche artistique du travail cartographique.

3.3.3. Rédaction et production cartographiques, des procédés dominés par l'approche artistique.

Dans la méthode employée pour la carte de France, les levés topographiques étaient effectués sur des mappes, réduction à l'échelle du levé des plans du cadastre ou d'autres administrations. A la fin des opérations, les officiers fournissaient des minutes mises au net, qui comportaient tous les renseignements : écritures, planimétrie, courbes de niveau, hachures, cultures représentées par des teintes conventionnelles. Des instructions successives modifièrent la forme de la mise au net, sans revenir toutefois sur son contenu. J'ai déjà dit qu'à partir de 1843, les officiers étaient obligés de fournir un calque séparé des courbes de niveau. A partir de 1859, le développement de la reproduction photographique des minutes obligea à ne plus intégrer de teintes sur la mise au net : un ordre prescrivit donc de fournir un second calque représentant les divisions de culture avec les teintes conventionnelles. Il me paraît évident que toutes ces modifications participaient à une optimisation des levés topographiques pour faciliter les étapes du dessin et de la gravure, afin de fournir les documents les plus homogènes et lisibles possibles aux spécialistes des ateliers du Dépôt. Le processus de rédaction cartographique m'intéresse d'ailleurs spécialement pour la façon dont il conditionnait et modifiait la représentation du relief. En particulier, les étapes du dessin et de la gravure influèrent sur les règles de représentation des hachures et notamment l'emploi du diapason de teintes. Elles révélaient aussi la place encore prépondérante de l'approche figurative dans la représentation cartographique.

3.3.3.1. L'impact limité du diapason de teintes.

L'évolution de la méthode employée pour marquer la rapidité de la pente par l'espacement et l'épaisseur des hachures ne se traduisait pas directement dans les différentes instructions réglementant les levés topographiques. Avant 1828, celles-ci prescrivaient l'emploi de la loi du quart sans utilisation d'éclairage, mais les officiers remplaçaient souvent le manque d'expression artistique de cette méthode par l'ajout d'un lavis sur les hachures. Pour reproduire l'effet obtenu, les dessinateurs et les graveurs devaient augmenter l'épaisseur des hachures déterminée par la loi du quart, puisque l'impression en taille-douce monochrome ne permettait pas l'emploi de teintes. Pour officialiser un état de fait, une autorisation spéciale fut donnée en 1828 au Dépôt de la guerre pour utiliser le diapason de Bonne, malgré l'opposition de la Commission de 1828 qui rejetait son emploi au profit des simples lois du quart et du grossissement. Mais si les instructions postérieures prescrivaient bien l'emploi d'un diapason, elles ne précisaient pas lequel.

De fait, trois diapasons différents furent successivement utilisés à cause des limites que chacun montra dans son application. Le premier diapason de Bonne, adopté en 1828, s'appliquait principalement pour les pentes inférieures à sept grades ou supérieures à douze grades, pour lesquels la loi du quart donnait une impression de teinte soit trop claire, soit trop foncée, voire pratiquement noire pour la haute montagne. Dans ce diapason, la quantité de noir était proportionnelle au sinus de l'angle de la pente, le sinus de cent grades représentant le noir complet. La Commission de 1828 avait souligné sa difficulté d'application quand les pentes n'étaient pas planes, difficulté que Bonne résolut partiellement par des adaptations successives. Toutefois, son utilisation n'était pas toujours satisfaisante dans les zones de relief accidenté où l'impression de teinte était encore trop sombre, et une version modifiée

fut publiée dans le tome IV du *Mémorial du Dépôt de la guerre*, dans laquelle la quantité de noir n'était plus proportionnelle qu'aux cinq septièmes du sinus de l'angle des pentes. Les montagnes paraissaient ainsi moins foncées, mais l'expression des pentes légères, qui était déjà souvent jugée trop claire, perdait encore de sa valeur.

Le commandant Hossard conçut alors un diapason qui n'était pas basé directement sur des règles mathématiques comme celui de Bonne ou la loi du quart, mais sur une série de moyennes de travaux choisis parmi les plus appréciés, reliées entre elles par une loi de continuité définie. La différence me paraît essentielle : contrairement aux diapasons de Bonne qui avaient des fondations géométriques, le diapason de Hossard se basait sur la qualité artistique de certaines réalisations et n'était géométrisé qu'*a posteriori*. Prescrit et appliqué de 1853 à la fin des travaux, il marquait la persistance d'une approche artistique d'autant plus forte que l'application d'un diapason n'était jamais systématique.

Dans les faits, cette succession d'instructions différentes n'entraîna d'ailleurs pas de véritable rupture dans la manière dont étaient tracées les hachures. Sur ce point, les minutes présentaient ainsi une homogénéité plus grande que si les instructions avaient été suivies à la lettre. Hossard lui-même reconnaissait que « le diapason [avait] principalement pour but d'assurer de l'uniformité dans les travaux, sans exclure complètement la partie artistique du dessin, qui [devait] contribuer puissamment à lui donner de l'expression »³⁵⁶.

La représentation du relief variait donc d'une feuille à l'autre en fonction du terrain et de son interprétation par l'officier topographe, un accident topographique de même ampleur étant souvent représenté de façon plus marquée dans une feuille de plaine que dans une feuille de montagne. Encore une fois, je rappelle qu'une telle situation n'était absolument pas gênante dans des conceptions militaires et administratives de la cartographie, pour lesquelles il était plus important de localiser le relief, conçu comme un obstacle, dans le plan, que d'en donner la configuration détaillée dans les trois dimensions. Ce ne fut que dans le dernier quart du 19^e siècle que les scientifiques ou les touristes commencèrent à souligner une caractéristique qui empêchait l'étude topographique comparative entre plusieurs feuilles – marquant le changement radical des conceptions scientifiques suite au développement de la géographie physique³⁵⁷.

La persistance d'une interprétation artistique du terrain illustre à mes yeux la prépondérance d'une conception figurative de la cartographie au 19^e siècle. Certes, l'échec relatif de la géométrisation de la représentation du relief, marqué par l'incapacité à définir des règles uniformément et facilement applicables, avait en partie des origines techniques, notamment dans les méthodes de nivellement topographique. Mais j'ai montré comment le développement des techniques cartographiques était essentiellement gouverné par un déterminisme scientifique³⁵⁸ : cet échec procédait donc aussi de la résistance du milieu cartographique face à une représentation purement géométrique, une résistance qu'on trouvait déjà exprimée chez Puissant quand il s'opposait à Bonne en 1817 et se prononçait pour un effet d'éclairage accentuant l'expressivité des hachures.

3.3.3.2. Le talent indispensable des dessinateurs et graveurs.

³⁵⁶ Cité dans BERTHAUT Colonel, *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 51-52.

³⁵⁷ Voir infra, partie 2, chapitre 1.

³⁵⁸ Voir supra, partie 1, chapitres 1.4.4 et 3.2.1.

Les travaux de gravure avaient commencé le 5 juin 1821, à titre expérimental pour les premières feuilles de Paris et de Melun. Jusqu'en 1831, tous les travaux de gravure furent exécutés en dehors du système du marché utilisé pour les autres cartes du Dépôt de la guerre³⁵⁹, parce qu'ils étaient encore considérés comme des essais tant que les spécifications définitives n'étaient pas définies. Après 1831, le système du marché fut utilisé pour tous les travaux de la carte de France, et en 1839 le général Pelet réunissait les commissions de gravure et de dessin en une unique commission des travaux graphiques, qui pouvait ordonner d'éventuels retouches aux travaux finis.

Dans la pratique, la gravure se révélait extrêmement difficile. Le travail des planches de cuivre à l'eau-forte était soumis aux contingences météorologiques, son attaque variant particulièrement avec la température. La réception des travaux de gravure resta toujours problématique. Les planches nécessitaient presque systématiquement des retouches ordonnées par la commission. Les particularités de la gravure sur cuivre conditionnaient fortement les méthodes de représentation du relief. En particulier, la commission des travaux graphiques joua un rôle important dans la définition et l'adoption du nouveau diapason de Hossard en 1850.

La méthode du dessin et de la gravure était pourtant bien établie : elle resta relativement stable durant la majeure partie de la publication de la carte. Une fois les minutes mises au net centralisées dans les ateliers du Dépôt de la guerre, la rédaction cartographique suivait un long processus, dans lequel se succédaient des étapes de dessin et de gravure (encadré 1). Le travail s'effectuait sur des quarts de feuille, afin d'améliorer la maniabilité pour les graveurs et de diviser le travail pour accélérer la « mise en main » d'une feuille. Il était séparé en plusieurs spécialités, réalisées par des opérateurs différents : le trait (la planimétrie), la lettre (les écritures), le figuré du terrain (l'orographie), les eaux (l'hydrographie). Le tracé de la projection et le placement des points géodésiques constituaient une étape à part, exécutée par des dessinateurs et graveurs spécialisés.

Encadré 1 : Le processus de rédaction cartographique et de gravure de la carte de France au 1 : 80 000.

1) Tracé de la projection et placement des points trigonométriques (<i>dessin</i>) : cette étape fondamentale était confiée à deux dessinateurs spécialisés qui ne s'occupaient que de ce travail, tant au dessin qu'à la gravure.
2) Réduction et « mise au trait », c'est-à-dire dessin du trait (planimétrie), des quarts de feuille (<i>dessin</i> , environ 6 mois) : effectuées sur un papier huilé servant de calque pour le graveur.
3) Gravure du trait (<i>gravure</i> , environ 6 mois) : exécutée en reportant les traits du calque à l'envers sur la planche de cuivre couverte de vernis, avec des pointes à eau-forte, puis retouchée au burin. Trois épreuves étaient alors tirées, une première sur calque pour vérification par comparaison avec les réductions des minutes, une seconde pour le dessin de la lettre, et une troisième pour celui de la montagne.
4) Report des écritures (<i>dessin</i> , environ 4 mois).
5) Figuré du terrain (<i>dessin</i> , environ 20 mois pour une feuille normale) : confiée aux dessinateurs les plus habiles, cette étape consistait à réduire le calque des courbes et à

³⁵⁹ Le système des marchés de gravure reposait sur une évaluation du travail, à partir des réductions des minutes, par différents graveurs auxquels le Dépôt pensait confier le travail. Une commission de gravure comparait les prix et les temps de réalisation proposés, les réévaluait parfois et allouait les marchés aux graveurs. Le même système était utilisé pour le dessin.

tracer les hachures à partir de ces courbes, en s'aidant des hachures tracées sur les minutes et du diapason.

6) Gravure de la lettre (*gravure*, environ 6 mois) : effectuée entièrement au burin, à partir de modèles de caractères conventionnels, elle était généralement commencée par des graveurs expérimentés (l'ébauche) et achevée par des graveurs moins habiles (la liaison).

7) Gravure du figuré du terrain et des cultures (*gravure*, de 2 à 4 ans en moyenne) : exécutée par des spécialistes ayant l'expérience de la topographie, cette étape commençait par le report des courbes sur la planche de cuivre par la même technique que pour le trait. A partir de 1858, le calque qu'il était difficile de bien aligner avec le trait déjà gravé et qui se déchirait facilement fut remplacé par du papier glace : les courbes étaient reportées à l'endroit sur une mince feuille de gélatine, puis la feuille appliquée sur la planche à l'envers et décalquées soit sur le vernis, soit directement sur le cuivre. Le tracé obtenu était plus fin et plus précis qu'avec le calque, mais le papier glace ne permettait pas non plus de procéder autrement que par petits fragments pour éviter les déplacements du papier et les déchirures. Les courbes reportées, le graveur dessinait les hachures avec des pointes à eau-forte de cinq épaisseurs différentes ou à la pointe sèche pour les plus fines. Le travail devait être repris plusieurs fois et exigeait une grande expérience pour se faire une idée du résultat final imprimé, qui ne devait être ni trop gris, ni trop noir, à partir de la seule gravure – qui plus est exécutée à l'envers. Le même graveur était chargé d'indiquer les cultures.

Le dessin et la gravure jouait un rôle essentiel dans l'homogénéisation de la carte. Malgré une formalisation de plus en plus développée des méthodes, la représentation cartographique restait particulièrement hétérogène sur les minutes, en fonction de l'opérateur et de la date de levé. Les dessinateurs et les graveurs employés par le Dépôt de la guerre avaient gagné une expérience non négligeable avec la publication des cartes manuscrites dressées pendant l'Empire : leur compétence fut essentielle pour la publication d'une carte qui se révéla finalement très cohérente et uniforme.

Dans la pratique, les dessinateurs et les graveurs n'employaient jamais la seule loi du quart, mais travaillaient en *s'inspirant* du diapason officiellement prescrit – c'est-à-dire qu'ils adaptaient toujours plus ou moins l'espacement et l'épaisseur des hachures en fonction du relief représenté. La compétence topographique des graveurs chargés du relief était essentielle pour assurer une représentation expressive et « vraie » – dans le sens artistique du terme plus lié à l'efficacité visuelle qu'à la conformité avec le réel. Seuls les plus expérimentés se voyaient confier ce travail délicat, comme nous le verrons dans le cas particulier des Alpes³⁶⁰. Plus que tous les autres domaines de la gravure, la représentation du relief justifiait donc le titre d'artiste que portaient généralement les graveurs. Elle montrait aussi que jusqu'à la dernière étape du processus cartographique, l'approche figurative restait prédominante : si certains membres des diverses commissions avaient défendu une approche plus géométrique, la représentation du relief sur la carte de France au 1 : 80 000 devait beaucoup plus au sens artistique des différents opérateurs qu'aux mesures du terrain. D'ailleurs, l'accueil fait à la carte de France montre que les contemporains louèrent surtout le talent artistique des dessinateurs et spécialement des graveurs, qui avaient permis la figuration très expressive du relief pourtant représenté par un système jugé purement géométrique.

3.3.3.3. La publication de la carte de France.

³⁶⁰ Voir infra, partie 1, chapitre 4.2.4.

La publication de la carte commença en 1833 avec la première livraison contenant les douze feuilles du quart nord-est de la France, dont Paris. A partir de cette date, le travail de gravure et la publication suivit un cours normal, seulement ralenti par les difficultés rencontrées avec les feuilles de montagne des Pyrénées et des Alpes. Les dernières feuilles publiées concernaient la Corse : les minutes mises au net furent achevées en 1867, leur réduction en 1871 et leur gravure et publication en 1880. Sur l'ensemble de la carte, la durée d'exécution d'une feuille était d'environ douze ans, du début des levés à l'achèvement de la gravure³⁶¹.

Ainsi, la Carte de France s'achevait « soixante après la gravure du premier trait sur la planche de Paris »³⁶², avec une dépense totale de onze millions de francs, selon les calculs de Berthaut³⁶³. La commission spéciale du Dépôt de la Guerre avait estimée en 1818, sur la base de levés au 1 : 10 000 et d'une gravure au 1 : 50 000, une durée d'environ vingt ans pour un budget total de sept millions de francs. Le Comité du Dépôt de la guerre avait estimé la même durée et le même coût en 1821, mais avec une gravure au 1 : 80 000, ce qui illustre à quel point le coût de la gravure était difficile à estimer avant le début des travaux à un stade de véritable production. En 1832, juste avant le début de la publication, le général Pelet estimait à vingt-quatre ans la durée encore nécessaire à la réalisation de la carte avec un budget annuel de deux cent mille francs, pour un budget total cumulé depuis 1818 de six millions six cent mille francs. Malgré des limitations, le budget et la durée de réalisation furent donc – assez normalement – largement supérieurs à ce qui avait été prévu, en grande partie à cause de difficultés techniques dont l'ampleur avait été mal appréciée, particulièrement pour la gravure et pour les zones montagneuses qui n'avaient jamais été l'objet de travaux topographiques généraux comprenant une représentation géométrique du relief.

Malgré les discours soulignant son utilité, les prévisions de tirage reflétaient bien sa conception avant tout comme une œuvre de prestige à la seule destination des administrations centrales : en se basant sur l'exemple de la carte de Cassini, le Dépôt de la guerre avait estimé qu'une planche de cuivre pouvait supporté cinq mille tirages avant d'être inutilisable. Les planches s'usèrent en fait plus rapidement, et à partir de 1852, le Dépôt fit des essais de galvanoplastie, un procédé dont l'utilisation se développait à l'étranger pour la reproduction des planches de cuivre (Angleterre, Etats-Unis, Italie, Autriche), mais pour des questions de budget, il n'installa finalement un atelier spécialisé qu'en 1856. Par la suite, le Dépôt utilisa également le procédé d'aciérage inventé par Jacquin pour augmenter la durée de vie des planches de cuivre. Parallèlement, il développa, à partir de 1838, la technique du tirage en report sur pierre pour l'impression à moindre coût des cartes départementales éditées pour l'administration. A partir de 1865, l'usage et la conservation des planches étaient donc bien définis, toutes les modifications n'étant effectuées que sur des reproductions des planches-mères, mais certaines planches étaient déjà très usées : en 1898, soixante-trois planches devaient être retouchées à cause d'une trop grande usure, travail long et délicat prenant en moyenne trois ans par planche. Mais ce ne fut qu'après 1870 et le manque aigu de cartes dans l'armée française qu'une solution plus économique et efficace de tirage fut activement recherchée avec le développement de la zincographie³⁶⁴.

Conclusion

³⁶¹ *Le Service Géographique de l'Armée, op. cit.*, p. 41.

³⁶² BERTHAUT Colonel, *La Carte de France, op. cit.*, tome 2, p. 92.

³⁶³ BERTHAUT Colonel, *La Carte de France, op. cit.*, tome 2, p. 95.

³⁶⁴ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.2.2.

La Commission de topographie de 1802 avait certes posé les bases théoriques d'une représentation géométrique du terrain, reprises sans plus de précision par la Commission royale, mais dans la pratique, leur application était confrontée à l'inexistence du nivellement topographique, dont le développement avait été limité par les l'expression des besoins des les utilisateurs de carte et par la favorisation des techniques géodésiques. Dès lors, la géométrisation de la représentation du relief s'appuya essentiellement sur les opérations géodésiques qui donnaient les trois coordonnées géographiques d'un canevas de points.

Contrairement à la triangulation dirigée par les Cassini au 18^e siècle, la nouvelle description géométrique de la France ne répondait que partiellement aux préoccupations scientifiques et s'inscrivait plus strictement dans le projet d'une nouvelle carte de France. Une certaine instrumentalisation de la géodésie se mit en place, dans laquelle les opérations géodésiques perdaient leur indépendance pour servir de plus en plus de simples base à des levés topographiques qui ne reposaient que peu sur la mesure directe du terrain. Malgré le développement des premiers instruments de nivellement, les méthodes de levé restaient en effet dominées par l'interprétation figurative du relief et n'adoptaient que partiellement les principes de géométrisation de la représentation du relief édictés par la Commission de 1802 et confirmés par la Commission de 1828. Elles ne furent définitivement formalisées que dans une instruction de 1851, plus de trente ans après le début des travaux : en conjonction avec l'importance donnée à l'interprétation du terrain, cette lente formalisation participa à la très grande hétérogénéité des minutes de levés, particulièrement dans la figuration du relief. Les étapes de dessin et de gravure des feuilles jouèrent donc un rôle essentiel d'homogénéisation de la représentation cartographique, dans lequel le talent artistique des opérateurs influa beaucoup plus que les principes de géométrisation édictés par les commissions – nouvelle preuve de la persistance d'une approche figurative de la cartographie.

Je considère donc que la carte de France au 1 : 80 000 constituait moins une mutation majeure dans sa forme elle-même que dans les problématiques que sa réalisation avait soulevées. La représentation du relief par des hachures normalisées en faisait certes la première carte topographique générale du territoire français, mais cette géométrisation du relief était singulièrement limitée par une pratique tardivement formalisée qui ne reposait que peu sur la mesure et se basait essentiellement sur une succession d'interprétations figuratives du terrain (levé, dessin, gravure). Sur l'exemple de la carte de Cassini, la nouvelle carte fut publiée entre 1833 et 1880³⁶⁵ sur la base de cinq mille tirages par planche, que le Dépôt de la guerre jugeait suffisante pour les besoins militaires et administratifs, et le problème de la mise à jour de la carte ne fut vraiment soulevé qu'après la guerre de 1870³⁶⁶. Selon moi, ces caractéristiques de la réalisation et de la publication de la carte de France démontrent la persistance d'une conception fixiste et figurative de la cartographie qui envisageait la carte avant tout comme un tableau figé du territoire. Dans cette conception et compte tenu des préoccupations scientifiques de l'époque, la représentation détaillée du relief n'était absolument pas une priorité. Or, en exacerbant les problèmes scientifiques, techniques et humains, la couverture des Alpes pour la carte de France montra les limites d'une cartographie généraliste appliquée aux régions de haute montagne – préfigurant dans certains aspects le développement d'une cartographie spécifique de ces régions.

³⁶⁵ La première livraison de 1833 contenait douze feuilles du quart nord-est de la France, dont Paris. La dernière livraison de 1880 contenait les feuilles couvrant la Corse, dont le levé n'avait été achevé qu'en 1867. La durée moyenne d'exécution d'une feuille était d'environ douze ans, depuis le début des levés jusqu'à l'achèvement de la gravure. *Le SGA. Op. cit.*, p. 41.

³⁶⁶ Voir infra, partie 2, chapitre 3.1.1.3.

Chapitre 4. La carte d'état-major face aux Alpes : les limites d'une cartographie généraliste.

La carte de France au 1 : 80 000, plus connue sous le nom de carte d'état-major, fut la première carte topographique générale du territoire. Malgré la persistance de l'approche figurative, l'adoption d'une représentation partiellement géométrique du relief ne permettait pas de simplement négliger les régions montagneuses jugées inintéressantes pour les besoins militaires ou administratifs, comme l'avait décidé Cassini en son temps. Au contraire, la carte d'état-major fut la première carte à couvrir systématiquement les parties françaises des chaînes des Pyrénées et des Alpes. Ce fut d'ailleurs dans ces régions que les difficultés les plus aiguës furent rencontrées dans la réalisation de la carte. Les problèmes techniques et humains que posèrent les travaux dans des régions encore très peu fréquentées³⁶⁷ soulignèrent l'ignorance des officiers et de la direction. Le rôle central de la triangulation et les préoccupations scientifiques focalisées sur la géodésie imposèrent une pression considérable aux ingénieurs géographes géodésiens qui opérèrent dans les régions de haute montagne. Les conditions extrêmes des travaux en haute montagne ne furent que lentement reconnues après l'achèvement de la triangulation de 1^{er} ordre, au cours des opérations de 2^e et 3^e ordre, mais aussi pendant les levés topographiques et la gravure. L'absence de besoins pour une représentation détaillée des hautes régions favorisa une orientation figurative plus marquée, mais ni les levés ni la gravure ne furent épargnés par les problèmes posés par un type de terrain dont la cartographie à grande échelle n'avait encore jamais été effectuée.

4.1. L'épreuve de la géodésie de 1^{er} ordre dans les Alpes, reflet de l'ignorance des conditions de travail en haute montagne.

Les régions de haute montagne française furent couvertes par les opérations de géodésie primordiale et de 1^{er} ordre entre 1823 et 1834. Que ce soit dans les Pyrénées ou dans les Alpes, ces opérations furent marquées par l'extrême difficulté d'un travail déjà dur dans un milieu encore pratiquement inconnu. Les officiers géodésiens, aidés d'adjoints, de porteurs et de guides, devaient non seulement transporter des instruments très lourds sur des sommets suffisamment élevés pour permettre des visées lointaines satisfaisantes, mais ils devaient également y construire des signaux en pierre et en bois puisque le simple pointé d'un pic rocheux n'était pas suffisamment précis. Surtout, la nécessité de répartir de façon régulière les sommets des triangles de 1^{er} ordre les obligea à gravir des cimes souvent invaincues, par des routes méconnues ou entièrement nouvelles. Pourtant, la direction de la carte de France, assurée par le Dépôt de la guerre, n'adapta jamais le travail aux conditions particulièrement difficiles de la haute montagne. Aucun enseignement n'ayant été tiré des expériences précédentes, les opérations géodésiques dans les Alpes se transformèrent en une véritable épreuve, qui resta volontairement ignorée des milieux officiels. Ce ne fut qu'à la fin du 19^e siècle que le milieu des alpinistes en pleine structuration découvrit les exploits d'ascensionnistes des ingénieurs géographes, reconstruisant alors une histoire tragique

³⁶⁷ Dans la première moitié du 19^e siècle, la région la plus visitée des Alpes restait la vallée de Chamonix, qui se trouvait alors en dehors du territoire français. Elle ne connaissait pourtant que le tout début d'un développement touristique, avec un nombre cumulé de « visiteurs » estimé à mille cinq cents en 1800 (voir infra, partie 2, chapitre 1.3.1).

et quasi-mythologique dont l'exemple le plus complet reste l'ouvrage consacré par Henri Béraldi aux « officiers de la carte de France »³⁶⁸.

4.1.1. Des expériences sans enseignement : les travaux géodésiques sous l'Empire et la triangulation des Pyrénées.

4.1.1.1. Les triangulations de l'époque impériale : le refus de la haute montagne.

En matière de géodésie des régions montagneuses, les officiers chargés de la nouvelle description géométrique de la France n'étaient pas en terrain entièrement vierge. Des ingénieurs géographes avaient déjà effectué un certain nombre de travaux dans ces régions stratégiques, même si l'intérêt des militaires ne semblait pas excéder le tracé des frontières et des itinéraires de franchissement. Les nouveaux officiers héritaient ainsi dans les Pyrénées des travaux inachevés de la commission franco-espagnole de délimitation de la frontière, menés entre 1786 et 1795³⁶⁹, même s'ils ne furent pas utilisés par les officiers de la carte de France. Dans les Alpes, ils disposaient des triangulations de la Savoie, de la Suisse et de l'Italie réalisées sous l'Empire, qui furent intégrées à la chaîne primordiale du parallèle moyen.

Cependant, ces travaux antérieurs n'avaient pas l'ampleur de la nouvelle description géométrique et ils pénétraient beaucoup moins profondément dans les zones de haute montagne. Malheureusement, les conditions exactes dans lesquelles ils furent effectués sont très peu détaillées dans les sources disponibles. Pour la Suisse (1803-1814), le colonel Henry profita « d'excellents documents locaux existant déjà »³⁷⁰ et n'effectua apparemment aucune opération difficile en haute montagne. Il se consacra en fait principalement au parallèle de Strasbourg, appuyant ses triangles jusqu'à Genève par une base de dix-neuf kilomètres mesurée à Ensisheim, près de Colmar. Nouet réalisa à partir de 1802 la triangulation du département du Mont Blanc et du lac Léman, déterminant essentiellement les positions de villes comme Chambéry, Genève ou Bonneville. Encore une fois, aucune ascension de sommet n'est citée pour ce travail.

A l'époque, n'importe quelle ascension conservait une nature exceptionnelle qui justifiait la publication de descriptions et commentaires détaillés : leur absence me permet donc d'affirmer sans aucun doute qu'aucune opération ne fut menée en haute montagne au cours de ces triangulations. Les visées furent certainement exécutées en plaine ou en moyenne montagne, dans des régions qui, à l'exception du massif du Mont Blanc, restaient d'un accès relativement facile.

4.1.1.2. Le parallèle moyen, l'unique opération menée en haute montagne sous l'Empire.

Sous l'Empire, les seuls travaux exécutés dans les conditions difficiles de la haute montagne concernèrent la détermination de la chaîne primordiale du parallèle moyen. Le ministre de la Guerre avait en effet ordonné le 22 mai 1811 l'exécution d'une campagne géodésique sur ce parallèle moyen, afin de rattacher à la carte de Cassini les travaux géodésiques et topographiques effectués en Suisse, en Savoie et en Italie, et de procurer une ligne

³⁶⁸ BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Notes sur les officiers de la carte de France*. Paris : [s.n.], 1907, 205 p.

³⁶⁹ Parmi les ingénieurs français de la commission figurait notamment Brossier.

³⁷⁰ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 133.

trigonométrique perpendiculaire à la méridienne de Dunkerque. Pour une première fois, les besoins militaires, administratifs et scientifiques se rejoignaient sur un projet ponctuel, que Laplace appuya par exemple parce qu'il « considérait le Mont-Blanc comme le point le plus invariable de l'Europe, et le plus propre à servir de départ aux longitudes géographiques »³⁷¹.

Commencées dès 1811, les opérations furent interrompues en 1813 par les événements politiques. Les parties allant de la méridienne à l'océan et des Alpes à Turin restèrent inachevées, mais le colonel Brousseau avait eu le temps d'exécuter la partie intermédiaire. Même si ses travaux n'avaient concerné que des régions à la limite entre la moyenne montagne et la haute montagne – du moins dans nos conceptions actuelles –, il avait rencontré des difficultés spécifiques aux opérations en montagne, comme l'impact du mauvais temps. Ainsi, le 20 août 1811, la foudre tua le garde de l'observatoire installé au Mont-Dore (massif Central, 1 050 mètres) et mit les instruments hors service. La partie du parallèle couverte par Brousseau s'arrêtait aux monts Granier (massif de la Chartreuse, 1 933 mètres) et Colombier (massif des Bauges, 2 045 mètres), qui formaient un côté du triangle par lequel la chaîne était reliée à la triangulation de la Savoie : s'ils constituaient les Sommets les plus élevés des opérations de Brousseau, leur ascension restait relativement facile, notamment parce que les itinéraires étaient déjà bien connus à cette époque.

Les opérations sur le parallèle moyenne ne reprirent qu'en 1818. Deux ans plus tard, Laplace faisait parvenir à l'Académie de Turin un mémoire rédigé par Brousseau pour donner des renseignements sur le terrain de la triangulation entre les Alpes et Turin. Des négociations furent engagées pour l'achèvement de la chaîne du parallèle moyen en Italie par une commission austro-sarde, compliquées par les hésitations des Piémontais craignant – à juste titre – que les Autrichiens n'en profitent pour lever la topographie du territoire sarde. Brousseau fut alors envoyé à Aix-les-Bains pour négocier officieusement et récupérer les archives du bureau topographique du Mont Blanc qu'il avait faites cacher à Chambéry en 1814³⁷².

Finalement, la commission austro-sarde compléta la chaîne en 1822 avec treize triangles, mais en la déviant vers le sud afin de trouver des lieux plus faciles d'accès pour disposer les signaux. Les sommets restaient pourtant plus élevés que dans la partie française, avec par exemple le Mont Thabor (massif de Belledonne, 3 178 mètres), le Pic du Frêne (massif de Belledonne, 2 807 mètres) ou le col de la Roche-Chevrière (3 087 mètres). La modification du tracé de la chaîne montrait bien les habitudes de travail : d'une façon générale, les géodésiens plaçaient leurs signaux et effectuaient leurs stations en des lieux parfois élevés, mais d'accès relativement faciles et surtout connus – c'est-à-dire disposant de routes traditionnelles d'ascension susceptibles d'être montrées par les montagnards qui servaient de guides.

Mais pour les opérations géodésiques primordiales et de 1^{er} ordre de la nouvelle description géométrique de la France, l'influence des savants imposa une méthode plus stricte aux ingénieurs géographes, en particulier dans la régularité du maillage des sommets de triangles. Les officiers ne purent donc pas éviter les régions plus méconnues et difficiles d'accès au cœur des massifs montagneux, ni l'ascension d'un grand nombre de sommets encore invaincus – sans que leur direction ne reconnaisse pour autant les conditions difficiles de leur travail.

4.1.1.3. La triangulation des Pyrénées, une expérience sans enseignement.

³⁷¹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 9.

³⁷² BERARDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*, p. 88-89.

Bien que n'entrant pas strictement dans le cadre de mon étude, les opérations géodésiques dans les Pyrénées méritent d'être présentées, parce qu'à cause de l'indifférence de la direction, le même schéma de développement se reproduisit dans les Alpes les années suivantes. Exécutées entre 1825 et 1827, elles avaient pour but de former un dernier parallèle reliant Bayonne à l'extrémité sud de la méridienne de Dunkerque. Un soin particulier fut apporté aux mesures zénithales, qui devaient notamment servir à déterminer les différences de niveau à appliquer entre l'océan et la mer Méditerranée. La partie occidentale de la chaîne fut triangulée par Coraboeuf et son adjoint Testu, la partie orientale par Peytier et son adjoint Hossard. Contrairement à la triangulation des Alpes, les couples chefs-adjoints ne changèrent pas et les adjoints se révélèrent de véritables collaborateurs qui aidèrent non seulement à la construction des signaux, mais aussi aux reconnaissances et aux stations.

Les conditions de travail étaient radicalement différentes de celles qu'avaient connues ces officiers jusque-là. Dans l'impossibilité de transporter sur les sommets les grands cercles répéteurs de Borda, trop lourds, ils employèrent des cercles plus petits, d'un diamètre de dix pouces. Malgré l'appel à des porteurs et à des « guides »³⁷³ de la région, l'ascension des sommets restait extrêmement difficile à une époque où l'ascensionnisme n'en était qu'à ses balbutiements et ne proposait encore aucune technique susceptible de faciliter les expéditions en haute montagne. De plus, la tâche était singulièrement compliquée par la nécessité d'acheminer le matériel pour la construction des signaux en pierre et en bois, puisque, compte tenu du degré de précision attendu par la direction scientifique, il n'était pas envisageable de viser directement les rochers formant le sommet. Mais malgré les instructions de rigueur dans le positionnement des sommets de triangles, certains pics choisis pour leur position ne purent finalement pas servir de station. Ce fut le cas par exemple du pic d'Ossau, au sommet duquel les officiers n'arrivèrent pas à monter un cercle répéteur et durent se contenter d'ériger un signal.

L'orientation elle-même était problématique dans des régions de haute montagne presque inconnues. En 1825 par exemple, Peytier et Hossard s'égarèrent dans le brouillard, malgré leur guide et « l'insuffisante carte de Cassini »³⁷⁴. Ils arrivèrent au sommet d'un pic, d'où ils aperçurent à la faveur d'une éclaircie le Balaïtous³⁷⁵ qu'ils pensaient avoir gravi : ils venaient de faire inconsciemment la conquête du Cujela-Palas, sommet d'une hauteur de 2 976 mètre³⁷⁶. Ils atteignirent finalement le Balaïtous cette même année après trois tentatives infructueuses, sans qu'aucune de leurs expéditions n'ait, semble-t-il, attisé d'autre curiosité que celle des montagnards parmi lesquels ils avaient recruté leurs guides.

Malgré les nombreuses lettres et comptes-rendus que les officiers lui faisaient parvenir, la direction de la carte de France fit longtemps preuve d'une totale ignorance des conditions de travail en haute montagne. Les commentaires des officiers étaient pourtant particulièrement explicites. Envoyé en Grèce pour de nouvelles opérations géodésiques, Peytier écrivait ainsi : « la géodésie me ruine la santé, et je n'en veux plus faire en

³⁷³ Il ne s'agit bien sûr pas de guides au sens touristique du terme – le métier commençait à peine à se développer dans la région de Chamonix avec la création de la Compagnie des guides de Chamonix en 1823 – mais de simples montagnards connaissant bien la région.

³⁷⁴ BERARDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*, p. 45.

³⁷⁵ Balaïtous : nom du Balétous en patois local, toponyme qui s'imposa par la suite sous l'influence du comte Russel.

³⁷⁶ BERARDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*, p. 45.

pays de montagne à quelque prix que ce soit »³⁷⁷. Pourtant, jusqu'à l'achèvement des opérations primordiales et de 1^{er} ordre, la direction continua à délimiter la zone que chaque officier devait trianguler avec une surface toujours égale, qu'elle se trouve en plaine ou en montagne. Ainsi, quand le capitaine Durand commença la triangulation des Alpes après l'achèvement de celle des Pyrénées, aucune modification n'avait été effectuée dans le rendement demandé aux officiers. Tout se passait comme si l'expérience des Pyrénées n'avait apporté aucun enseignement, mais les conséquences furent plus tragiques dans les Alpes.

4.1.2. L'épreuve de la géodésie dans les Alpes : Loreilhe, Durand et ses adjoints.

Dans le découpage géodésique de la France, les Alpes étaient divisées en deux parties par le parallèle moyen au nord, la mer Méditerranée au sud, et le parallèle de Rodez au milieu. Les opérations géodésiques sur ce dernier parallèle avaient été exécutées entre 1823 et 1825 par le capitaine Foulard pour la partie occidentale (par rapport à la méridienne) et par le capitaine Durand pour la partie orientale, qui comprenait notamment des sommets dans les régions élevées de Castellane, Digne et Gap. A l'exception d'une ébauche constituée par la triangulation de 2^e ordre effectuée par le lieutenant Loreilhe le long de la frontière en 1823, toute la triangulation intermédiaire de 1^{er} ordre des Alpes fut exécutée entre 1827 et 1830 par le seul capitaine Durand, ponctuellement assisté d'adjoints, conformément à la politique générale de la direction de la carte de France. Son œuvre ardue et colossale et son destin tragique furent cependant ignorées jusqu'à leur redécouverte par les premiers ascensionnistes.

4.1.2.1. Loreilhe et la triangulation de 2^e ordre le long de la frontière.

En 1823, en même temps que Durand recevait l'ordre d'exécuter les opérations sur le parallèle de Rodez, un autre officier, le lieutenant Loreilhe, était chargé d'effectuer une triangulation de 2^e ordre le long de la frontière des Alpes. Comme pour les opérations primordiales, le travail demandé à Loreilhe était excessif par rapport à ses conditions de réalisation. Dans son style sec et concis si particulier, Béraldi le décrivit plus tard par un commentaire laconique : « besognes excessives – on les donnait telles alors »³⁷⁸. Confronté à la neige, aux difficultés d'approvisionnement, au prix des indispensables guides, à des conditions de vie et d'hébergement spartiates, comme en témoignait sa correspondance avec sa hiérarchie, Loreilhe ne put terminer son travail avant la mauvaise saison. Il livra cependant dix-huit cahiers de mise au net, dans lesquels s'égrenaient comme une litanie les mentions de « sommets inaccessibles » aux altitudes calculées par des visées éloignées. Doté d'un budget réduit, il construisit les signaux les plus économiques possibles, « pyramides en pierres sèches de 6 à 8 pieds de diamètre sur 8 à 14 de haut », « malgré cela assez solides pour les retrouver dans huit à dix ans »³⁷⁹. Dernier signe d'un souci d'économie

³⁷⁷ Cité dans : *Ibid.*, p. 136.

³⁷⁸ *Ibid.*, p. 92.

³⁷⁹ *Ibid.*, p. 96.

généralement partagé par l'administration et les officiers de la carte de France, il concluait ainsi son rapport : « campagne des plus pénibles, et de plus, très peu lucrative »³⁸⁰.

Tout comme la triangulation des Pyrénées exécutée deux ans plus tard, cette campagne soulignait les difficultés du travail en haute montagne : surface à couvrir excessive, budget insuffisant, mauvaises conditions climatiques, difficulté d'accès des sommets accentuée par la nécessité de construire des signaux. Elle montrait surtout le refus de la direction de prendre en compte ces difficultés, du moins jusqu'à l'achèvement des opérations de 1^{er} ordre.

4.1.2.2. Le capitaine Durand.

Le capitaine Adrien Armand Durand (1787-1835), qui fut chargé de la triangulation de 1^{er} ordre de toutes les Alpes, avait suivi un parcours classique. Elève à l'école Polytechnique en 1808, puis à l'école d'application des ingénieurs géographes en 1810, il avait obtenu le grade de lieutenant ingénieur géographe en 1812. Il fut ensuite employé aux différentes entreprises visant à occuper les ingénieurs géographes après la période de l'Empire : à la carte des Départements réunis (1814), à la carte des Chasses (1814), à la carte de environs de Paris (1815), puis à la carte de France à partir du 1^{er} avril 1818.

Comme je l'ai déjà dit, il exécuta entre 1823 et 1825 les opérations géodésiques sur la partie orientale du parallèle. Si en 1823 et 1824 il fut assisté d'un adjoint, Rozet, qui construisait les signaux sous ses ordres, il acheva apparemment seul la partie alpine du parallèle en 1825, dans laquelle il reprit certains signaux bâtis par Loreilhe – qu'il fallut parfois reconstruire. Jusqu'à cette date, ces travaux ne lui avaient imposé l'ascension que de sommets encore relativement faciles d'accès. Après une année d'interruption où il fut employé pour le levé topographique de la feuille de Mézières qu'il fallait achever rapidement, il commença en 1827 la triangulation de 1^{er} ordre de tout le quart sud-est de la France – une œuvre démesurée qu'il acheva pourtant dès 1830.

4.1.2.3. La triangulation des Alpes par Durand.

L'ordre de mission de Durand lui confiait une tâche particulièrement vaste qui soulignait le refus complet de la direction de prendre en compte les conditions de son exécution. Aidé d'un seul adjoint, il devait exécuter en quatre ans la triangulation de 1^{er} ordre de tout le quart sud-est de la France, qui comptait les régions les plus difficiles de parcours du territoire, alors que la triangulation des Pyrénées avait été difficilement exécutée en trois ans par *deux* ingénieurs géographes aidés de leurs adjoints. Pendant quatre, « à une époque où la haute montagne n'est pas du tout à la mode, [Durand devint] "alpiniste" non par goût, mais par obligation professionnelle » : confronté à un « travail écrasant, dans un pays très accidenté et particulièrement malaisé à parcourir », « il gravit une quarantaine de pics de plus de 2 500 m et cinq de plus de 3 000 »³⁸¹, dont certains plusieurs fois, parmi lesquels l'un des sommets du Grand Pelvoux qui devint plus tard la pointe Durand.

Les opérations géodésiques en région montagneuse ne nécessitait pas seulement de gravir des cimes parfois invaincues, mais aussi de mener de longues observations qui obligeaient souvent les officiers à passer la nuit sur les sommets. L'instruction de 1818 leur

³⁸⁰ *Ibid.*, p. 96.

³⁸¹ BROU Numa. La Montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 111.

recommandait en effet d'éviter « autant que possible de faire des observations d'angles dans les moments où il y [aurait] beaucoup de vapeurs et d'ondulations et dans ceux où le soleil donnerait aux signaux des phases prononcées qui rendraient le pointé trop incertain »³⁸². Les officiers faisaient donc généralement leur station le matin ou en fin de journée : si cela ne posait aucun problème en terrain de plaine, en haute montagne il devenait obligatoire de passer la nuit sur le lieu de station, souvent situé sur des sommets élevés. Pendant les dix-huit mois que Durand travailla effectivement sur le terrain³⁸³, il passa ainsi plus de deux cents nuits à côté de soixante signaux³⁸⁴, alors qu'il avait déjà dépassé les quarante ans.

Durand commença son travail sur la Côte d'azur par le quadrilatère Marseille-Aix-Castellane-Nice (départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Basses-Alpes), avec le lieutenant Reverdit comme adjoint pour construire les signaux. En 1828, il attaqua le quadrilatère Lyon-Belley-Aurant-Le Buis par les reconnaissances et le choix des stations dans les hautes Alpes dauphinoises, assisté jusqu'en 1829 par un nouvel adjoint, le sous-lieutenant Leclerc³⁸⁵. A partir des rares archives subsistantes, Béraldi décrit le plus précisément possible le parcours suivi, plus de mille kilomètres dans un terrain méconnu et difficile, un exercice compliqué par les indications sommaires laissées par Durand qui, ne connaissant pas la toponymie des régions qu'il parcourait, ne pouvait presque jamais nommer les vallons, les cols ou les lacs qu'ils croisaient³⁸⁶.

Certains hauts faits furent ainsi établis. Par exemple, en 1829, Durand décidait de stationner dans le massif du Pelvoux qui faisait écran au milieu de son réseau. Reprenant le même type d'approche pragmatique que les géodésiens autrichiens et sardes en 1822, il rejeta l'idée de gravir les pics jugés inaccessibles de la barre des Ecrins pour y construire un signal et préféra installer une baraque au sommet du Grand Pelvoux, dont l'accès était plus facile et l'altitude encore suffisante. Il semble que Leclerc ait construit le signal sur la pointe est, qui venait de perdre la neige qui la recouvrait, avant le 13 juillet 1829, puisqu'il fut visé depuis une autre station ce jour-là. Autre exemple, en 1830, Durand stationnait dans l'Oisans, du 13 au 18 juillet au Taillefer (2 860 mètres), le 24 juillet sur l'Aiguille du Goléon (3 429 mètres). Du 6 au 8 août, il stationnait au Grand Pelvoux (3 938 mètres)³⁸⁷, effectuant le matin à partir de cinq heures les mesures d'angles, l'après-midi les distances zénithales³⁸⁸, reprenant les angles le soir à partir de dix-huit heures. Il logea à l'abri du 5 au 12 août, retenu trois jours par la neige, simplement protégé par une toile en guise de toit à sa baraque de pierre.

Bien qu'aidé par différents adjoints pendant les huit ans que durèrent ces travaux géodésiques (parallèle de Rodez compris), Durand avait accompli essentiellement seul une

³⁸² Instruction reproduite dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 289.

³⁸³ C'est-à-dire sans compter les mois d'hiver occupés à assurer les calculs définitifs pour les observations de la campagne d'été précédente.

³⁸⁴ BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*, p. 91.

³⁸⁵ Leclerc : entré à Polytechnique en 1822 et sorti officier en 1825.

³⁸⁶ BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*, p. 107-130.

³⁸⁷ Comme le soulignait anecdotiquement Béraldi : « Et pendant que l'officier, dans une région supra-terrestre domine les bruits des villes et les passions humaines, tout en France subitement est changé. L'immense territoire qu'il a sous les yeux est sous un autre régime. A ce moment, la Chambre des députés vient d'offrir le trône au duc d'Orléans... », *Ibid.*, p. 127.

³⁸⁸ Nouvelle preuve du désintérêt pour le nivellement, puisque les mesures servant à déterminer les altitudes étaient exécutées au moment le plus défavorable de la journée en raison de la lumière excessive du soleil.

tâche immense, en partie parce qu'il avait probablement refusé de donner à ses adjoints les mêmes responsabilités que les ingénieurs géographes chargés de la triangulation des Pyrénées avaient donné aux leurs. Cette œuvre colossale ne fut pourtant pas reconnue dans toute sa démesure par une direction qui ne perçut dans les comptes-rendus de Durand que les aspects positifs des ascensions réussies. Elle conclut ainsi du travail de Durand dans les Alpes qu'il avait dû être moins difficile que dans les Pyrénées, puisque les ascensions avaient connu moins d'échecs et de tentatives infructueuses.

4.1.2.4. Le destin tragique de Durand.

Durand avait parfaitement conscience de la tâche immense qu'il avait exécutée pratiquement seul. A partir de 1832, alors qu'il était chargé depuis 1831 de la triangulation secondaire des feuilles de *Lyon* puis *Saint-Étienne*, il intégra presque systématiquement à ses rapports des demandes de promotion au grade de chef de bataillon. Comme celles-ci restaient sans réponse, ses requêtes commencèrent à prendre une forme étrange, presque irrespectueuse pour un officier³⁸⁹, qui insistait sur les grades supérieurs facilement obtenus par des officiers moins travailleurs mais mieux nés³⁹⁰.

Il semble que Durand ait peu à peu plongé dans la folie. Du moins, ce fut ainsi que la direction ou Béraldi qualifièrent son état à partir de la fin de 1832, illustrée par la dernière lettre que reçut l'administration le 14 juillet, qui n'avait pas de date et presque plus de ponctuation. Elle s'achevait sur ces phrases (les fautes et la présentation sont de Durand lui-même) :

« mon général, m'en voulez pour la lettre que j'ai pris la liberté de vous écrire dans les derniers de jours de juin je crois qu'elle était de toute justice. quand donc puis-je espérer de procurer mes parents centenaires le plaisir de me voir chef de bataillon que je crois avoir bien mérité par ans de grade et par pénibles et merveilleux travaux très vite et très économiquement exécutés. Cette année j'aurai fait en très peu de temps le travail de quatre camarades et j'espère qu'avant la fin de la campagne je recevrai ainsi que l'habile Peitier le grade de chef de bataillon. »³⁹¹

En octobre 1833, après avoir subi une « fièvre lancinante » depuis 1831, il était finalement réformé pour « infirmités incurables » sans avoir obtenu sa promotion tant demandée. Il mourut paralysé une dizaine de mois après, le 7 janvier 1835 à la Maison royale de Charenton – un asile d'aliénés dans lequel furent menées des études sur l'état de folie qualifié de *paralysie générale*. Ignoré par sa hiérarchie, puis élevé en martyr de la géodésie de haute montagne par les premiers alpinistes, le cas de Durand ne fait généralement l'objet d'aucune discussion : sa maladie, sa folie, puis sa mort seraient dues à une seule et même cause, l'épuisement provoqué par la charge excessive de ses travaux – comme en témoignerait d'ailleurs le destin similaire de son adjoint Leclerc, également réformé pour

³⁸⁹ Béraldi cite par exemple une lettre dans laquelle Durand parlait du « beau-fils de M. ***, le donneur de billets de spectacles : il est chevalier de la Légion d'honneur et chef de bataillon, oh, justice ! » Lettre du 30 juin 1832, citée par BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Op. cit.*, p. 134.

³⁹⁰ Il soutenait également dans ses demandes la promotion de certains de ses collègues, comme Peytier dans les Pyrénées. Sans que Patrice Ract n'y fasse allusion dans son étude qui s'arrête en 1791, les requêtes de Durand reflètent parfaitement le statut social modeste de certains ingénieurs géographes si bien souligné dans celle-ci. RACT Patrice. *Les Ingénieurs géographes. Op. cit.*

³⁹¹ **Lettre citée par BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Op. cit.*, p. 136.**

folie, en janvier 1848, après s'être présenté aux Tuileries en insistant pour parler au Roi³⁹². Cependant, les symptômes de Durand en eux-mêmes me font privilégier l'hypothèse, moins glorieuse il est vrai, d'un stade terminal de syphilis³⁹³. Le rapprochement n'avait pas pu être fait à l'époque de Durand, puisque la nature syphilitique de la paralysie générale ne fut soutenue qu'en 1879 par Alfred Fournier. Mais dans ses *Leçons sur les maladies mentales* (1880), Benjamin Ball affirmait que « le délire ambitieux est incontestablement l'une des véanies qui peuvent inspirer à l'observateur les craintes les plus légitimes et lui faire admettre la possibilité d'une paralysie générale » et soulignait que ce délire « se présente sous deux formes principales : d'abord, la manie ou l'excitation maniaque avec idées de grandeur ; ensuite, le délire simple sans excitation maniaque »³⁹⁴. La similitude avec le comportement de Durand dans les dernières années de ses travaux est frappante : si la fatigue due aux travaux en haute montagne fut sans doute un facteur aggravant, l'hypothèse d'une paralysie générale causée par la syphilis semble être fortement probable.

4.1.2.5. La négation des spécificités du travail en haute montagne.

Même s'ils peuvent être expliqués par d'autres raisons, les destins tragiques de Durand ou de Leclerc furent souvent utilisés comme témoignage de l'extrême rigueur des travaux géodésiques en haute montagne, que soulignaient également les commentaires acerbes d'autres ingénieurs géographes comme Peytier. L'absence totale d'équipements d'alpinisme et de connaissances sur les massifs les plus élevés rendaient le travail particulièrement difficile. Le rendement demandé à ces officiers sans prendre en considération la nature du terrain avait nécessairement un certain impact sur leur santé.

D'après Béraldi, après 1834 et la fin des opérations de 1^{er} ordre dans les régions montagneuses, « sur dix-huit officiers, trois étaient morts, et dix ruinés de santé et bientôt dans l'obligation de prendre leur retraite »³⁹⁵.

Le maintien des mêmes conditions pendant toute la durée des travaux, malgré les rapports très explicites de la plupart des officiers, montrait la négation totale de la part de la direction des spécificités du travail en haute montagne. Si cette position s'expliquait en partie par le désintérêt des milieux scientifiques, administratifs et même militaires pour la représentation détaillée de la haute montagne, elle affirmait en même temps ce désintérêt en aggravant la vision négative que les officiers avaient d'un terrain jugé inutile. Loreilhe ou Delcros, qui fit la reconnaissance et établit les signaux entre Lyon et Marseille, notamment sur le mont Ventoux, furent particulièrement explicites sur l'inutilité de la couverture des régions montagneuses, qui ne faisaient que gaspiller les maigres fonds de la carte de France.

³⁹² Aujourd'hui encore, la légende reste vive dans le milieu des alpinistes. L'écrivain et guide de haute montagne Roger Carnac reprend également et exclusivement la thèse de l'épuisement provoqué par les travaux dans sa « première biographie de ce héros modeste et méconnu » (pour reprendre les mots de la quatrième de couverture) : CARNAC Roger. *Durand du Pelvoux*. Clermont-Ferrand : De Borée, 2001, 215 p.

³⁹³ Je remercie d'ailleurs ma mère, Joëlle Guilhot (docteur en médecine), de m'avoir suggéré, à la suite de sa relecture attentive de ma thèse, cette interprétation pertinente. Voir MALET Maya. *Démocratisés et syphilités* [en ligne]. *Passages*, 2004, 113. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://www.revuepassages.fr/Article.php?IdArticle=109>.

³⁹⁴ BALL Benjamin. *Leçons sur les maladies mentales* [en ligne]. Réédition en fac-similé de l'édition papier [Paris : Asselin, 1880]. Paris : Bibliothèque interuniversitaire de médecine, [sd]. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://194.254.96.21/livanc/?cote=44935&do=chapitre>.

³⁹⁵ BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux*. *Op. cit.*

Les militaires, qui étaient pourtant à l'époque les plus susceptibles de porter un intérêt à la représentation des régions montagneuses frontalières, jouèrent un rôle central dans le refus de prendre en compte les réclamations des officiers géodésiens. Les travaux étant effectués par ses officiers, le Dépôt de la guerre disposait de toute la latitude pour faciliter les opérations en augmentant le nombre d'officiers impartis à la triangulation. Mais malgré les requêtes de la Commission royale désireuse de hâter la réalisation du travail géodésique, le ministère de la Guerre refusa systématiquement de libérer des officiers du génie ou de l'artillerie pour aider les ingénieurs géographes – même après la fusion de ce corps avec celui de l'état-major.

4.1.3. La construction d'une légende.

4.1.3.1. L'oubli officiel.

Les campagnes des officiers géodésiens dans les Pyrénées et les Alpes restèrent relativement méconnues dans les milieux officiels jusqu'à la fin du 19^e siècle. La surdité de la direction envers les réclamations des ingénieurs géographes semblait avoir gagné l'histoire officielle, à tel point que soixante ans après les opérations, dans ce qui m'apparaît comme de l'autocensure plus que de l'ignorance, Berthaut lui-même ne faisait aucune allusion à l'extrême difficulté des travaux en haute montagne. Au contraire, alors qu'il détaillait avec minutie d'autres opérations géodésiques, il négligeait par exemple ostensiblement les travaux de Durand, résumant les opérations dans les Alpes par un court paragraphe laconique :

« Entre le Rhône et la frontière, le quadrilatère Beaune-Pontarlier-Belley-Lyon était triangulé en 1827, 1828 et 1829 par le capitaine Filhon ; le quadrilatère Belley-Lyon-Le Buis-Aurant (Alpes), était exécuté par le capitaine Durand, ainsi que la partie comprise au sud de ce quadrilatère entre le Rhône, le Var et la Méditerranée, pendant les quatre années consécutives de 1827 à 1830 inclus. »³⁹⁶

4.1.3.2. Une reconnaissance tardive par le milieu des ascensionnistes.

En dehors des spécialistes de la géodésie ou de la topographie, l'ignorance des campagnes géodésiques des ingénieurs géographes était telle que certains des premiers ascensionnistes furent extrêmement surpris de découvrir leurs traces au sommet de pics qu'ils pensaient invincibles. Cette reconnaissance tardive commença dans la deuxième moitié du 19^e siècle dans les Pyrénées, puis se développa sur le même modèle dans les Alpes avec une extension considérable liée au destin tragique du capitaine Durand.

Au moment des campagnes pyrénéennes des ingénieurs géographes, le pyrénéisme comme découverte scientifique et touristique de la chaîne avait déjà commencé à se développer sous l'influence principale de Ramond. Mais si certains pics avaient ainsi été vaincus par des ascensionnistes « par plaisir » et non « par obligation », comme le pic d'Ossau en 1796 ou le Mont-Perdu en 1802, une partie non négligeable des sommets restait encore invaincue. Ce ne fut donc qu'avec l'essor du pyrénéisme dans la deuxième moitié du 19^e siècle que les exploits oubliés des officiers de la carte de France plongèrent dans la stupéfaction et l'admiration les auteurs de « fausses premières » qui pensaient vaincre des cimes vierges. Ainsi, en 1864 l'Anglais Packe découvrit les restes d'un campement

³⁹⁶ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France. T.2. Op. cit., p. 29.*

en arrivant au sommet du Balaïtous et en 1871, Forster et Orteig, qui croyaient gravir en premier le Cujela-Palas décrit par le guide Joanne comme « d'apparence inaccessible », découvrirent la tourelle érigée par les officiers.

De la même façon, les ascensions du capitaine Durand furent redécouvertes à l'occasion de quelques autres « fausses premières » dans l'Oisans, qui révélèrent l'existence des signaux oubliés qu'il avait construits. Plus encore que les officiers des Pyrénées, Durand fut l'objet d'une grande admiration de la part des premiers alpinistes, qui avaient une conscience aiguë de la différence entre parcourir les hautes montagnes pendant son temps de loisir, quelques semaines par an, et les arpenter systématiquement pendant les quatre mois de travail exténuant que les officiers exécutaient pendant la belle saison. Surtout, son destin tragique, révélé dans un article paru dans l'*Annuaire du CAF* en 1887³⁹⁷, puis sur plus d'un tiers du livre consacré par Béraldi aux travaux des officiers géodésiens en haute montagne³⁹⁸, enflamma l'intérêt romantique des premiers ascensionnistes issus de l'élite cultivée.

A partir de ces deux sources principales, une véritable légende se construisit autour du nom de Durand, alimentée par l'ignorance tenace des milieux de la cartographie officielle. La nature probablement syphilitique de sa démence ne fut jamais envisagée – ou alors ignorée de façon particulièrement efficace – afin de ne pas ternir la figure de précurseur mythique que les alpinistes voulaient voir en Durand. Une pointe fut ainsi baptisée en son honneur, symbole de la reconnaissance tardive de son œuvre d'ascensionniste par le groupe alors en pleine structuration des alpinistes³⁹⁹. Il est d'ailleurs facile de comprendre comment l'histoire de Durand put passionner ces premiers alpinistes, au point que Franz Schrader, un des plus grands noms du pyrénéisme et de l'excursionnisme cultivé⁴⁰⁰, écrivit à son sujet que « Shakespeare aurait pu, à côté du roi Lear, montrer Durand sur le sommet des Alpes, sentant la raison lui échapper »⁴⁰¹.

Mais, à l'exception de l'hommage extrêmement documenté d'Henri Béraldi ou de la référence passionnée faite au détour d'un ouvrage technique par le géodésien « amateur » Paul Helbronner à son illustre prédécesseur⁴⁰², la majeure partie des alpinistes – même cultivés – ne reconnaissait en Durand que « l'alpiniste avant l'heure » et l'officier de la carte d'état-major, sans comprendre exactement la teneur de son travail. Dans son ouvrage classique sur *Les Alpes et les grandes ascensions* (1889), Emile Levasseur, pourtant membre de l'Institut et du Club alpin français, lui attribuait par exemple le levé topographique entier du massif du Pelvoux⁴⁰³.

Cependant, au-delà de cette opposition entre la froideur bureaucratique et la ferveur alpiniste, la figure de Durand reste à mes yeux l'exemple parfait de la réalité des opérations géodésiques en haute montagne et du refus complet de la direction de la carte de France

³⁹⁷ ARVERS Général. Le Capitaine Durand et le Pelvoux. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1887, p. 3-12.

³⁹⁸ BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Op. cit.*

³⁹⁹ Plus tardivement, le Club alpin français fit élever un monument à la mémoire du capitaine Durand, inauguré le 29 septembre 1929 en présence, entre autres, de Paul Helbronner et du lieutenant-colonel Viviez, représentant le Service géographique de l'armée reconnaissant finalement l'œuvre de l'officier du Dépôt de la guerre.

⁴⁰⁰ Pour plus de détails sur Franz Schrader, voir infra, partie 2, chapitre 2.2.2.

⁴⁰¹ Cité par BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Op. cit.*, p. 107

⁴⁰² Sur Paul Helbronner, voir infra, partie 3, chapitre 1.3.1.

⁴⁰³ LEVASSEUR Emile. *Les Alpes et les grandes ascensions*. Paris : Ch. Delagrave, 1889, p. 62.

de prendre en compte cette réalité, du moins jusqu'au début des travaux de triangulation de 2^e ou 3^e ordre, quand l'arrivée d'anciens ingénieurs géographes de terrain aux postes décisionnaires permit une reconnaissance encore limitée de la spécificité du travail en haute montagne.

4.2. L'adaptation aux conditions et à l'urgence des travaux dans les Alpes.

Les opérations de géodésie complémentaire (2^e et 3^e ordre) et de levé topographique commencèrent dans les Alpes en 1843⁴⁰⁴, dans des conditions très différentes des opérations de géodésie de 1^{er} ordre. Le travail en lui-même était peut-être moins lourd, mais ce fut surtout l'expérience acquise, l'exigence scientifique moindre et le renouvellement de l'encadrement qui permirent un assouplissement sensible de la pratique. La pression politique pour une couverture rapide des territoires nouvellement annexés de la Savoie et du Comté de Nice favorisa aussi une urgence qui se traduisit par une simplification des opérations. Dans les processus de dessin et de gravure des feuilles, les difficultés de la représentation de la haute montagne entraînèrent d'importantes modifications. Toutes ces adaptations soulignaient les limites de l'application d'une approche généraliste de la cartographie dans les régions très particulières de haute montagne.

4.2.1. L'assouplissement de la pratique.

4.2.1.1. La triangulation complémentaire sous une autorité militaire moins exigeante.

Les opérations géodésiques de 2^e et 3^e ordre, dites triangulations complémentaires, avaient pour but de remplir les triangles de 1^{er} ordre et de fournir aux topographes une partie des points cotés qui leur servaient à extrapoler les courbes de niveau sur lesquelles s'appuyait le tracé des hachures. Elles furent exécutées au fur et à mesure des besoins topographiques, uniquement par d'anciens ingénieurs géographes – sauf pour les régions annexées en 1859.

Ces opérations n'intéressaient que modérément les savants dont les préoccupations scientifiques se focalisaient surtout sur les résultats de la géodésie primordiale. Elles furent donc menées sous l'influence prépondérante des militaires, dont l'exigence scientifique moindre modifiait profondément les conditions de travail. Le rendement demandé aux officiers restait important, puisqu'un chef et son adjoint devait trianguler en une campagne l'équivalent d'une feuille au 1 : 80 000, d'autant plus que le nombre de stations à effectuer était plus élevé que pour le 1^{er} ordre. Mais le travail semble avoir moins marqué les officiers, puisqu'il ne reste aucune trace de plaintes aussi systématiques que lors des campagnes de géodésie primordiale.

Les instruments employés étaient d'un maniement plus facile : les théodolites de Gambey de vingt-deux centimètres de diamètre permettaient des mesures plus rapides et moins fastidieuses que les cercles répéteurs. La méthode elle-même, moins marquée

⁴⁰⁴ A l'exception de quelques fragments levés précocement au 1 : 20 000 en 1835 pour les feuilles de Saint-Claude, Nantua et Chambéry.

par les préoccupations scientifiques, était plus souple. Sous l'influence des militaires, la diminution de l'échelle des levés du 1 : 10 000 au 1 : 40 000 entraîna une diminution du nombre de points à déterminer pour le 2^e et le 3^e ordre, que l'instruction de 1823 laissait à la seule appréciation de l'ingénieur. Le Dépôt de la guerre n'exigeait pas non plus la même régularité dans la répartition des sommets que pour le 1^{er} ordre. Disposant d'une plus grande liberté, les officiers pouvaient choisir les sommets de leur triangle en fonction des difficultés d'accès prévisibles. Certes, ils devaient toujours stationner aux sommets de 1^{er} ordre, mais l'expérience accumulée leur donnait un avantage sur leurs prédécesseurs.

4.2.1.2. Les acquis tardifs de l'expérience.

Les diverses opérations menées dans des régions de haute montagne sous l'Empire et pour le 1^{er} ordre de la nouvelle description géométrique n'avaient pas eu d'impact immédiat sur les programmes de travail, ni sur la pratique elle-même jusqu'à la fin des années trente. Pourtant, je pense qu'il ne faut pas sous-estimer l'importance de l'expérience de la haute montagne que ces opérations avaient permise à certains ingénieurs d'acquérir. Malgré leurs remarques acerbes sur le travail en région montagneuse, des officiers comme Peytier, Hossard, Testu ou Loreilhe, avaient gagné une compétence certaine dans ce qui commençait à être appelé l'ascensionnisme. Le développement embryonnaire du pyrénéisme et de l'alpinisme commençait également à accroître les connaissances disponibles sur certains massifs.

Cependant, je pense que cette impression d'un travail plus facile qui ressort des comptes-rendus et descriptions des opérations de 2^e et 3^e ordre, procédait surtout d'un assouplissement de la pratique elle-même. Sans que l'instruction de 1818 ne soit remise en cause, la direction commença dans les années 1840 à tolérer, et même à conseiller, une certaine souplesse dans l'application de ses prescriptions. En particulier, dans les zones montagneuses, elle encourageait l'emploi de méthodes moins précises mais plus rapides et d'instruments de moins grande dimension pour faciliter leur transport. Dans sa présentation générale des opérations géodésiques, le colonel Peytier, particulièrement sensible aux difficultés posés par la haute montagne pour avoir lui-même travaillé à la triangulation des Pyrénées, décrivait explicitement ces adaptations de circonstance :

« Dans les pays de hautes montagnes comme les Alpes et les Pyrénées, où l'on est très fréquemment contrarié par les nuages, il devient nécessaire d'opérer rapidement et de faire une station en quelques heures ; on peut se borner alors à 6 répétitions pour des angles du second ordre, et l'on prend des angles simples pour les points du troisième ordre ; on obtient ces derniers angles au moyen de tours d'horizon que l'on fait deux fois, pour éviter les erreurs ; on peut même, pour avoir promptement les distances zénithales des points du troisième ordre, les obtenir par différence avec celles des points du second ordre ; mais le mieux est d'avoir pour les hautes montagnes deux instruments : un théodolite pour les angles horizontaux et les distances zénithales des points du second ordre, et un grand éclimètre pour celles des points du troisième ordre. Au moyen de ces deux instruments, une station peut-être effectuée promptement et sans perte de temps, surtout s'il y a deux observateurs, ce qui est bien à désirer dans les zones de hautes montagnes, où l'on rencontre tant de difficultés de toute nature. Le Dépôt de la guerre a fait confectionner, pour la géodésie du second

ordre dans les Alpes, de petits théodolites de 0,162 m. de diamètre, au lieu de 0,22 m. qu'ont ceux que l'on emploie ordinairement ; ils donnent directement 50 secondes centésimales et à l'estime 25 secondes. On a fait aussi construire de grands élimètres à retournement de 0,22 m. de diamètre, et qui donnent la minute centésimale. Depuis 1851, on donne un adjoint aux officiers chargés de la géodésie du second degré ; de cette manière, on prépare des triangulateurs pour l'avenir et l'on diminue les difficultés qu'ont à surmonter les officiers qui opèrent dans les Alpes. »⁴⁰⁵

4.2.1.3. Le renouvellement de la direction.

Si l'assouplissement de la pratique était en partie dû au désintérêt des scientifiques pour la triangulation complémentaire et à la moindre exigence de précision des militaires, il fut également facilité par un certain renouvellement de l'encadrement, et par l'arrivée à des postes de direction au Dépôt de la guerre d'ingénieurs géographes qui avaient participé aux opérations de 1^{er} ordre sur le terrain. A partir des années 1840, les Brossier, Bonne, Puissant ou Lapie furent peu à peu placés dans le cadre de réserve et cédèrent la place à des officiers plus jeunes. Le colonel Coraboeuf, qui avait exécuté une partie de la triangulation de 1^{er} ordre des Pyrénées, devint ainsi l'adjoint de Puissant à la tête de la section de la carte de France de 1838 à 1843, avant de le remplacer entre 1843 et 1851, secondé à partir de 1850 par son ancien collègue des Pyrénées, Hossard. A partir de 1851, le lieutenant-colonel Peytier, qui avait lui aussi triangulé les Pyrénées, prit la tête du service de géodésie, topographie, dessin et gravure au sein du service des états-majors. Il est facile de penser que ces anciens ingénieurs géographes jouèrent un rôle essentiel dans la prise en compte des difficultés des opérations en haute montagne.

Ce fut donc dans un contexte très différent de celui des opérations de 1^{er} ordre que les travaux de triangulation de 2^e et 3^e ordre furent exécutés dans la région des Alpes entre 1843 et 1854 – à l'exception de la feuille de Grenoble qui avait été triangulée précédemment. La triangulation des feuilles de Digne et de Saint-Martin-Vésubie achevait en 1854 les travaux géodésiques de la carte de France, du moins jusqu'à l'annexion en 1859 de la Savoie et du Comté de Nice. Ils furent suivis par les levés topographiques, qui connurent également des adaptations aux conditions du travail en haute montagne.

4.2.2. L'adaptation des levés topographiques à la haute montagne.

4.2.2.1. Les officiers d'état-major et les levés topographiques.

Les levés topographiques des Alpes furent principalement exécutés entre 1853 et 1864, à l'échelle du 1 : 40 000. Dans mon corpus, seuls quelques fragments furent levés en 1835 au 1 : 20 000 dans les régions de plaine ou de pré-alpes situées sur les feuilles de Saint-Claude, de Nantua et de Chambéry. Sur la feuille de Grenoble et dans les feuilles voisines de Chambéry et de Saint-Jean-de-Maurienne, quelques zones stratégiques concernant les forts militaires de la Maurienne furent aussi levés plus tôt en 1843. Mais l'essentiel des levés succéda aux opérations géodésiques de 2^e et 3^e ordre en 1853. Les derniers travaux menés dans les Alpes entre 1862 et 1864 concernaient essentiellement le territoire annexé après

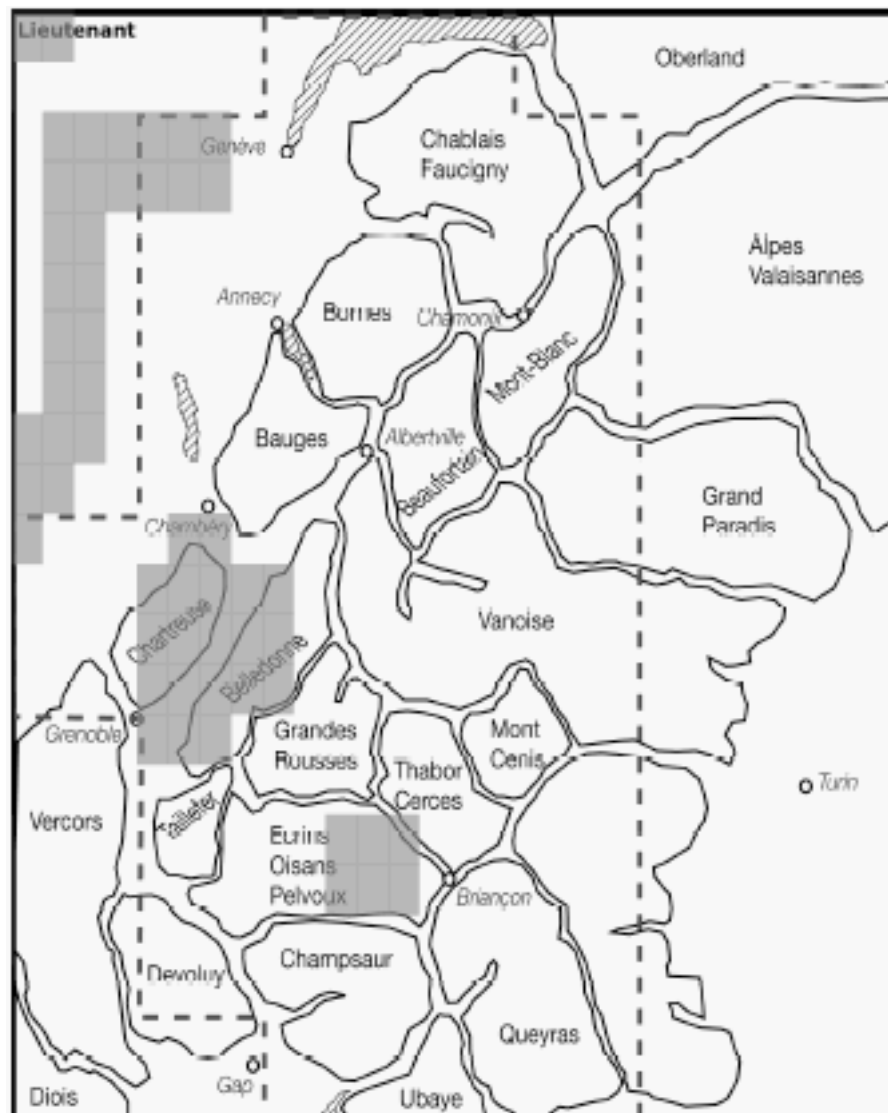
⁴⁰⁵ PEYTIER Colonel. *Notes sur les opérations géodésiques. Op. cit.*

la campagne d'Italie de 1859⁴⁰⁶. Entre autres, le capitaine Mieulet leva durant les seules campagnes de 1863 et 1864 les cinq cents kilomètres carrés de l'intégralité du massif du Mont Blanc, versant italien compris.

Comme tous les levés de la carte de France, les levés alpins furent exclusivement l'œuvre d'officiers d'état-major, même si après leur intégration dans ce corps, certains ingénieurs géographes participèrent ponctuellement à ces opérations dans d'autres régions. Dans la région couverte par mon corpus, ces officiers étaient majoritairement au grade de capitaine : sur les soixante-quinze officiers qui travaillèrent aux levés couvrant cette région, quinze eurent à un moment le grade de lieutenant (18,67 %), soixante et un le grade de lieutenant (81,33 %) et quatre seulement le grade de commandant (5,33 %)⁴⁰⁷. Alors que les capitaines levèrent 86,44 % des coupures, les lieutenants n'en levèrent que 11,36 % et les commandants 2,2 %. La carte suivante montre la répartition des levés exécutés par les officiers de chaque grade (carte 1) : à l'exception d'une zone levée dans le massif des Ecrins, les lieutenants se voyaient surtout attribuer des zones plus faciles à lever, mais la proportion écrasante de capitaines ne me permet pas vraiment d'en déduire une corrélation forte.

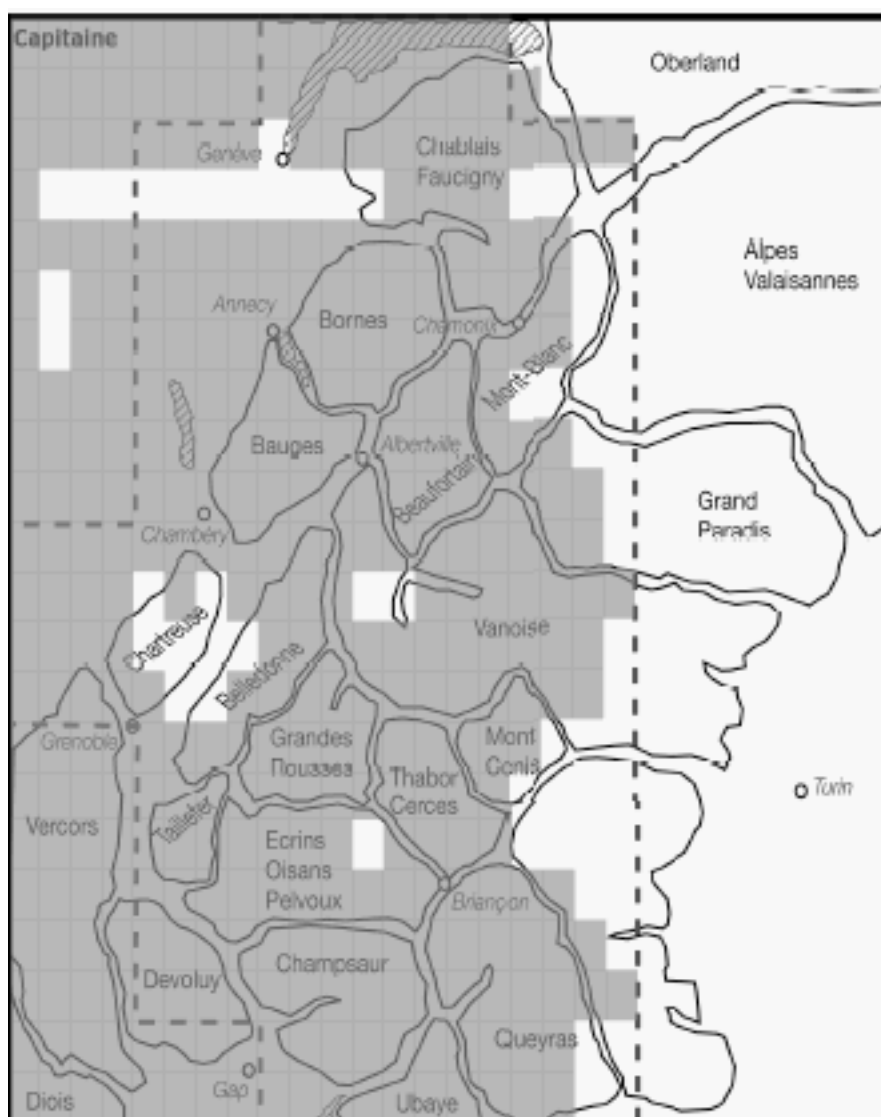
⁴⁰⁶ Les levés alpins achevaient les opérations de levés topographiques de la carte de France, après ceux de la Bretagne et des Pyrénées exécutés de 1845 à 1855, et ceux de Provence et du littoral méditerranéen – à l'exception de la Corse pour laquelle le Dépôt de la guerre disposait d'une carte qu'il jugea longtemps suffisante.

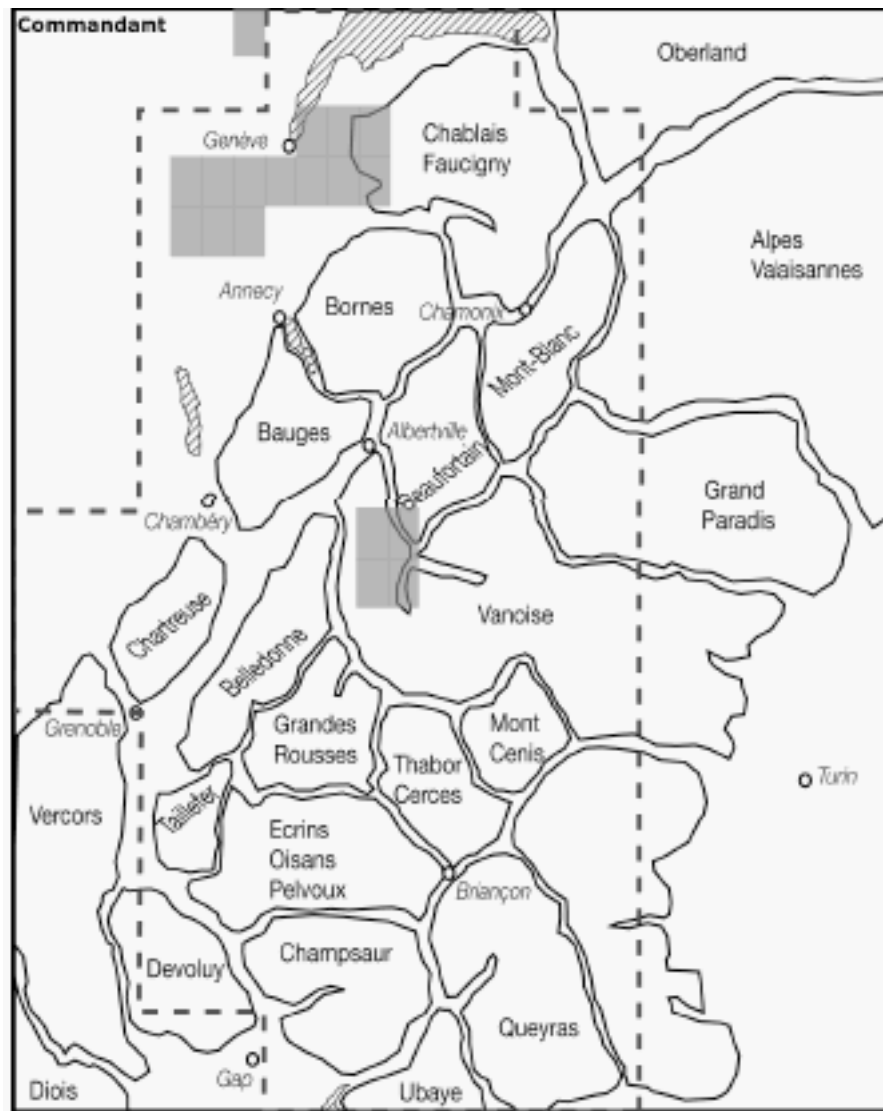
⁴⁰⁷ Les grades sont ordonnés selon la hiérarchie militaire. La formule « x officiers eurent à un moment le grade y » et le total supérieur à cent des pourcentages reflètent l'évolution des officiers qui changèrent parfois de grade durant la période concernée par les levés alpins.



Carte 1 : Répartition des levés de la carte de France au 1 : 80 000 par grade des opérateurs*.

Partie 1. A la croisée des influences militaire et scientifique, la géométrisation du relief par la triangulation (1800-1870).





* Mon corpus ayant été conçu sur les bases du découpage de la carte de France au 1 : 50 000, utilisé pendant presque tout le 20^e siècle, les feuilles de la carte d'état-major concernant les Alpes du nord couvrent généralement des zones en dehors du corpus.

Bien que les levés alpins aient été exécutés trente-cinq ans après les premiers levés topographiques et que la méthode ait été considérablement formalisée par l'instruction de 1851, les difficultés du travail en haute montagne nécessitèrent pourtant des adaptations méthodologiques importantes, qui soulignèrent notamment l'importance de la reconnaissance.

4.2.2.2. L'importance nouvelle de la reconnaissance.

La méthode de levé topographique telle qu'elle était formalisée dans l'instruction de 1851 se révélait souvent inapplicable dans les régions alpines. Même dans les régions depuis longtemps françaises, les officiers devaient souvent lever des zones désertiques pour lesquelles il n'existait aucun document du Cadastre ou des Eaux et forêts. Ils ne disposaient donc d'aucune mappe pour préparer et appuyer leur travail, ce qui donnait un rôle

considérable à une étape jusque-là sous-estimée par les instructions : la reconnaissance du terrain.

Les instructions rédigées par le lieutenant-colonel Borson, qui dirigea à partir de 1862 les levés des territoires annexés⁴⁰⁸, témoignent remarquablement des conditions d'opération dans les zones de haute montagne et du nouveau rôle de la reconnaissance. La complexité du relief, l'insuffisance des opérations géodésiques dans la région annexée⁴⁰⁹, la qualité ou l'absence de mappes réduites d'éventuels cadastres, obligeaient à déterminer un nombre important de points géométriques pour fixer la position des crêtes et thalwegs et assurer la planimétrie. Le travail de reconnaissance, durant lequel l'officier déterminait un certain nombre de points, prenait donc une place fondamentale :

« Dans de semblables conditions, ce qu'il y aurait de préférable, si la saison le permettait, serait sans contredit de consacrer un temps suffisant, un mois même, à la détermination d'un certain nombre de points auxiliaires, de manière à obtenir une sorte de canevas qui permette de donner à l'ensemble du travail une assiette solide et d'aborder ensuite sans obstacle le levé des détails. L'inconvénient d'être obligé de revenir deux fois sur le même terrain est bien compensé par la sûreté d'opération qui en résulte, comparée à l'incertitude inévitable, quand il faut s'orienter, puis lever de toutes pièces un terrain compliqué que l'on voit pour la première fois. [...] On ne pourra donc plus admettre dès lors qu'un officier chemine sur son travail en tirant des visuelles à des points douteux, ou encore néglige d'utiliser des signaux trigonométriques, faute de les avoir exactement reconnus. »⁴¹⁰

4.2.2.3. L'adaptation aux conditions de la haute montagne.

L'exigence de rigueur dans la reconnaissance se heurtait souvent aux conditions climatiques difficiles de la haute montagne, en particulier aux niveaux d'enneigement qui étaient à l'époque bien supérieurs à ceux que nous connaissons aujourd'hui. Les opérations, déjà découpées plus strictement entre la reconnaissance et le levé proprement dit, pouvaient se trouver davantage morcelées encore. Les instructions générales insistaient sur la nécessité de parcourir systématiquement l'ensemble du terrain à lever pour avoir une perception cohérente de sa topographie, mais dans les régions montagneuses, les différentes zones de ce terrain ne pouvaient souvent être traitées que dans un ordre décousu, au fur et à mesure qu'elles devenaient accessibles.

Les conditions climatiques et le parcours malaisé du terrain accentuaient les difficultés de levé pour les « portions tout à fait alpestres, c'est-à-dire privées de végétation, couvertes de glaces, de rochers ou d'éboulement de pierres »⁴¹¹ – pour reprendre les termes mêmes de l'instruction de Borson de 1863. Pour l'étape de la reconnaissance, ces difficultés poussaient certains officiers à ne pas stationner systématiquement aux points géodésiques les plus difficiles d'accès, et à se contenter de les déterminer par des visées lointaines. Borson était obligé d'insister lourdement sur la nécessité « de se transporter à quelques-

⁴⁰⁸ Officier de l'armée sarde, Borson était passé dans l'armée française, au Dépôt de la guerre, après l'annexion de la Savoie et du Comté de Nice par la France en 1859.

⁴⁰⁹ Voir infra, partie 1, chapitre 4.2.3.

⁴¹⁰ *Instruction de Borson de 1864, reproduite dans BERTHAUT Colonel. La Carte de France. T.2. Op. cit., p. 62.*

⁴¹¹ Instruction de Borson de 1863, reproduite dans : *Ibid.*, p. 59

unes de ces stations, en commençant naturellement par les plus abordables, afin de reconnaître exactement depuis là les signaux des crêtes et pouvoir s'en servir »⁴¹². Mais compte tenu du travail à exécuter, les officiers n'avaient pas toujours le temps d'entreprendre des marches difficiles pour accéder aux stations que les officiers géodésiens moins pressés avaient déjà eu tant de mal à atteindre.

Pour les levés topographiques proprement dits, les instructions spécifiques aux opérations dans les Alpes reprenaient en partie les instructions générales. Pour les zones accessibles, elles recommandaient par exemple de ne pas utiliser la boussole, soumise à trop de variation, pour déterminer le canevas graphique, mais plutôt de se servir de l'éclimètre comme d'un cercle horizontal, en l'absence d'un instrument spécifique dont le poids serait adapté au transport en région montagneuse. Mais pour les zones difficiles d'accès ou inaccessibles, il était impossible d'employer la méthode de cheminement sur le terrain décrite dans l'instruction de 1851, qui consistait à tracer des fragments de courbes au fur et à mesure de l'ascension d'une pente jusqu'au sommet. Les officiers devaient donc employer une méthode expérimentée dans les Pyrénées, dans laquelle le relief était simplement représenté par des profils dessinés à vue et *non géométriques*, qui permettaient cependant de donner une idée suffisamment précise de la configuration du terrain pour sa représentation sur les minutes – dont le tracé des courbes :

« Les formes générales du terrain et les accidents secondaires se dessineront ensuite plus ou moins à vue, mais on aura bien soin, dans les stations les plus importantes, de dessiner un ou plusieurs profils, qui serviront à conserver une trace durable de l'aspect des lieux, et qui réunis et coordonnés avec d'autres, permettront d'obtenir un figuré assez précis de la région. Il ne s'agit point ici d'un dessin géométrique, mais d'une esquisse ou d'un croquis au crayon, accusant nettement les points ou sommets, les grandes arêtes qui s'en détachent, et la limite des glaciers. Ce n'est que par des profils pris ainsi sous diverses faces qu'on peut parvenir à reconnaître et à représenter convenablement une région dont les crêtes sont inaccessibles et dont le parcours est en grande partie impraticable ; sans cette précaution, il arriverait facilement de confondre entre elles des sommités et d'être le jouet d'une illusion. »⁴¹³

4.2.3. L'urgence des opérations en Savoie et dans le Comté de Nice.

4.2.3.1. Une urgence politique.

L'annexion de la Savoie et du Comté de Nice en 1860, à la suite de la campagne d'Italie, fut l'occasion d'intégrer ces régions à la carte de France dont les levés alpins étaient sur le point de s'achever. Comme toutes les zones étrangères des régions frontalières, la partie de ces territoires couverte par le découpage original de la carte n'était représentée qu'approximativement, avec seulement les principales lignes de la planimétrie. Je pense que la diligence avec laquelle le Dépôt de la guerre organisa et lança les travaux topographiques dans ces régions constitue un parfait exemple du rôle politique et symbolique crucial de la cartographie. La campagne géodésique de 2^e et 3^e ordre commença en 1861, moins de deux ans après l'annexion, et les levés topographiques s'achevèrent trois ans après, en 1864. La présence des officiers de la carte de France dans la région justifiait

⁴¹² Instruction de Borson de 1864. *Op. cit.*, p. 62.

⁴¹³ *Ibid.*, p. 61.

en partie l'urgence de ces travaux, mais la principale raison était évidemment politique : cartographier un territoire, c'est se l'approprier, lui imposer son ordre politique et ses divisions administratives.

Cette urgence politique entraîna une série d'adaptations radicales des méthodes utilisées habituellement pour la carte de France, tant au niveau géodésique que topographique, au point que la zone ainsi couverte fut considérée comme l'un des points faibles de la carte.

4.2.3.2. L'insuffisance d'une triangulation expédiée.

Pour accélérer la couverture des régions annexées, le Dépôt de la guerre adopta pour leur triangulation un mode d'opération beaucoup plus rapide que dans les autres régions. Les travaux existants furent exploités au maximum, en particulier pour éviter l'exécution de nouvelles opérations de 1^{er} ordre. La raison officiellement avancée fut le retard accumulé par la carte de France dans son ensemble, mais je pense qu'il ne faut pas sous-estimer l'influence de la pression politique pour une couverture rapide de ces régions, ni l'insuffisance des compétences géodésiques des officiers disponibles. Quand ils n'étaient pas morts, les anciens ingénieurs géographes qualifiés dans le domaine de la géodésie primordiale ou de 1^{er} ordre se trouvaient tous dans le cadre de réserve, à un âge trop avancé pour les travaux de terrain.

Le Dépôt de la guerre profita des clauses du traité de paix qui imposaient au gouvernement italien de céder tous les documents géodésiques et cartographiques qu'il possédait sur ces régions – autre preuve du rôle politique fondamental de la cartographie. Dans le Comté de Nice, la triangulation de Durand fut ainsi complétée par la chaîne primordiale qu'avait déterminée la commission austro-sarde pour l'extension du parallèle moyen. Les calculs furent simplement modifiés en intégrant les données de la triangulation des ingénieurs géographes par le côté Grand Coyer-Cheiron.

En Savoie, de nombreux points avaient déjà été déterminés par des opérations précédentes : triangulation du département du Mont Blanc, triangulation de la Suisse par Henry, parallèle moyen, triangulation intermédiaire par Filhon. Même s'ils n'étaient pas aussi nombreux que dans la triangulation de 1^{er} ordre exécutée pour la nouvelle description géométrique de la France, ils servirent directement de base aux opérations de 2^e et 3^e ordre. « En 1861, les triangles compris sur les feuilles de Thonon, Nantua, Annecy, Allevard et Chambéry furent exécutés par cinq capitaines d'état-major. L'année suivante, le nombre des opérateurs fut augmenté et le travail poursuivi sur les feuilles d'Albertville, Annecy, Vallorcine, Tignes, Bonneval et Allevard (Saint-Jean-de-Maurienne), où il s'acheva en 1863 »⁴¹⁴.

Contrairement aux autres opérations géodésiques de la carte de France qui n'avaient été exécutées que par d'anciens ingénieurs géographes⁴¹⁵, la géodésie de 2^e et 3^e ordre des régions annexées fut en partie confiée à des officiers d'état-major, puisqu'il ne restait pratiquement plus aucun ancien ingénieur géographe en activité. Ainsi, des officiers comme le capitaine Taffin ou Proust participèrent à la triangulation de la Savoie et du Comté de Nice.

⁴¹⁴ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 42.

⁴¹⁵ A l'exception de quelques zones côtières couvertes par des ingénieurs hydrographes.

4.2.3.3. L'exploitation des documents cartographiques existants.

Au moment où furent décidés les levés des régions annexées, les travaux topographiques de la carte de France étaient pratiquement achevés et l'effectif des officiers topographiques avait été réduit. Le levé de la région la plus difficile du nouveau territoire français se trouvait donc confronté à un délicat problème de gestion du personnel. A partir de 1862, dès que les travaux géodésiques furent suffisamment avancés, le Dépôt de la guerre ordonna à vingt officiers de commencer immédiatement les levés en Savoie, sous la direction du lieutenant-colonel Borson qui connaissait assez bien le terrain.

Pour accélérer le travail, il avait été envisagé d'utiliser les documents cartographiques existants, mais ceux-ci formaient un ensemble particulièrement hétérogène qui complexifiait singulièrement leur exploitation :

- l'ancien cadastre de Savoie, exécuté entre 1728 et 1738 à l'échelle du 1 : 2 400, sans triangulation ;
- le cadastre régulier de trois cantons dressé sous l'Empire, basé sur une triangulation et avec des plans d'ensemble ;
- la carte de l'état-major sarde, dressée à partir de la réduction du cadastre à l'échelle du 1 : 50 000, approximativement vérifiée et complétée sur le terrain, mais inachevée en 1862 ;
- les levés des ingénieurs géographes dans les départements du Léman et du Mont Blanc, en grande partie basés aussi sur l'ancien cadastre et dessinés à l'échelle ancienne de quatre lignes pour cents toises (environ 1 : 21 600) ;
- les documents ramenés en 1862 d'une mission à Turin par Borson et le capitaine de Milly, chef de l'atelier de photographie du Dépôt de la guerre, sous la forme d'originaux, de copies manuscrites et d'une centaine de clichés photographiques : il s'agissait essentiellement de plans de communes en mauvais état et de renseignements géodésiques.

Cette situation particulière nécessita une adaptation de circonstance, pressée par le pouvoir politique qui s'impatientait de disposer d'une carte des territoires annexés. Ainsi, entre 1862 et 1864, les opérations du cadastre et les levés topographiques de la carte de France furent exécutés en même temps pour la première fois, dans un esprit proche de ce qu'avaient prévu les projets initiaux de la carte. Mais l'urgence n'éclipsait pas les rivalités anciennes, et les officiers topographes estimèrent invariablement comme assez médiocre le travail de leurs homologues civils, un jugement sans doute provoqué autant par la différence fondamentale de leurs besoins respectifs que par l'opposition ancienne et tenace entre ingénieurs civils et militaires.

De toute façon, une grande partie des régions annexées n'était pas couverte par les documents cadastraux qui se limitaient généralement aux communes et à une mince frange de cultures autour d'elles, couvrant plus rarement quelques vallons secondaires. La grande majorité du terrain, inculte et inhabité, n'était pas représentée. Les instructions rédigées en 1863 et 1864 par le lieutenant-colonel Borson⁴¹⁶ montrent la complexité du travail d'assemblage de ces documents, qui précédaient tous les levés sur le terrain. Leur grande hétérogénéité rendait particulièrement difficile l'obtention d'une base cohérente pour le travail des officiers topographiques, qui se trouvait fortement compliqué par la juxtaposition de zones nécessitant une simple reconnaissance, avec vérification et révision des points géodésiques, ou un levé topographique intégral.

⁴¹⁶ Reproduites dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 58-62.

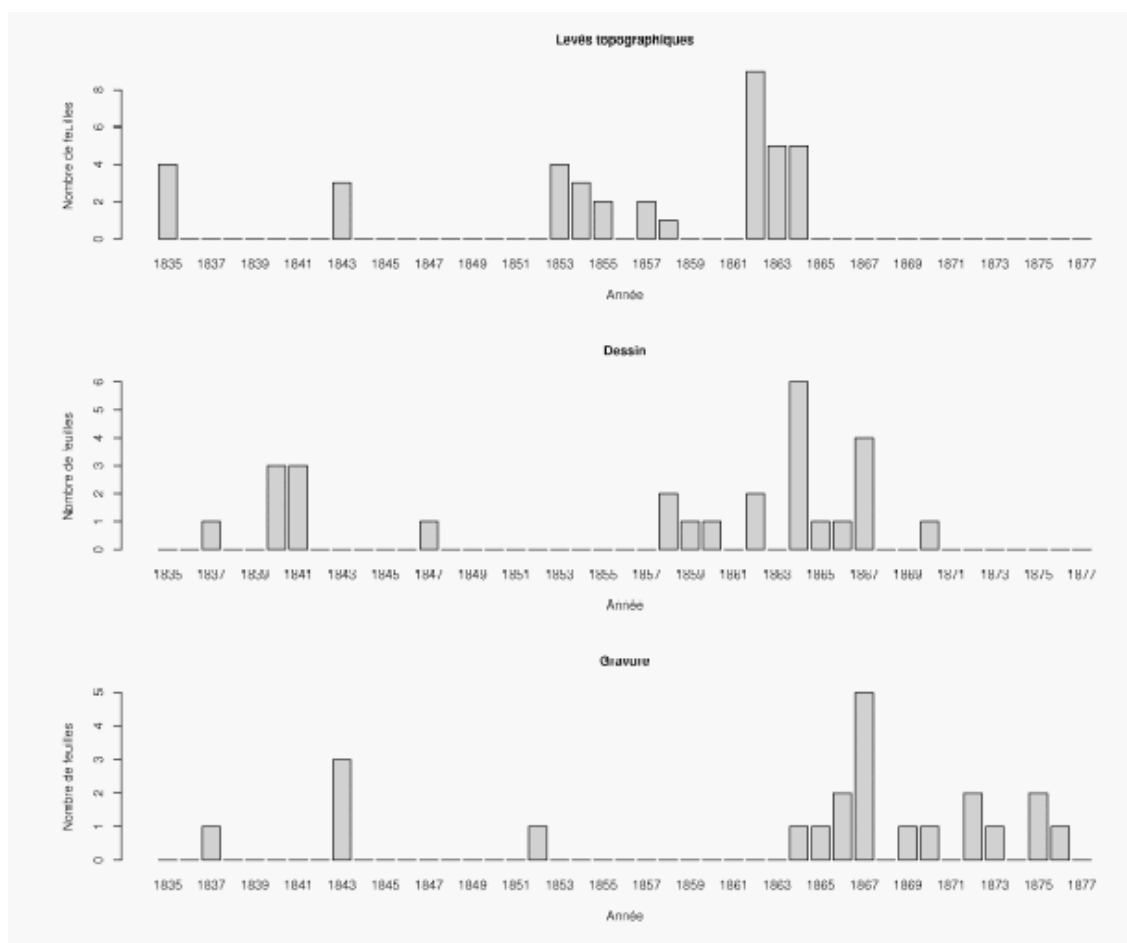
4.2.4. Dessin et gravure : les difficultés de la production des feuilles de montagne.

4.2.4.1. Un processus cartographique bien établi.

La grande majorité des feuilles de montagne fut dessinée et gravée après 1850, les levés dans les Pyrénées et les Alpes ayant été parmi les derniers effectués. La rédaction cartographique de ces feuilles profita donc logiquement de l'expérience acquise et d'un processus bien établi par une trentaine d'années de pratique. Le dessin et la gravure des feuilles de mon corpus furent essentiellement assurés entre 1858 et 1877 (graphique 6). Seules quelques feuilles stratégiques comme *Grenoble* ou limitrophes avec d'autres régions comme *Ferney*⁴¹⁷ furent rédigées partiellement avant 1845. Leur première édition restait provisoire : les zones qui n'avaient pas encore été levées étaient représentées de la même manière que les territoires étrangers, avec seulement le tracé planimétrique tiré d'autres documents (carte de Cassini, cadastres, etc.).

Le graphique montre clairement la durée de réalisation d'une carte, les levés, dessins et gravures se succédant sur une période d'environ douze à quinze ans. La durée moyenne de réalisation d'une feuille de montagne était supérieure à celle de l'ensemble de la carte, mais la différence n'était pas si importante compte tenu des difficultés qu'elles posaient à toutes les étapes du processus cartographique. En fait, le maintien d'un rendement assez élevé ne fut permis que par l'adaptation du processus de dessin et de gravure, afin d'éviter une augmentation trop importante du coût ou des détails de réalisation.

⁴¹⁷ Ancien nom de la feuille Thonon.



Graphique 6 : Réalisation des feuilles alpines de la carte de France au 1 : 80 000.

4.2.4.2. Variation des techniques de dessin.

Même s'il restait moins coûteux et plus rapide que la gravure, le dessin des feuilles de montagne consistait déjà une étape longue et une charge importante. En moyenne, les meilleurs dessinateurs n'arrivaient pas à produire plus d'un décimètre carré par mois, pour un coût total de quatre à huit mille francs pour une feuille entière. Plusieurs systèmes furent donc successivement essayés pour accélérer le dessin du relief, dans une évolution marquée à partir des années 1850 par le développement des travaux concernant les régions montagneuses :

- Hachures avec rehauts au pinceau : appliqué jusqu'en 1854-55 pour la majorité des feuilles du nord, de l'ouest et du centre de la France ; dans les Alpes, seule la feuille de *Chambéry* fut dessinée avec ce système.

- Hachures seules : employé de 1855 à 1859 pour trente-six feuilles, notamment dans les Pyrénées orientales et le Massif central ; dans les Alpes, la feuille d'*Allevard* (Saint-Jean-de-Maurienne) uniquement.
- Courbes seules, avec rehauts au pinceau : de 1859 à 1865 pour trente-trois feuilles, dans les Pyrénées centrales, et dans une bande allant de Carcassonne et Rodez aux Alpes (sauf Savoie et Comté de Nice) ; feuilles d'*Aiguilles*, *Larche*, *Vizille*, *Briançon*, *Gap* et *Die* dans mon corpus.
- Courbes et réductions photographiques au 1 : 80 000 des minutes, rehaussées au pinceau : de 1865 à 1869 pour la Savoie et les feuilles de *Marseille*, *Antibes* et *Toulon* ; partie annexée des feuilles de *Chambéry*, *Grenoble*, *Nantua*, *Briançon* et *Saint-Jean-de-Maurienne* et feuilles de *Thonon*, *Vallorcine*, *Annecy*, *Albertville*, *Bonneval* et *Tignes* dans mon corpus.
- Hachures et réductions photographiques des minutes rehaussées : de 1868 à 1871 pour les Alpes-maritimes et la Corse ; aucune feuille dans le corpus.

Dans les Alpes, seuls les systèmes numérotés 3 et 4 dans ma liste furent véritablement utilisés. Le dessin des courbes seules avec un rehaut au pinceau avait été proposé en 1858 par le colonel Levret, chef des services de la cartographie. Puisque le dessin du relief ne servait en fait qu'à guider les graveurs dans le tracé des hachures, il avait pensé accélérer considérablement le travail des dessinateurs en supprimant le tracé des hachures, que de toute façon les graveurs effectuaient entièrement à partir du calque des courbes. Retour à une inspiration exclusivement figurative, puisqu'il devait seulement servir de guide aux graveurs, ce système était même initialement conçu sans dessin des courbes de niveau, mais les graveurs insistèrent pour qu'elles soient maintenues afin de faciliter leur travail.

Avec la création en 1859 d'un atelier de reproduction photographique au Dépôt de la guerre, de nouvelles méthodes purent être utilisées pour les dernières feuilles de la carte. A partir de 1864, sur proposition du capitaine de Milly, responsable de l'atelier, le dessin fut remplacé par des réductions photographiques au 1 : 80 000 des minutes mises au net : la reproduction était exécutée dans un ton suffisamment clair pour que le dessinateur puisse appliquer un rehaut au pinceau sur les pentes, gommant ainsi les différences de représentation entre les minutes rédigées par des officiers différents. Le procédé, rapide et efficace, produisait un travail plus uniforme. Pour éviter d'accentuer la systématisation du terrain par un intermédiaire supplémentaire ne connaissant pas de vue la topographie à représenter, l'officier qui avait levé le terrain collaborait avec le dessinateur. S'il facilitait l'homogénéisation des minutes de levé, ce système ne modifiait en rien l'approche figurative privilégiée par l'utilisation du rehaut au pinceau.

4.2.4.3. L'impossible accélération d'une gravure coûteuse.

De toutes les étapes de la réalisation de la carte de France, la plus sous-estimée, tant au niveau de la durée que du coût, fut indubitablement la gravure, même après plusieurs années d'expérimentation et malgré l'expérience acquise par les graveurs avec la publication des anciennes cartes manuscrites de l'Empire. La carte de France au 1 : 80 000 contenait une quantité sensiblement plus élevée de détails planimétriques et d'écritures – ne serait-ce qu'avec les cotes d'altitude –, mais ce fut surtout la représentation en hachures normalisées qui perturba toutes les tentatives d'estimation. Berthaut montra qu'en utilisant comme référence le coût de gravure de la carte de Souabe pour une lieue carré, la gravure d'une feuille moyenne du 1 : 80 000 aurait dû coûter environ 6 240 francs, ce qui avait été arrondi dans les différents projets des commissions à 7 500 francs pour tenir compte des différences dans les reliefs. En fait, les planches de plaine les moins chères revinrent à

4 700 francs, les planches de moyenne montagne à environ 10 000 francs, et les planches de haute montagne à plus de 20 000 francs, avec un maximum de 29 645 francs pour la feuille de Gap, dont 27 000 francs pour la montagne seule⁴¹⁸.

Le coût très élevé de la gravure des feuilles de montagne, auquel il fallait rajouter un coût supérieur également pour le dessin, incitait aux tentatives d'accélération du procédé de gravure de la représentation du relief. Mais contrairement au procédé de dessin qui pouvait être modifié tant qu'il permettait d'obtenir une base satisfaisante pour les graveurs, le procédé de gravure devait nécessairement aboutir à une planche comportant tous les éléments définis par les spécifications de la carte. Dans les faits, la méthode de gravure ne connut donc aucune modification liée au travail sur les feuilles de montagne. Seule une adaptation du personnel permit d'accélérer sensiblement le rendement de la gravure, mais sans permettre de diminuer le coût du travail lui-même.

En effet, la lenteur de la gravure pour les feuilles de montagne nécessitait une modification de la proportion entre les graveurs spécialisés dans la représentation du relief et les graveurs de traits, ce qui posait des problèmes de recrutement puisque la gravure du relief était de loin la spécialité la plus difficile. Cependant, ce changement avait été assuré relativement tôt au Dépôt de la guerre en prévision des travaux concernant les feuilles des Alpes et des Pyrénées. La gravure du relief continuait malgré tout de ralentir les travaux : la Commission des travaux graphiques ordonnait plus souvent la reprise de celle-ci que de la gravure du trait⁴¹⁹, si bien que les graveurs du trait avait régulièrement de l'avance sur les graveurs du relief.

Bien que Berthaut rappelle la mise en place d'un système de promotion des graveurs de trait en graveurs de relief⁴²⁰, les données issues de mon corpus montrent qu'il ne fut appliqué que de façon très ponctuelle pour les feuilles particulièrement difficiles des Alpes du nord. Sur les soixante-trois artistes qui participèrent aux travaux cartographiques des feuilles de mon corpus, neuf occupèrent plusieurs spécialités (soit 14,3 %), dont seulement six pour la gravure (soit 9,5 %) (tableau 5). Seul un graveur de relief n'avait pas exercé cette spécialité depuis le début de son travail pour le Dépôt de la guerre. Il ne s'agit d'ailleurs pas d'un graveur de trait, mais d'un dessinateur de relief promu en graveur de relief : Lecoq. Malgré les besoins accrus en gravure et l'accélération du processus de dessin par la réduction photographique des minutes, je ne connais pas d'autre exemple d'une telle promotion : la proportion des graveurs de relief (quatorze sur vingt-huit graveurs pour mon corpus, soit 50 %) resta toujours à peu près égale à celle des dessinateurs de relief (vingt sur trente-six pour mon corpus, soit environ 55 %).

Tableau 5 : Dessinateurs et graveurs ayant travaillé dans plusieurs spécialités*.

⁴¹⁸ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 259-260.

⁴¹⁹ En particulier, la surcharge nécessaire pour représenter les bois et les types de cultures posa rapidement des problèmes, dès les premières feuilles de montagne (*Lure* et *Epinal* dans les Vosges, contrôlée en 1840 par la Commission des travaux graphiques). Même si le dessin du relief était harmonieux, sa combinaison avec le dessin de la végétation au moment de la gravure donnait généralement un résultat bien trop sombre. Des consignes furent données aux graveurs pour prendre en compte la surcharge au moment du tracé des hachures, mais la Commission participa aussi à l'adoption du diapason de Hossard pour régler plus strictement ce tracé.

⁴²⁰ Examinés sur la gravure complète de plans d'environ de villes au 1 : 20 000, les graveurs de trait jugés les plus talentueux pouvaient se présenter au marché de gravure du relief du 1 : 80 000.

Artiste	Dessin			Gravure			
	Trait	Lettre	Relief	Trait	Lettre	Eaux	Relief
Beaupré (de)						1843-1872	(1835) 1872
Chartier			1837-1847			1843-1876	
Cosquin				(1839)			(1841) 1875
Duvotenay		1847-1870	1840				
Humbert		1865-1867	1862-1865				
Lecoq			1860-1862				1866-1870
Lestoquoy				(1834) 1843			(1834) 1866-1876
Mahaud		1864	1858-1867				
Rouillard				1837-1875		1869	
Weil	1867		1862-1867				

* Les années entre parenthèse indiquent, quand l'information est pertinente, les premiers travaux effectués par l'artiste en dehors de mon corpus.

Il faut également souligner les différences entre artistes au sein d'une même spécialité. Alors qu'ils avaient gravé le relief sur de nombreuses feuilles de plaine ou de moyenne montagne, des artistes comme Beaupré ou Cosquin ne furent jamais employés pour les feuilles les plus difficiles des Alpes. Au contraire, dans mon corpus, Beaupré ne grava qu'une partie de la feuille de Die en 1872, et Cosquin une partie de la feuille de Gap en 1875 : feuilles de montagne d'une difficulté moyenne, elles couronnaient une carrière de spécialistes du relief de moyenne montagne seulement.

Tout comme les modifications des méthodes de levé ou de dessin, les difficultés posées par la gravure des feuilles de montagne révélaient l'inadaptation d'une cartographie généraliste à la représentation des régions de haute montagne : contrairement à celle des autres régions, cette représentation ne fut jamais envisagée, avant les années 1860, dans une quelconque perspective utilitaire – même très limitée. Cependant, les efforts consentis par le Dépôt de la guerre, même s'ils s'inscrivaient dans une démarche de simplification et d'assouplissement des méthodes justifiée par l'absence de véritables besoins pratiques, témoignaient d'une certaine considération pour la cartographie de ces régions, essentiellement motivée par des préoccupations de prestige politique et scientifique.

4.3. Prestige contre utilité, une motivation différente pour la carte d'état-major dans les Alpes.

La controverse autour de la direction de l'éclairage à utiliser pour mettre en valeur les hachures avait souligné l'ambiguïté de la représentation des régions de haute montagne⁴²¹, qui ne répondait à aucun besoin pratique alors même qu'émergeait des préoccupations utilitaires pour la carte de France dans les autres régions. Autant que les difficiles conditions de sa réalisation, l'inutilité de la cartographie des montagnes participa à l'adoption de méthodes très différentes de celles employées pour le reste de la carte. Les opérations menées dans les Alpes furent justifiées sur un autre niveau que la nécessité scientifique, administrative ou militaire. Certes, le développement récent de la géographie physique commençait à susciter un intérêt nouveau des scientifiques pour la représentation

⁴²¹ Voir supra, partie 1, chapitre 3.3.1.3.

topographique de la haute montagne⁴²², mais ce furent surtout les préoccupations de prestige scientifique et politique qui influèrent sur une représentation plus détaillée que l'absence de besoin ne l'imposait, notamment dans les zones frontalières. L'inutilité pratique généralement reconnue participa également à l'adoption d'une approche figurative plus marquée que pour le reste de la carte, particulièrement dans les levés topographiques.

4.3.1. L'influence du nouvel intérêt scientifique pour la haute montagne.

Les deux instructions rédigées par le lieutenant-colonel Borson en 1863 et 1864 étaient non seulement révélatrices des adaptations faites à la méthode de levé, mais aussi d'un changement d'état d'esprit dans la perception des régions de haute montagne. Pour la première fois depuis la fin du travail des commissions dans les années 1820, elles faisaient directement référence aux préoccupations scientifiques, qui avaient jusque-là perdu toute influence dans les opérations autres que la géodésie de 1^{er} ordre. Soulignant l'intérêt nouveau des scientifiques pour la haute montagne et les critiques visant certaines cartes trop « expédiées », Borson appelait aux impératifs de prestige scientifique pour demander aux officiers la plus grande application dans les enquêtes toponymiques ou les levés topographiques de régions dont la cartographie pouvait sembler inutile, comme l'illustre parfaitement cet extrait de son instruction de 1864 :

« Les officiers doivent aussi être prévenus contre le relâchement qui peut les gagner facilement, en face de la tâche ingrate d'avoir à lever des déserts de glace ou des zones stériles et inhabitées. Le point de vue auquel il faut se placer est ici celui des exigences nouvelles de la science, qui fait aujourd'hui de ces régions, encore inconnues il y a un demi-siècle, l'objet d'explorations minutieuses. Il suffirait au besoin de rappeler que les inexacitudes ou les lacunes dans le figuré de la carte piémontaise et l'absence de cotes d'altitude ont été l'objet de critiques très vives dans plusieurs publications, surtout en les rapprochant des levés si précis et si détaillés de la carte suisse. »⁴²³

Cette prise en compte d'un nouveau point de vue s'inscrivait dans une évolution plus générale de la perception et de la connaissance de la haute montagne. Elle s'opposait à l'avis traditionnel, explicitement formulé chez Bonne, que les zones incultes, inhabitées et difficiles d'accès, n'avaient pas besoin d'être représentées précisément sur la carte puisqu'elles n'étaient d'aucun intérêt pour les militaires ou les administrations. L'idée se faisait ainsi jour que la carte de France pouvait avoir d'autres utilisateurs potentiels que ceux pour lesquels elle avait été conçue, et qu'il fallait prendre en compte leurs besoins. Sans pour autant remettre en cause la conception fixiste de la carte, cette nouvelle orientation soulignait l'utilité d'une cartographie spécifique de la haute montagne, destinée aux nouveaux utilisateurs, « artistes et [...] naturalistes de toute l'Europe »⁴²⁴ comme les qualifiait Borson dans son instruction de 1863.

En cela, la référence aux travaux suisses m'apparaît comme un signe essentiel du début d'une véritable prise de conscience de la spécificité de la cartographie de la haute montagne. Reconnaître la supériorité de ces travaux, c'était déjà reconnaître la spécialité des topographes suisses dans la représentation de la montagne, une spécialité que les

⁴²² Voir infra, partie 2, chapitres 1 et 2.

⁴²³ *Instruction de Borson de 1864. Op. cit., p. 61.*

⁴²⁴ *Instruction de Borson de 1863. Op. cit., p. 60.*

alpinistes et les scientifiques érigèrent plus tard en référence absolue⁴²⁵. C'était aussi reconnaître l'intérêt de la cartographie de la haute montagne, ne serait-ce qu'au niveau du prestige scientifique international.

4.3.2. La cartographie de la frontière franco-italienne, une entreprise d'autorité et de prestige.

Les changements territoriaux conséquents à l'annexion de la Savoie et du Comté de Nice en 1859⁴²⁶ posaient le problème crucial de nouvelle frontière, qui justifiait en partie l'empressement des autorités à disposer d'une carte détaillée de ces régions. La délimitation de la frontière en elle-même avait été l'objet de négociations entre 1861 et 1862. La *Convention de délimitation entre la France et la Sardaigne, conclue à Turin le 7 mars 1861* stipulait que « du côté de la Savoie la nouvelle frontière [suivrait] la limite actuelle entre le Duché de Savoie et le Piémont »⁴²⁷. La *Carte indiquant le tracé de la frontière entre la France et l'Italie depuis le Mont Grapillon jusqu'au rocher du Chardonnet*⁴²⁸ qui accompagnait le traité avait été dressée au 1 : 50 000 à partir des documents existants, mais sans pouvoir tirer parti des levés à venir de la Savoie et du Comté de Nice⁴²⁹. Elle reprenait, selon les prescriptions de la Convention, le tracé de la frontière établi en 1823 par le lieutenant Muletti, qui passait notamment au sommet du Mont Blanc devenu franco-italien depuis l'annexion.

Je considère l'intégration d'une carte dans le traité comme une preuve du rôle politique essentiel de la cartographie, mais aussi et surtout de la prédominance de la conception fixiste pour laquelle les cartes avaient vocation à être des portraits figés et *définitifs* du territoire. Je trouve particulièrement révélateur de cette approche fixiste le fait que les controverses sur la définition de la frontière qui suivirent la signature du traité ne débouchèrent jamais sur la mise à jour de cette carte, mais au contraire sur la réalisation de nouvelles cartes pour jouer le rôle de référence politique.

En effet, le texte du traité ne suffit pas à arrêter définitivement la frontière. Le traité de 1861 se référait à la « limite actuelle » entre le Duché de Savoie et le Piémont, une frontière administrative définie par la carte de l'état-major sarde de 1841 qui suivait la ligne de faite. Mais en 1862, la commission franco-italienne chargée du placement des bornes frontières se référa à l'« ancienne limite » entre le Duché de Savoie et le Piémont⁴³⁰, définie par le traité de Cherasco en 1796, qui avait forcé le Piémont à céder la Savoie et Nice à la France après la campagne de Bonaparte en Italie. Cette ancienne limite était établie « sur une ligne

⁴²⁵ Voir infra, partie 3, chapitre 4.2.2.1.

⁴²⁶ Intervenu au côté du Piémont contre l'Autriche pendant la guerre d'Italie de 1859, Napoléon III devait normalement « recevoir » la Savoie et le Comté de Nice en échange. Mais la paix prématurée qu'il signa avec l'Autriche n'assurait pas l'unité de l'Italie jusqu'à la mer Adriatique, provoquant une opposition vive des nationalistes italiens. L'annexion ne fut donc effective qu'au printemps 1860, quand Napoléon III donna son accord à l'unification italienne sous la houlette du souverain piémontais Victor-Emmanuel. BERSTEIN Serge, MILZA Pierre. *Nationalismes et concert européen, 1815-1919*. Paris : Hatier, 1992, p. 108-123.

⁴²⁷ Cité par ALIPRANDI Laura & Giorgio. *La Découverte du Mont-Blanc par les cartographes*. Op. cit., p. 136.

⁴²⁸ *Carte indiquant le tracé de la frontière entre la France et l'Italie depuis le Mont Grapillon jusqu'au rocher du Chardonnet*. [s] : [sd], 1861. 3 feuilles. Echelle 1 : 50 000. Corpus : feuille id 1952.

⁴²⁹ Elle utilisait une représentation purement figurative du relief, avec des lignes de plus grande pente et une figuration du rocher par signes conventionnels, mais en projection horizontale.

⁴³⁰ *Procès-verbal N.2 d'abornement de la frontière entre la France et l'Italie*. Etabli à Turin le 26 septembre 1862. Cité par ALIPRANDI. *La Découverte du Mont-Blanc*. Op. cit., p. 136.

déterminée par les points les plus avancés du côté du Piémont »⁴³¹, ce qui permettait aux Français de faire une interprétation stratégique du texte pour « pousser » la limite jusqu'au côté italien des crêtes rocheuses, alors que les italiens soutenaient que la frontière devait suivre la frontière géographique de la ligne de partage des eaux.

Les levés topographiques dans les régions annexées se trouvaient ainsi au cœur d'une négociation diplomatique complexe. Dans les instructions officielles, le rôle des levés dans la définition de la frontière était présenté de façon ambiguë. L'instruction rédigée par Borson en 1864 insistait surtout sur la rigueur nécessaire pour les levés des zones certes inhabitées mais stratégiques de la nouvelle frontière franco-italienne :

« Une autre circonstance est aussi à signaler dans les travaux de cette année. Plusieurs longent la grande chaîne des Alpes, dont la ligne de faite forme la frontière entre la France et l'Italie. Malgré les difficultés exceptionnelles du terrain, cette ligne, qui n'a jamais été jusqu'ici l'objet d'une reconnaissance spéciale, devra être fixée aussi exactement que possible. Si l'on se contentait d'un tracé approximatif, ou si l'on tolérait quelques déplacements de crêtes, comme cela a eu lieu quelquefois, le raccord entre les cartes des deux pays, au lieu de présenter cette concordance remarquable qui s'est produite le long de la frontière suisse, serait reconnu tôt ou tard comme défectueux. La bonne réputation des travaux topographiques du Dépôt de la guerre est donc en quelque sorte intéressée à la précision de ce travail. »⁴³²

Il ne s'agissait pas seulement d'assurer la représentation topographique de la zone frontalière, mais bien de fixer la ligne de séparation. Malgré l'approche méthodique sous-entendue dans l'instruction, les levés topographiques ne visaient pourtant pas seulement à tracer la frontière le plus « exactement » possible, mais à la tracer suivant les dispositions stratégiques qui arrangeaient les militaires français. Pour les régions de haute montagne des territoires annexés, il me semble évident que les questions de prestige et d'autorité politique jouèrent un rôle plus important dans l'empressement du pouvoir à disposer d'une cartographie détaillée que celles de prestige scientifique qui furent le plus souvent avancées.

Les feuilles du nord-est des Alpes de la carte de France au 1 : 80 000 présentaient très nettement la frontière telle que les membres français de la commission de délimitation l'avaient définie à partir d'une interprétation biaisée du traité. Pour reprendre l'exemple bien connu du Mont Blanc, la carte du *Massif du Mont Blanc* dressée à partir des levés du capitaine Mieulet⁴³³ reprenait la frontière française, en situant notamment le sommet du Mont Blanc entièrement du côté français. En 1877, dans la première édition de son livre classique *Le Mont Blanc*, Charles Durier signalait une « offre gracieuse du gouvernement italien [qui faisait] exception pour le Mont-Blanc » et infléchissait la frontière « sur le versant méridional, à 150 mètres environ au-dessous de la cime qui resta exclusivement française »⁴³⁴, mais il semble qu'une telle initiative n'ait jamais été prise par l'Italie⁴³⁵. Les

⁴³¹ Cité par ALIPRANDI. *La Découverte du Mont-Blanc. Op. cit.*, p. 136.

⁴³² *Instruction de Borson de 1864. Op. cit.*, p. 60.

⁴³³ *Massif du Mont Blanc extrait des minutes de la carte de France*. Paris : Dépôt de la guerre, 1865. 1 feuille. 1 : 40 000. Corpus : feuille id 1872.

⁴³⁴ DURIER Charles. *Le Mont Blanc*. Paris : Sandoz et Fischbacher, 1877, p. 29.

⁴³⁵ ALIPRANDI. *La Découverte du Mont-Blanc. Op. cit.*, p. 145.

cartes actuelles témoignent encore des différences d'interprétation entre la France et l'Italie sur certaines parties de la frontière comme le Mont Blanc, malgré les travaux d'une nouvelle commission de délimitation à la suite de la Seconde guerre mondiale.

4.3.3. Des levés plus figuratifs que géométriques.

Pour les zones difficilement accessibles où la méthode du cheminement ne pouvait pas être employée, les instructions officielles pour les levés alpins recommandaient une méthode encore plus figurative. Elle consistait non plus à tracer des portions de courbes au fur et à mesure du parcours du terrain, mais à dessiner des *profils* à vue qui permettaient ensuite, *au bureau*, de se faire une idée de la configuration du terrain pour tracer des courbes très approximatives pour appuyer les hachures⁴³⁶. De fait, dans ces zones de haute montagne, le levé du relief n'avait presque plus rien de géométrique : il était seulement *structuré* par des points géodésiques, souvent peu nombreux et rarement vérifiés dans les Alpes, complétés par quelques points déterminés avec une faible précision.

La qualité du figuré du terrain reposait donc encore plus que pour les autres régions sur la perception de la topographie par l'officier et sur la qualité du dessin qu'il en faisait. Les différentes instructions avaient souvent insisté sur la nécessité de faire ressortir les lignes caractéristiques du terrain, mais leurs prescriptions en faveur d'une étude de la topographie directement sur le terrain avaient été plus ou moins rigoureusement appliquées, ce qui provoqua une représentation topographique systématisée *a posteriori* – c'est-à-dire un dessin au bureau soit trop caricatural, soit trop épuré, visant à donner une impression d'ensemble homogène gommant l'absence de détails. Mais l'expérience des levés dans les Pyrénées et les critiques formulées après la publication des premières feuilles avaient permis aux officiers d'encadrement de prendre conscience de cette dérive. L'instruction rédigée en 1863 par Borson insistait particulièrement sur la représentation détaillée du terrain pour éviter sa systématisation par des signes uniformes :

« Les instructions du Dépôt de la guerre prescrivent que le figuré du terrain sera fortement et nettement accusé au crayon, laissant la faculté aux officiers, avec l'approbation du chef de brigade, d'assurer le crayon par quelques traits à l'encre. Ce serait mal entendre cette prescription que de recouvrir tout le croquis fait sur le terrain d'un figuré à hachures ou à courbes régulières, qui enlève au dessin son cachet de vigueur et ses traits accentués, pour y substituer un travail de cabinet qui peut servir quelquefois à masquer le défaut d'étude sérieuse de quelques portions du travail. La carte d'un pays de hautes montagnes comme la Savoie, parcouru par les artistes et les naturalistes de toute l'Europe, ne serait pas traitée convenablement, si l'officier ne s'attachait pas à donner de la vérité à son figuré en se rapprochant de la nature, et s'il faisait disparaître les détails et les accidents divers, sous l'uniformité d'un signe conventionnel. »⁴³⁷

Cette instruction était d'ailleurs relativement explicite sur la nature figurative de la représentation à donner du terrain : le figuré devait être *vrai*, dans le sens artistique de « proche de la nature » plus que dans le sens scientifique de « basé sur des mesures ». Cette orientation figurative marquée dès le levé topographique reflétait une justification radicalement différente pour la couverture cartographique des régions alpines par rapport au reste du territoire. Si la deuxième moitié du 19^e siècle voyait se développer un début

⁴³⁶ Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.2.3.

⁴³⁷ *Instruction de Borson de 1863. Op. cit., p. 60.*

d'intérêt scientifique pour ces régions, ce furent surtout des questions de prestige politique et scientifique qui justifiaient des levés alpins qui avaient moins besoin d'être géométriques pour une utilisation pratique qu'expressifs pour une exploitation symbolique. En donnant une représentation figurative relativement détaillée de la haute montagne, le Dépôt de la guerre ne répondait pas à des besoins pratiques, mais il affirmait la compétence de ses opérateurs et la maîtrise du territoire par les autorités publiques.

Conclusion

Les opérations géodésiques de 1^{er} ordre concernant les régions presque inconnues de la haute montagne française se déroulèrent dans des conditions particulièrement difficiles, accentuées par l'exigence scientifique et la surdité de la direction qui refusa toute révision du rendement demandé en fonction de la nature du terrain. Au contraire, les opérations de triangulation complémentaire furent facilitées par l'allègement de la tâche consécutif au changement d'échelle des levés et les méthodes de levés topographiques elles-mêmes fortement modifiées pour s'adapter à ce terrain de parcours difficile. Cette différence sensible entre les conditions d'exécution de la géodésie de 1^{er} ordre et des autres opérations cartographiques témoignait de la focalisation de l'intérêt scientifique sur la première. La représentation des régions de haute montagne ne répondant encore à aucun besoin particulier, elle fut réalisée dans une orientation plus figurative encore que celle du reste du territoire. L'existence spécifique pour ces régions de préoccupations de prestige scientifique et politique, notamment liées à la détermination de la frontière entre la France et l'Italie, motivèrent le maintien d'une représentation détaillée pour les régions les plus désertiques des Alpes.

Toutes ces modifications des méthodes employées pour couvrir les régions montagneuses soulèvent la question de l'apparition d'une cartographie spécifique à la haute montagne. En effet, fondamentalement, ces changements répondaient à l'inadaptation des méthodes de cartographie généraliste fixées pour le reste du territoire. Si les instructions pour les derniers travaux en Savoie marquaient effectivement la formalisation d'une approche spécifique à la haute montagne, en particulier par les références faites aux travaux des topographes suisses présentés comme des spécialistes de la cartographie de montagne, sa conception comme une simplification des méthodes générales et son orientation essentiellement figurative ne l'inscrivait pas encore dans le développement scientifique de la cartographie vers une généralisation de la mesure instrumentale. Dans la deuxième moitié du 19^e, les scientifiques et les alpinistes critiquèrent d'ailleurs les lacunes d'une représentation de la montagne qui, si elle marquait effectivement un changement considérable par rapport à la carte de Cassini, ne satisfaisait pas les nouveaux besoins de ces utilisateurs.

Conclusion

Au cours du 18^e siècle, les méthodes de triangulation, formalisées au 15^e siècle en Italie et au 16^e siècle aux Pays-Bas, furent appliquées plus systématiquement à la réalisation de cartes à grande échelle, dont certaines, comme la carte de France dirigée

par Cassini, couvraient l'intégralité d'un territoire national. Ces nouvelles fondations géodésiques affirmaient le paradigme d'une cartographie scientifique, basée sur la mesure et l'instrumentation, même si celles-ci n'étaient encore appliquées qu'aux deux seules dimensions de la planimétrie – longitude et latitude – et ne concernaient que peu les levés topographiques eux-mêmes. L'émergence d'une cartographie topographique scientifique, au sens moderne du terme, ne s'acheva qu'au début du 19^e siècle, avec l'affirmation d'une représentation géométrique du relief. Définitivement imposée par une Commission de topographie réunie en 1802 par le général Samson, directeur du Dépôt de la guerre – l'organisme officiel de cartographie militaire –, celle-ci reposait sur l'emploi de hachures tracées perpendiculairement à des courbes de niveaux équidistantes approximatives, et espacées suivant des règles géométriques.

Dans le domaine de la cartographie topographique, le 19^e siècle fut dominé par la réalisation de la carte de France au 1 : 80 000, première carte véritablement topographique du territoire, plus connue sous le nom de *carte d'état-major* en référence au corps d'officiers qui exécuta les levés. Commencée en 1818 pour remplacer la carte de Cassini, jugée désuète par les militaires, les administrations et les scientifiques, elle ne fut définitivement achevée qu'en 1880. La définition des spécifications de la carte avait provoqué une véritable lutte d'influence qui opposa savants et militaires entre 1817 et 1828. Moins intéressés par le prestige international de l'entreprise, les militaires soutenaient la conception pragmatique d'une carte moins ambitieuse mais plus adaptée aux besoins des administrations centrales. Les difficultés budgétaires et l'abandon d'une collaboration avec le cadastre favorisèrent la « victoire » de leur point de vue, mais le Dépôt de la guerre resta confronté aux difficultés qu'éprouvaient les autorités à concevoir la spécificité et les temporalités du travail cartographique. Celles-ci se traduisirent notamment par la contestation de la légitimité du corps des ingénieurs géographes, qui aboutit à sa suppression définitive en 1831, et par une volonté répétée de limiter l'autonomie du Dépôt de la guerre.

D'un point de vue cartographique, la carte d'état-major marquait l'adoption d'une géométrisation seulement *partielle* du relief. Bien que confirmée par les différentes commissions réunies pour l'établissement des spécifications de la nouvelle carte, la représentation par *hachures normalisées* ne fut en fait jamais appliquée dans sa conception originale. Sous l'influence de préoccupations scientifiques focalisées sur les questions géodésiques, les méthodes de triangulation avaient en effet connu au cours du 18^e siècle un développement préférentiel qui en faisait les seules techniques susceptibles de fournir les mesures instrumentales nécessaires à cette géométrisation. Malgré le début du développement du nivellement topographique, la représentation *partiellement* géométrique du terrain sur la carte d'état-major s'appuyait essentiellement sur les données issues des opérations géodésiques. Dans les régions de haute montagne, l'absence totale de besoins pratiques favorisa l'adoption d'une représentation plus figurative que sur le reste du territoire, qui, si elle soulignait la nécessité d'une cartographie spécifique de ces régions, la retenait à l'écart du développement scientifique de la cartographie vers la généralisation des mesures instrumentales. Tout comme les problèmes institutionnels du Dépôt de la guerre, les limitations de la géométrisation du relief témoignaient de la persistance d'une conception de la cartographie que j'ai qualifiée de *fixiste*, dans laquelle la carte restait avant tout un tableau figé du territoire.

Même si l'adoption d'un mode de représentation *partiellement* géométrique du relief constituait une évolution majeure de la cartographie topographique, je considère que le changement fondamental du 19^e siècle était en fait conceptuel. L'affirmation de l'influence

militaire sur la cartographie marquait en effet la fin d'une domination scientifique vieille d'un siècle et demi, et la transition de préoccupations scientifiques centrées sur la géodésie à des préoccupations pratiques centrées sur la topographie. L'évolution de la recherche technique montre clairement l'impact d'un tel changement : après un siècle de perfectionnement des seules méthodes et instruments géodésiques, le développement du nivellement topographique affirmait la place nouvelle de la topographie, posant les bases d'une évolution qui aboutit dans le dernier quart du 19^e siècle à la formalisation des méthodes de la cartographie topographique scientifique dite « classique ». Le début d'une prise en compte plus systématique des besoins pratiques – d'abord militaires et administratifs – participait également au développement d'une conception de la cartographie que j'ai qualifié d'*utilitariste*. La conception fixiste demeura très nettement dominante jusqu'en 1870, mais les dernières décennies du 19^e siècle furent marquées par la prise de conscience brutale de la dimension utilitaire de la carte, par l'apparition de nouveaux regards sur la haute montagne et sa représentation cartographique, et par l'affirmation rapide d'une plus grande autonomie de la topographie par rapport à la géodésie. Tous ces changements se manifestèrent dans une généralisation de la géométrisation de la représentation cartographique du terrain, et particulièrement du relief, dans laquelle la cartographie alpine joua un rôle central.

Partie 2. D'une carte de France à l'autre, l'adoption d'une représentation entièrement géométrique du relief (1870-1920).

Au début du 19^e siècle, la Commission de topographie de 1802 et les différentes commissions réunies pour établir les spécifications d'une nouvelle carte de France avaient confirmé l'adoption d'une représentation géométrique du relief, c'est-à-dire fondée sur des mesures instrumentales et un système graphique basé sur des règles géométriques – et non plus figuratives. Mais l'absence de besoins pratiques et les limites du nivellement topographique imposèrent finalement à la carte d'état-major une géométrisation seulement *partielle* du relief, basée essentiellement sur les données issues de la triangulation. La représentation du relief restait spécialement figurative dans les régions de haute montagne, jugées inintéressantes pour les utilisateurs potentiels de la carte. Si cette géométrisation *partielle* du relief avait véritablement fondé la cartographie topographique, au sens moderne du terme, elle s'était imposée dans une conception encore essentiellement *fixiste* de la cartographie, pour laquelle les applications utilitaires de la carte restaient moins importantes que son rôle de tableau figé du territoire. Pourtant, l'influence dominante des militaires favorisait la prise en compte des besoins pratiques, posant les bases d'une conception que j'ai qualifiée d'*utilitariste* de la cartographie, qui ne commença à s'imposer qu'à la fin du 19^e siècle.

En effet, après trois quarts de siècle dominés par la conception et la réalisation de la carte d'état-major, le dernier quart du 19^e siècle fut marqué par une mutation majeure de la cartographie, autour de l'affirmation de cette conception utilitariste et d'une géométrisation généralisée de la représentation du relief. Le développement de l'alpinisme et d'une nouvelle forme d'intérêt scientifique pour la haute montagne avait provoqué l'apparition de nouveaux besoins, auxquels la carte de France répondait si mal qu'un mouvement durable de critique, puis de cartographie alternative, se créa à l'interface des découvertes scientifique et touristique de la montagne. Le choc de la défaite de 1870 confronta brutalement les autorités militaires à la question de l'actualité de la carte, favorisant une remise en cause profonde de leur conception de la cartographie, tant au niveau de l'utilité des cartes que de la validité des informations qu'elles contenaient. Cette remise en cause se traduisit par de profondes modifications institutionnelles, qui marquèrent les reconnaissances successives de la spécificité du travail cartographique et de l'expertise technique procédant de cette spécificité. Enfin, l'importance nouvelle donnée à la topographie par la domination de l'influence militaire favorisa une évolution méthodologique vers la généralisation d'une représentation entièrement géométrique du relief essentiellement basée sur des techniques topographiques, évolution qui marquait l'inscription définitive dans un paradigme de développement scientifique de la cartographie.

Chapitre 1. Scientifiques et ascensionnistes, les nouveaux regards sur la montagne.

Les montagnes furent perçues pendant des millénaires comme les lieux sacrés du divin, l'endroit le plus proche du ciel, inaccessible à l'homme, royaume des dieux et des esprits bons ou mauvais. De nombreux épisodes mythologiques s'y déroulent, parmi lesquels certains mythes fondateurs de la culture judéo-chrétienne, Abraham partant sacrifier son fils dans les montagnes ou Moïse recevant de Dieu les Tables de la Loi au sommet du Mont Sinai. Aux interdits religieux éventuels s'ajoutaient une terreur et une répulsion universellement partagées jusqu'à la Renaissance et dont des traces demeurent jusqu'au 19^e siècle romantique. Les humanistes suisses du 16^e siècle et certains peintres comme Dürer, Léonard de Vinci ou Bruegel, manifestèrent les premiers signes d'intérêt pour les paysages alpins et leurs charmes, mais ceux-ci furent rapidement oubliés à l'âge classique.

L'homme cultivé du 17^e siècle était peu attiré par la nature. Il ne voyait dans les montagnes que désordre et chaos, en opposition à son désir d'ordre, d'équilibre et de raison, jusqu'à les percevoir comme une gêne dans la perfection de la sphéricité de la Terre.

Cette perception négative des montagnes s'opposait pourtant à leur utilité manifeste : repères pour les marins, frontières entre les peuples, elles pouvaient devenir défenses ou lieux de refuge. Le finalisme chrétien qui s'épanouit à la fin du 17^e siècle formula des raisons à l'existence de ces obstacles néfastes dans une Création qui ne pouvait qu'être parfaite : produisant les métaux et l'herbe pour le bétail, elles donnaient aussi et surtout naissance aux fleuves. Mais la perception des montagnes ne commença à s'écarter de cette répulsion ancienne qu'à partir du 18^e siècle en Europe occidentale. Dans ce qu'Antoine Bailly et Robert Ferras définirent comme « une sorte d'effet retour des grandes expéditions vers l'Orient et le Pacifique »⁴³⁸, un intérêt croissant se développa dans l'élite cultivée européenne pour un milieu qui apparut exotique aux contemporains. Dans sa thèse devenue classique sur la perception des montagnes par les savants français du siècle des Lumières, Numa Broc affirmait que « c'[était] au XVIII^e siècle que les montagnes [avaient] été découvertes sur le plan littéraire comme sur le plan scientifique »⁴³⁹. Quant au 19^e siècle, il marqua l'essor de leur découverte touristique, encore intimement liée à l'approche scientifique, qui provoqua la naissance d'une cartographie indépendante des Pyrénées et surtout des Alpes.

1.1. La découverte artistique et littéraire de la montagne au 18^e siècle.

1.1.1. L'influence suisse.

La découverte de la montagne fut dans un premier temps littéraire et artistique, forme exaltée du « sentiment de la nature » qui éclata au siècle des Lumières⁴⁴⁰. Les hommes de

⁴³⁸ BAILLY Antoine, FERRAS Robert. *Éléments d'épistémologie de la géographie*. Paris : Armand Colin, 1997, p. 73.

⁴³⁹ BROC Numa. *Les Montagnes vues par les géographes et les naturalistes de langue française au XVIII^e siècle. Contribution à l'histoire de la géographie*. Paris : Bibliothèque nationale – CTHS – Mémoires de la section de géographie n° 4, 1969, p. 15.

⁴⁴⁰ Sur la découverte littéraire et artistique des montagnes au 18^e siècle, voir entre autres : BROC Numa. *Les Montagnes vues par les géographes. Op. cit. Images de la montagne. Op. cit.* Troisième partie : Découverte des sommets et tourisme (XVIII^e-XIX^e siècles). Le magnifique et volumineux GUICHONNET Paul, JOUTARD Philippe, LEBAILLY Hugues, VELLOZZI Marie-Christine, VERCKEN

lettres suisses eurent une influence dominante dans son développement. Le premier signe de cet intérêt nouveau pour les montagnes fut le succès du récit des excursions alpestres du médecin zurichois Johann Jacob Scheuchzer, pourtant rédigé en latin : les *Itinera per Helvetiae Alpinae regiones*, dont les trois premiers voyages furent publiés en 1709 sous le patronage de Newton, puis l'édition définitive en 1723. Scheuchzer suscita les vocations alpines les plus précoces, comme celle de William Windham qui fut le premier visiteur avéré de la vallée de Chamonix en 1741.

En 1733, le naturaliste Albert de Haller publia avec un immense succès son poème *Die Alpen*, traduit en français en 1749 et réédité trente fois jusqu'en 1777. Il fut à l'origine de nouvelles vocations, dont celle de Jean-Jacques Rousseau qui joua un rôle fondamental dans l'épanouissement de cet intérêt naissant pour la montagne. Bien que ne traitant pas de la haute montagne, « ses descriptions enthousiastes d'une moyenne montagne pittoresque et humanisée ont familiarisé le public cultivé européen avec la Suisse, le Valais et la région du lac Léman. Même si les sommets en sont totalement absents, la *Nouvelle Héloïse* a pu être considérée à juste titre comme la "Déclaration des Droits de la Montagne" (Beraldi) »⁴⁴¹. Sous son influence, la plupart des naturalistes, savants et excursionnistes décrivent leur découverte de la montagne dans le même registre de révélation esthétique et sentimentale.

1.1.2. Le rôle central de l'iconographie.

La découverte de la montagne était avant tout une découverte visuelle. L'iconographie occupa donc rapidement une place centrale dans la relation de ce « sentiment de la montagne », mais aussi dans sa promotion, en particulier à travers des gravures qui présentaient l'avantage de pouvoir être plus largement diffusées. Jusqu'au début du 18^e siècle, les représentations artistiques de la montagne prenaient la forme de vues lointaines, adoptant traditionnellement le point de vue des berges du lac Léman pour les Alpes du nord. Mais sous l'influence des premiers « touristes », les artistes s'approchèrent et pénétrèrent au cœur des régions plus élevées.

1.1.2.1. Iconographie et littérature.

L'anglais Windham dédiait le récit de sa première visite dans la vallée de Chamonix au peintre genevois Arlaud avec la remarque suivante : « une personne qui saurait dessiner aurait de quoi s'exercer soit dans la route, soit au lieu même »⁴⁴². Sous la plume des savants et hommes de lettres, les panoramas étaient souvent qualifiés de « spectacle », que les artistes mettaient en scène en composant leurs œuvres. Ils se représentaient ainsi souvent en train de peindre, pour accentuer l'opposition entre la taille humaine et l'immensité des monts, mais aussi par conscience du rôle qu'ils jouaient dans la popularisation de la montagne. Le lien entre l'écrit et l'iconographie était au-delà de la simple illustration. Certaines œuvres picturales, comme celles de Louis Bélanger, étaient accompagnées des extraits de texte dont elles s'inspiraient. Des ouvrages conçus à l'origine comme des recueils de gravure devenaient des récits, notamment chez Marc-Théodore Bourrit. De nombreuses

Marie-Thérèse. *Mont-Blanc, conquête de l'imaginaire*. Montméliant : La Fontaine de Siloé, 2002, 423 p. ENGEL Claire Eliane. *La Littérature alpestre en France et en Angleterre aux XVIIIe et XIXe siècles*. Chambéry : Librairie Dardel, 1930. *Découverte et sentiment de la montagne : 1740-1840. Exposition, Annecy, Conservatoire d'art et d'histoire de la Haute-Savoie, 15 juillet – 31 décembre 1986*. Annecy : Conservatoire d'art et d'histoire de la Haute-Savoie, 1986. MORNET Daniel. *Le Sentiment de la nature en France de Jean-Jacques Rousseau à Bernadin de Saint-Pierre : essai sur les rapports de la littérature et des mœurs*. Paris : Hachette, 1907.

⁴⁴¹ *Images de la montagne. Op. cit.*, p. 25.

⁴⁴² Citée dans *Mont-Blanc, conquête de l'imaginaire. Op. cit.*, p. 22.

expéditions de savants ou d'excursionnistes comptaient un artiste dans leur rang : en 1762, le duc de La Rochefoucauld d'Enville était accompagné de François Jalabert, qui suivit aussi Saussure en 1767 ; en 1770, le duc de Palmerston avait engagé l'Anglais Pars.

1.1.2.2. La vallée de Chamonix comme modèle d'une iconographie fantastique.

Jusqu'à la fin des années 1760, le style des représentations artistiques était encore profondément marqué par la perception ancienne des montagnes. Les artistes figuraient essentiellement des aiguilles acérées, même pour des sommets arrondis comme le Mont Blanc. Ce ne fut qu'au cours de la décennie suivante que l'iconographie de la haute montagne se mit véritablement en place, sur le modèle de la représentation de la vallée de Chamonix, popularisée par les expéditions de Saussure. Les deux images de François Jalabert, probablement dessinées en 1767 lors de son voyage avec Saussure, annonçaient déjà une évolution. Mais les changements majeurs se trouvent chez l'Anglais William Pars d'abord, puis chez le Suisse Marc-Théodore Bourrit (1735-1815), qui représenta de nombreux sommets et glaciers pour la première fois, et chez le Prussien Hackert, qui connut la renommée avec seulement quelques gravures.

Deux types de représentation s'opposaient, celui de la montagne comme paradis terrestre, avec des paysages bucoliques de campagnes calmes et reposantes qui se prolongeaient sans rupture en langues glacières puis en sommets enneigés et arrondis, et celui de la montagne comme spectacle sauvage, aiguilles acérées, cieux menaçants, tout en verticalités et en aspérités. Les artistes privilégiaient le sentiment au réalisme, à tel point que Bourrit ajouta parfois des rochers en forme de géants. Des personnages, parfois l'artiste lui-même, surtout chez Bourrit, étaient représentés pour souligner la différence entre la taille humaine et les hauteurs. Hackert reprit l'opposition entre la campagne paisible et habitée et les hauteurs minérales et désertes, mais avec plus de subtilité que Pars. Il proposa une représentation moins fantastique, avec un plus grand souci de fidélité, qui était mise en valeur par les contrastes de luminosité et de couleurs dominantes (blanc des sommets et vert de la vallée). Sa vision des monts avait cependant quelques accents de féerie, marquée par la dominante blanche et bleue et un ciel systématiquement dégagé. Sa représentation de la vallée vue de l'est devint un modèle souvent imité.

1.1.2.3. Le Mont Blanc.

A partir de 1780, les tentatives d'ascension du Mont Blanc se firent de plus en plus pressantes, jusqu'à la victoire en 1786. Popularisé auprès du public cultivé par de nombreux ouvrages, le Mont Blanc prit alors une place de plus en plus importante dans l'iconographie. Les visiteurs venaient voir le plus haut sommet d'Europe et repartaient avec sa représentation, agrémentée par les multiples récits des ascensions. Les images de la montagne se multiplièrent alors et des artistes sortirent de l'ombre : Jean-François Albanis Beaumont, Louis Bacler d'Albe, Jean-Antoine Linck et son frère Jean-Philippe, Marquardt Woher.

L'archétype iconographique était bien fixé, fondé sur la description de Saussure soulignant « le contraste étonnant de ces frimas avec la belle verdure qui couvre les coteaux et les basses montagnes »⁴⁴³, souvent accentué par la présence de personnages et d'animaux au premier plan. L'atmosphère de calme et de sérénité dominait alors les représentations, en partie parce qu'elles avaient pour but d'attirer les visiteurs dans les

⁴⁴³ Cité par JOUTARD Philippe. Ces monts affreux... In *Mont-Blanc, conquête de l'imaginaire*, op. cit., p. 60.

montagnes. Seul Jean-Antoine Linck retrouva dans certaines œuvres l'opposition d'affreux et d'agréable illustrée chez Pars, allant jusqu'à supprimer parfois la présence humaine. En représentant les crevasses et les « monts affreux » des premiers voyageurs, il en exaltait la sévère beauté et préfigurait les grands peintres romantiques⁴⁴⁴.

1.2. Les nouvelles approches scientifiques de la montagne.

Si la mutation de leur perception artistique et littéraire avait fait naître un intérêt durable pour les montagnes dans les milieux cultivés, ce fut surtout l'essor au 19^e siècle de nouvelles approches scientifiques qui influencèrent le développement d'une cartographie spécifique de la haute montagne. Dominée au 18^e siècle par les travaux de philosophes, figures typiques du siècle des Lumières qui mêlaient dans leur récit relations littéraires et descriptions scientifiques, la découverte scientifique de la montagne se développa d'abord à travers des recherches théoriques sur l'orogénèse, menées à la fois par des géographes de cabinet travaillant sur des sources indirectes et par les premiers géologues parcourant directement le terrain. Ce ne fut qu'au 19^e siècle que se généralisa une approche basée sur l'observation et l'étude détaillées du terrain, d'abord dans la glaciologie alpine qui connaissait un développement rapide, puis dans la géographie physique, dominée à la fin du siècle par la géomorphologie.

1.2.1. Les nouvelles conceptions scientifiques de l'orogénèse.

1.2.1.1. Plutonisme, neptunisme, géographie théorique : la montagne vue par les philosophes et les géographes de cabinet.

Comme pour leur représentation artistique, la découverte scientifique des montagnes ne commença pas sur le terrain même. Les premiers systèmes orographiques étaient l'œuvre de savants ou géographes de cabinet qui les englobaient dans leurs essais d'explication du monde. Les mécanistes voyaient dans la surface de la terre un champ de ruines issu de phénomènes géologiques. Le cartésianiste anglais Thomas Burnet (1635-1715) tenta de concilier science et religion dans sa *Telluris theoria sacra* (1681), en présentant la vision catastrophiste d'une création de la terre en sept étapes exécutée selon les plans de Dieu. Dans sa *Protogæe* (publiée seulement en 1749), Leibniz (1646-1716) supposait que la Terre était un ancien corps incandescent et que le feu primitif avait formé les grandes inégalités de la surface terrestre. Ces idées, reprises par Buffon qui ouvrit son *Histoire Naturelle* par une *Théorie de la Terre* en 1749, formaient la base théorique du *plutonisme*. Le *neptunisme*, formalisée par Abraham Werner (1750-1817), considérait au contraire que l'eau et la mer étaient à l'origine des formations géologiques par dépôts successifs de strates à partir d'un océan originel. L'opposition entre les deux théories se cristallisa autour de la querelle emblématique sur la nature du basalte : sédiment aqueux ou ancienne lave.

Le premier système orographique cohérent indépendant d'une théorie géologique plus générale fut formulé par Philippe Buache (1700-1773) dans son *Essai de géographie physique* présenté le 15 novembre 1752 à l'Académie des sciences. Il y développait l'idée que les montagnes formaient une suite continue se prolongeant sous les mers et qu'elles constituaient la charpente de la terre. En mettant en relation chaînes de montagne et fleuves, il débouchait sur la notion de bassins séparés par des lignes de crête. Palliant par la logique

⁴⁴⁴ Sur l'iconographie, voir *Mont-Blanc, conquête de l'imaginaire. Op. cit.*

de sa théorie à la connaissance limitée des régions montagneuses, il utilisait les indices que fournissaient les rivières pour déterminer la position des chaînes, plaçant parfois des reliefs fictifs sur les lignes de partage des eaux. Il dressa de nombreuses cartes, parmi lesquelles sa fameuse *Carte physique ou géographique naturelle de la France, divisée par chaînes de montagnes et aussi par terrains de fleuves et rivières*, présentée manuscrite à l'Académie en 1744 et 1752, puis publiée en 1770.

1.2.1.2. La géologie et l'essor des études de terrain.

L'étude du relief directement sur le terrain débuta vraiment avec les études géologiques plus locales qui se développèrent dans la deuxième moitié du 18^e siècle. Jean-Etienne Guettard (1715-1786), auteur en 1746 de la première carte géologique, mit en évidence les volcans éteints d'Auvergne. Surtout, l'abbé Jean-Louis Giraud-Soulavie étudia le Vivarais en 1752-1756 dans l'esprit de la doctrine actualiste qui s'épanouissait à l'époque en France et en Italie⁴⁴⁵ : il réalisa la première coupe géologique dans son *Histoire naturelle de la France méridionale* (1781). Le Vénitien Giovanni Arduino (1714-1795) décomposa en 1760 le Vicentin en quatre ordres : les montagnes primaires et secondaires, les collines tertiaires et les alluvions des plaines. Tous ces savants pratiquaient une science géologique moins théorique, basée sur l'étude détaillée du terrain, au sein de laquelle se développa l'analyse de la forme et de l'évolution du relief terrestre, qui posa au cours du 19^e siècle les fondations d'une discipline autonome : la géomorphologie.

1.2.1.3. Fluvialisme et uniformitarisme : aux origines de la géomorphologie.

La naissance de la géomorphologie comme discipline autonome, indépendante de la géologie et de la géographie, est généralement rattachée à l'approche systématique des formes du terrain formulée par W. M. Davis dans les années 1880. Mais son émergence théorique est fixée par la plupart des historiens de la discipline, et par Davis lui-même, à l'œuvre de James Hutton, *Theory of the Earth* (1795, deux tomes), diffusées principalement dans la présentation plus structurée qu'en donna John Playfair dans ses *Illustrations of the Huttonian Theory of Earth* (1802)⁴⁴⁶.

Sans véritablement formuler de théorie générale, Hutton croyait que l'exposition prolongée d'une surface du terrain à l'action de la pluie et des cours d'eau produisait les montagnes, les collines et les vallées. Cette approche, qualifiée de *fluvialiste*, reprenait des idées avancées par le géographe anglais Nathanael Carpenter dès 1625⁴⁴⁷ et par de nombreux géologues actualistes français au cours du 18^e siècle (Gautier, Boulanger, Desmarest entre autres)⁴⁴⁸. Mais Hutton proposait une théorie originale de l'orogénèse

⁴⁴⁵ La doctrine actualiste postulait que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé.

⁴⁴⁶ DEAN Dennis R.. James Hutton's role in the history of geomorphology. In TINKLER K. J. éd. *History of Geomorphology, from Hutton to Hack*. Boston : Unwin Hyman, 1989, p. 73-84.

⁴⁴⁷ WERRITY Alan. Geomorphology in the UK. In WALKER H.J. éd., GRABAU W.E. éd. *The Evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development*. New York : John Wiley & Sons, 1993, p. 458.

⁴⁴⁸ ELLENBERGER François. Les Méconnus : eighteenth century French pioneers of geomorphology. In *History of Geomorphology, op. cit.*, p. 11-36.

cyclique, selon laquelle le relief global était finalement restauré après son érosion totale⁴⁴⁹. Il fut tardivement désigné comme le premier à avoir formulé la théorie de l'*uniformitarisme*, dérivée de l'actualisme, qui envisageait les phénomènes géologiques comme les résultats d'actions cumulatives et lentes encore observables dans le monde contemporain⁴⁵⁰. Il s'opposait ainsi au *catastrophisme*, dans lequel l'état actuel de la Terre était le résultat de catastrophes extrêmement épisodiques, brèves et courtes, comme le Déluge.

Mais le neptunisme resta la théorie géologique dominante jusqu'aux environs de 1815. A ce moment, sa remise en cause confirma et renforça de nombreuses théories huttoniennes, mais elle entraîna surtout un scepticisme géologique qui se traduisit par une accumulation désintéressée de faits géologiques, sans effort de théorisation. La fascination des romantiques pour les phénomènes grandioses de la nature favorisa le succès de la théorie catastrophiste de Cuvier, plus générale et moins dogmatique dans l'opposition entre plutonisme et neptunisme. Cependant, les théories huttoniennes servirent à de nombreuses investigations géologiques plus spécifiques, notamment sur l'origine des vallées, la signification géologique des volcans, l'efficacité de l'érosion, ou l'importance topographique de l'élévation.

Dans ses travaux, Charles Lyell reprit une grande partie des théories huttoniennes, mais il insista plus sur l'uniformitarisme, c'est-à-dire l'uniformité et l'identité des causes géologiques passées et présentes, que sur les cycles de destruction et création postulés par Hutton. De nombreux savants acceptèrent l'idée d'un temps géologique immense et de la continuité de changements géologiques incessants, mais la plupart rejeta l'hypothèse de l'uniformité des forces géologiques en œuvre. Lyell échoua d'ailleurs à proposer une théorie générale qui engloberait tous les phénomènes géologiques. Le fluvialisme radical, pour lequel la seule action géologique importante était l'érosion diluvienne, était systématiquement mis en cause par certains phénomènes bien décrits mais inexplicables, comme les vallées sèches des Chalklands.

L'absence d'un paradigme de remplacement favorisa la stagnation de la théorisation en géologie, jusqu'à ce que de nouveaux éléments furent produits en faveur du fluvialisme par une discipline en plein renouvellement dans les années 1820 : la glaciologie. Elle constitue par ailleurs – et c'est en cela qu'elle m'intéresse le plus – un exemple particulièrement révélateur des rapports entre science et cartographie à l'époque contemporaine.

1.2.2. La glaciologie alpine, modèle des rapports entre science et cartographie.

1.2.2.1. Les philosophes naturalistes et la glaciologie.

Au 18^e siècle, les premières approches scientifiques de la montagne qui ne soient pas seulement théoriques, mais aussi fondées sur des observations de terrain, se développèrent

⁴⁴⁹ François Ellenberger souligne que des conceptions similaires ne se trouvent que chez les actualistes français Gauthier et Boulanger, dont les travaux ne furent jamais publiés et que Hutton ne connaissait probablement pas. *Ibid.*

⁴⁵⁰ Les temporalités envisagées étaient très nettement supérieures à la durée d'une vie humaine. Hutton remettait ainsi en cause la chronologie traditionnelle de l'évêque Usher, qui avait calculé, au 14^e siècle, que, d'après les faits relatés dans la Bible, quatre mille quatre ans séparaient le premier jour de la Genèse de la naissance de Jésus.

au sein de deux disciplines, la minéralogie et la « glaciologie »⁴⁵¹. Alors que la première s'épanouit essentiellement dans les Pyrénées⁴⁵², la deuxième se développa uniquement dans les massifs alpins suisse et français. Dans une certaine mesure, l'étude des glaciers alpins resta même longtemps peu orientée vers la réflexion théorique et la construction de système explicatif. Les premiers « glaciologues » – tout comme les minéralogistes – étaient principalement des philosophes, figures typiques du siècle des Lumières qui étaient à la fois hommes de lettres, excursionnistes, savants dans des disciplines diverses, parfois hommes politiques. Les premières descriptions scientifiques des glaciers se firent ainsi dans des récits de voyage, mélange de guides, d'ouvrages de science et de relations littéraires préromantiques du sentiment de la nature. Dans la tradition naturaliste dominante, l'aspect scientifique de ces études se consacrait surtout à la description et à la classification des objets et phénomènes naturels observés. Leurs auteurs ne proposaient que rarement des explications ou des interprétations théoriques, se contentant le plus souvent de soulever quelques idées générales sur les origines de ces phénomènes.

Les travaux de Pierre Martel constituent l'exemple fondateur de ce type de littérature scientifique. Ingénieur géographe, mathématicien et fabricant d'instruments d'optique suisse, Pierre Martel fut l'un des premiers touristes à visiter la région du Mont Blanc à la suite de l'excursion de Windham au Montanvers en 1741. Dans son croquis topographique représentant *Le Cours de l'Arve contenant le plan des glacières de Chamouny et des plus hautes montagnes*⁴⁵³, il ne fut pas seulement le premier à adopter le toponyme « Mont Blanc » pour la plus haute montagne de la région⁴⁵⁴, mais il donna aussi la première description scientifique des grands glaciers savoyards, exprimant l'idée d'une mer de glace unique qui alimenterait tous les glaciers d'un massif. Scheuchzer avait déjà décrit des glaciers dans ses *Itinera* (1709 et 1723), mais sans adopter l'approche systématique de Martel. Il avait par contre attribué le mouvement des glaciers à la poussée provoquée par l'augmentation de volume de l'eau qui regelait entre la glace et le rocher – une théorie qui se développa plus tard sous le nom de théorie de la dilatation.

Au cours du 18^e siècle, de nombreux ouvrages se consacrèrent à la description des glaciers. Les plus connus – et les plus étudiés par les historiens – demeurent ceux qui s'éloignèrent de la simple description pour proposer une approche théorique générale. Le naturaliste suisse Gottlieb-Sigmund Gruner (1717-1778) publia ainsi en 1760 *Die Eisgebürge des Schweizerlandes*⁴⁵⁵, dans lequel il présentait la première classification des glaciers, basée sur sa seule connaissance des glaciers de l'Öberland. Il définissait surtout les grands problèmes de l'étude scientifique du phénomène glaciaire : types, origines, mouvements et extension mondiale des glaciers. En opposition avec l'hypothèse de Scheuchzer, il soutint l'explication du mouvement des glaces par la seule action de la

⁴⁵¹ L'étude des glaciers ne portait pas de nom spécifique avant le début du 20^e siècle : d'après le *Trésor de la Langue Française*, le terme « glaciologie » apparut pour la première fois dans le *Nouveau Larousse Illustré* en 1901. Pour plus de clarté et de lisibilité, j'utiliserai parfois ces termes de façon anachronique en les plaçant entre guillemets.

⁴⁵² A la suite des botanistes, les minéralogistes se mirent à parcourir de façon systématique la chaîne pyrénéenne à partir du dernier quart du 18^e siècle. Parmi les principaux minéralogistes pyrénéens, citons l'abbé Pierre-Bernard Palassou, le baron Ramond de Carbonnières, véritable fondateur du pyrénéisme, et son disciple François Pasumot.

⁴⁵³ MARTEL Pierre. *An account of the Glaciers or Ice Alps in Savoy*. Edition anglaise d'un manuscrit en français. Londres : [sn], 1744. *Le Cours de l'Arve contenant le plan des glacières de Chamouny et des plus hautes montagnes*. 1 planche.

⁴⁵⁴ L'effet de son choix toponymique fut singulièrement limité par la diffusion très confidentielle de son ouvrage.

⁴⁵⁵ Traduit en français en 1770 sous le titre : *Histoire naturelle des glacières de Suisse*.

gravité. Sa théorie fut reprise par l'homme politique genevois André-César Bordier qui, dans la relation de son *Voyage pittoresque aux glaciers de Savoie* (1773), formula la première théorie de la dynamique glaciaire. Il définit surtout, en les distinguant définitivement, les termes de *glacier*, « un amas de glace qui se dégorge dans la plaine », et de *glacières*, « les hautes montagnes d'où partent ces glaces »⁴⁵⁶.

Mais le plus célèbre des savants à s'être intéressé aux glaciers reste Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), fondateur de la géologie alpine et artisan de la conquête du Mont Blanc. Professeur à l'Académie de Genève, il se mit très tôt à parcourir les montagnes, dont il dressa dans ses *Voyages dans les Alpes* (Neuchâtel, 1779-1796) un tableau général détaillé, encore dominé par le point de vue naturaliste. Dans le domaine de l'étude des glaciers, il clarifia le vocabulaire, en adoptant par exemple les mots savoyards *moraine* et *sérac*, et en distinguant les glaciers de vallée et de plateau. Il proposa quelques explications sur l'origine de la glace et la structure interne d'un glacier, propagea l'idée d'une dynamique glaciaire liée à la gravité comme Bordier et Gruner, et rejeta assez tôt l'hypothèse d'une mer glaciaire unique. Mais plus encore que ses prédécesseurs, il conserva une approche naturaliste de recensement, description et classification, sans jamais proposer de conceptions générales – au point que Buffon lui reprocha de ne jamais conclure. Cependant, sa popularité fut immense dans les milieux cultivés et savants de l'Europe de la fin du 18^e siècle, et il joua un rôle crucial dans le développement de l'intérêt pour les Alpes après son ascension victorieuse du Mont Blanc.

1.2.2.2. Forbes, Tyndall et l'étude physique des glaciers.

Dans la première moitié du 19^e siècle, l'étude des glaciers était toujours animée par la controverse fondamentale sur leur mouvement, qui opposait les partisans de la seule action de la gravité aux partisans d'une dilatation causée par le regel. Cette seconde théorie avait été particulièrement développée dans les *Etudes sur les Glaciers* (1840)⁴⁵⁷ de Jean Louis Rudolphe Agassiz (1807-1873)⁴⁵⁸, un des fondateurs de l'« Hôtel des Neuchâtelois », un abri construit en 1840 sous une table glaciaire de l'Unteraar, dans l'Öberland bernois⁴⁵⁹. La controverse ne fut finalement tranchée qu'après les expériences physiques menées par le savant écossais James David Forbes (1809-1868).

Professeur de philosophie naturelle à Glasgow, Forbes avait déjà effectué plusieurs voyages dans les Alpes d'intérêt uniquement météorologique et géologique, quand il rencontra Agassiz lors d'une série de conférences donné par ce dernier en Grande-Bretagne en 1840⁴⁶⁰. Comme le souligne Cunningham⁴⁶¹, après une rapide initiation à l'étude des glaciers lors d'un séjour à l'Hôtel des Neuchâtelois, Forbes passa en l'espace d'une année (1841-1842) d'un désintérêt total pour la glaciologie à une approche originale qui fit de lui

⁴⁵⁶ Cité dans *Images de la montagne. Op. cit.*, p. 29.

⁴⁵⁷ AGASSIZ Jean Louis Rudolphe. *Etudes sur les glaciers*. Neuchâtel : [chez l'auteur], 1840.

⁴⁵⁸ CUNNINGHAM Frank F James David Forbes on the Mer de Glace in 1842 : early quantification in glaciology. In *History of Geomorphology, op. cit.*, p. 111.

⁴⁵⁹ LLIBOUTRY Louis. *Traité de Glaciologie*. T.1. *Glace, Neige, Hydrologie Nivale*. Paris : Masson & Cie, 1964, p. 7.

⁴⁶⁰ Pour une biographie détaillée, voir : ADAMS-REILLY A., GUTHRIE Peter, SHAIRP John Campbell. *Life and letters of James David Forbes*. Londres : Macmillan, 1873, 578 p. ; CUNNINGHAM Frank F. *James David Forbes : Pioneer Scottish Glaciologist*. Edimbourg : Scottish Acad. Press, 1990.

⁴⁶¹ CUNNINGHAM Frank F. James David Forbes on the Mer de Glace in 1842. *Op. cit.*, p. 109-111.

le plus important glaciologue anglais⁴⁶². A la suite d'une controverse sur la nature de ce qu'ils appelaient les « ice-structure »⁴⁶³, Forbes et son (très bref) mentor Agassiz cessèrent toute communication dès 1842. Les travaux postérieurs de Forbes accentuèrent l'opposition entre les deux hommes, puisqu'ils permirent une remise en cause radicale de la théorie de la dilatation.

L'influence de Forbes sur l'étude des glaciers fut considérable. Dans la tradition de l'empirisme anglo-saxon, il apporta surtout un changement méthodologique majeur en menant les premières études physiques quantitatives sur le mouvement des glaciers⁴⁶⁴. Pendant l'été 1842, il effectua une triangulation détaillée de la Mer de glace afin d'en étudier le mouvement et d'en dresser une carte. Il compléta ses observations de terrain par des expérimentations en laboratoire. Dans son ouvrage devenu classique, *Travels through the Alps of Savoy* (1843)⁴⁶⁵, Forbes rejetait définitivement la théorie de la dilatation et proposait une nouvelle version de la théorie de la gravité, dans laquelle le mouvement glaciaire était provoqué par l'action conjointe de la gravité et d'une lubrification par l'eau libre à la base du glacier. Il comparait aussi la glace à une substance plastique⁴⁶⁶, qui s'étendait ou se compressait en fonction du mouvement pour s'adapter à la course du glacier et aux irrégularités de son lit, les crevasses apparaissant quand l'extension était trop importante.

Malgré une santé déclinante, qui l'empêcha de mener de nouvelles expériences, Forbes resta jusqu'à sa mort en 1868 le principal glaciologue anglais, même si son œuvre théorique fut l'objet de critiques continues de la part d'Agassiz et de ses disciples. Contrairement à ceux-ci, John Tyndall appuya ses critiques sur le même type d'études physiques quantitatives que Forbes avait utilisées. Son opposition à la théorie du mouvement glaciaire de Forbes reposait sur l'absence dans la glace de force de tension susceptible de s'exercer sur le lit et les flancs du glacier. Elle convainquit l'opinion scientifique jusqu'à ce que les physiciens démontrent dans les années 1880 que la glace avait une force de tension considérable. L'influence de Forbes sur la glaciologie resta cependant prépondérante jusqu'au début du 20^e siècle : selon moi, la formalisation de la discipline autour de l'application de la physique et des mathématiques à l'étude du mouvement glaciaire à cette époque était encore un héritage de l'orientation prise par Forbes dès 1842.

1.2.2.3. Glaciologie et cartographie, un rapport unilatéral.

⁴⁶² Au terme de sa rapide initiation, Forbes publia en 1842 une étude critique des théories glaciaires contemporaines, basée sur l'étude des textes d'Agassiz, Charpentier, Hugi, Necker, Rendu et Venetz : FORBES James David. *On Glacier Theory*. *Edinburgh Review*, 1842, 80, p. 49-105.

⁴⁶³ Des laminations droites, parallèles et verticales, se répétant en bandes alternées de glace bleue et dure et de glace blanche et douce.

⁴⁶⁴ Des observations ponctuelles avaient déjà été effectuées, à la faveur de la découverte fortuite d'objets abandonnés par des montagnards, et Hugi avait effectué entre 1827 et 1836 les premières mesures de vitesse annuelle, mais Forbes fut le premier à tirer des conclusions de ses expériences.

⁴⁶⁵ FORBES James David. *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the Pennine chain, with observations on the phenomena of glaciers*. Edimbourg : A. and C. Black, 1843, 424 p.

⁴⁶⁶ L'hypothèse de la plasticité de la glace avait déjà été avancée, sans être prouvée, par Bordier en 1773, puis par le chanoine Rendu en 1841, avec lequel Forbes entretenait une correspondance.

Au 18^e siècle, les premiers savants qui se consacrèrent à l'étude des glaciers montrèrent rapidement un intérêt pour la représentation cartographique des régions qu'ils parcouraient⁴⁶⁷. Dès 1744, le récit de voyage de Pierre Martel était accompagné d'un croquis topographique, tout comme l'étude détaillée de Gruner en 1760. Le *Voyage* de Saussure contenait également une *Carte du lac de Genève et des montagnes adjacentes* assez générale et une *Carte de la partie des Alpes qui avoisine le Mont-Blanc* à l'échelle approximative du 1 : 100 000, toutes deux dressées par Jean-Louis Pictet en 1786. Si Martel utilisait une projection horizontale, soulignant le relief par quelques hachures, les autres cartes de « glaciologues » conservaient un mode de représentation traditionnel. Les cartes de Pictet se concentraient ainsi sur la représentation des vallées et des cours d'eau, figurant simplement les montagnes en perspective suggestive, ombrées par un éclairage venant de l'ouest, mais sans véritable différenciation entre les profils.

Les historiens de la cartographie alpine reconnaissent généralement à ces diverses cartes une influence considérable sur la fixation de la toponymie des Alpes du nord⁴⁶⁸ : elles corrigèrent, complétèrent et précisèrent le corpus de noms utilisés, marquant entre autre l'adoption définitive du toponyme « Mont Blanc » pour désigner le plus haut sommet des glaciers de Chamonix. Si leur toponymie plus détaillée soulignait la connaissance topographique accrue de la région, ces cartes m'apparaissent aussi fondamentales dans la mise en place des rapports entre la science et la cartographie. En effet, chacune reflétait précisément dans son dessin même les connaissances et les hypothèses adoptées par son auteur ou commanditaire. La carte de Martel représentait ainsi une « Grande vallée de glace » qui traversait toute la chaîne, expression cartographique de sa théorie de la mer glaciaire unique reliant tous les glaciers d'une région. Alors que Saussure avait déjà rejeté cette hypothèse à l'époque de la publication de ses *Voyages*, les cartes de Pictet la reprenaient explicitement : sur la plus générale, le Mont Blanc se trouvait au centre d'un unique système glaciaire, alors que sur la plus détaillée, deux ensembles glaciaires différents étaient représentés, l'un centré sur le Mont Blanc, l'autre s'étendant entre Argentière et Trient, formant un immense réservoir alimentant les glaciers secondaires.

Ces cartes étaient uniquement envisagées comme des illustrations des connaissances et des théories topographiques ou glaciaires, dans une conception analogue aux cartes illustrant les récits d'excursion, telle la carte-croquis de la *Description des Alpes Pennines et Rhétienne* (1781) de Bourrit. Elles n'étaient jamais conçues comme la description détaillée d'une région pouvant servir de support à une étude scientifique : j'interprète d'ailleurs l'utilisation de la perspective cavalière comme le témoignage d'un intérêt limité aux glaciers et à la toponymie, excluant la structure des montagnes elles-mêmes. Il est très révélateur que la seule carte détaillée et à proprement parler *topographique* de la région du Mont Blanc ait été réalisée par l'ingénieur géographe Raymond – même si ce fut en dehors du cadre officiel⁴⁶⁹ : la *Carte physique et minéralogique du Mont Blanc et des Montagnes et Vallées qui l'avoisinent* (1815, 1 : 90 000) utilisait une représentation en projection horizontale et

⁴⁶⁷ Dans les Pyrénées, les minéralogistes dressèrent bien quelques cartes à petite échelle, comme celles de Ramond au 1 : 350 000 ou au 1 : 1 000 000, mais la cartographie de la chaîne resta longtemps la chasse gardée des militaires.

⁴⁶⁸ Voir notamment : ALIPRANDI, *La Découverte du Mont-Blanc. Op. cit.*, p. 43 ; *Images de la montagne, Op. cit.*

⁴⁶⁹ Raymond avait été chargé de dresser une carte de la Savoie à partir des plans parcellaires des communes commencés en 1728, mais, n'ayant pas retrouvé toutes les triangulations effectuées, il n'avait pu fournir qu'une esquisse au 1 : 200 000. Il fut renvoyé du bureau topographique de la Savoie (fondé en 1802) à la suite de démêlés avec le Dépôt de la Guerre, qui l'accusait notamment de retarder les travaux pour éviter une concurrence à sa carte générale des Alpes en cours de gravure à Paris. *Images de la montagne. Op. cit.*, p. 52.

en hachures du relief, sur laquelle s'ajoutaient quelques courbes de niveau et même des cotes d'altitudes.

Les travaux de Forbes confirment mon hypothèse d'un rapport unilatéral entre la science et la cartographie, les savants ne concevant la carte que comme un médium pour communiquer les résultats de leurs recherches. Pour étudier le mouvement de la Mer de glace, Forbes en exécuta une triangulation détaillée au cours de l'été 1842 : à partir d'une base de mille yards mesurée dans la vallée entre les Praz et les Tines, il détermina au théodolite⁴⁷⁰ un certain nombre de points en utilisant l'altitude du Montanvers comme référence⁴⁷¹. En plus de ses études glaciologiques, Forbes utilisa sa triangulation pour dresser une carte de la Mer de glace, d'abord publiée au 1 : 25 000 dans ses *Travels through the Alps of Savoy*⁴⁷², puis séparément dans une deuxième édition au 1 : 50 000, mise à jour par de nouvelles observations effectuées en 1844, 1846 et 1850, sous le titre de *Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining district* (1855)⁴⁷³.

La carte de Forbes marquait certes une rupture avec les précédentes cartes de « glaciologues ». Il s'agissait d'une véritable carte topographique, basée sur des mesures du terrain, qui rompait avec la représentation en perspective cavalière et adoptait un point de vue strictement vertical. Le relief était représenté par des hachures figuratives, avec un soin particulier pour les zones rocheuses ; les accidents glaciaires étaient presque tous figurés par de courtes hachures sur un lavis bleuté. Cette carte donnait ainsi pour la première fois une représentation détaillée d'une zone limitée du massif : adoptée par les premiers ascensionnistes, elle servit de référence aux premières cartes du massif du Mont Blanc destinées aux touristes⁴⁷⁴. Pour autant, elle ne remettait pas en cause les rapports entre science et cartographie : si Forbes avait utilisé une triangulation pour obtenir des mesures scientifiques du déplacement du glacier, il n'utilisa jamais la carte elle-même comme base de sa réflexion. Au contraire, elle constituait encore une illustration de ses théories – même si elle fut reconnue par d'autres comme une représentation topographique du glacier à part entière. Le traitement de ce qui fut par la suite appelée les « bandes de Forbes » est particulièrement révélateur : dans les zones où s'observaient ces marques sombres, que Forbes appelait « dirt bands » et pour lesquelles il fournit une explication encore reconnue aujourd'hui⁴⁷⁵, la seule indication du relief était des courbes s'étirant en forme d'ogive qui représentaient les bandes, mettant ainsi en valeur l'une des théories de Forbes.

⁴⁷⁰ Même s'il s'agissait bien d'un théodolite, Forbes n'employait jamais ce terme pour désigner son instrument qu'il définissait comme un cercle astronomique de Kater à cercles horizontal et vertical, construit spécialement pour lui par Robinson : « The instrument on which I chiefly depended, as well for the determination of the movement of the glacier as for its triangulation, was a Kater's astronomical circle, made for me by the late Mr. Robinson. It is of the larger size of such instruments, having both the horizontal and vertical circles of four and a half inches diameter, the former with three microscopes and verniers, the latter with two. » FORBES James David. *Travel through the Alps of Savoy. Op. cit.*, p. 100

⁴⁷¹ *Ibid.*, p. 99-100.

⁴⁷² FORBES James David, JOHNSTON W. et A.K. Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining mountains. In FORBES James David, *Travel through the Alps of Savoy. Op. cit.* 1 feuille. Echelle 1 : 25 000. 1 couleur. Dessinée et gravée par W. et A.K. Johnston à partir des levés et des schémas de Forbes. Corpus : feuille id 1953.

⁴⁷³ FORBES James David. *Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining district*. Edimbourg : A. & C. Black, 1855. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000. 2 couleurs (noir et bleu). Corpus : feuille id 1946.

⁴⁷⁴ Voir infra, partie 2, chapitre 2.1.1.1.

⁴⁷⁵ Selon Forbes, elles indiquaient l'accumulation de débris dans les crevasses sous les bandes.

Ce rapport particulier et unilatéral entre la science et la cartographie, dans lequel la carte ne servait que de support à la communication de théories scientifiques, ne fut pas seulement illustré dans le domaine de l'étude des glaciers. L'affirmation de la géomorphologie à la fin du 19^e siècle le généralisa au cœur même du processus cartographique, en faisant de l'interprétation topologique une base de la représentation topographique du terrain.

1.2.3. De la géomorphologie à la topologie appliquée à la cartographie.

1.2.3.1. L'apparition de la géomorphologie à la fin du 19^e siècle.

Le développement de la glaciologie entre 1820 et 1850 entraîna la formulation d'un ensemble de théories qui remettait en cause les objections traditionnelles au fluvialisme. A la suite des travaux de Louis Agassiz, de nombreux géologues furent convaincus qu'un âge glaciaire relativement récent était responsable des phénomènes géologiques jusque-là attribués à des catastrophes. Robert Jameson et William Buckland expliquèrent ainsi une partie du relief anglais par l'action d'anciens glaciers. L'érosion fluviale fit l'objet de nouveaux travaux dans les années 1850, et des études de la géologie des Etats-Unis fournirent des exemples particulièrement probants de l'efficacité de l'érosion éolienne⁴⁷⁶. Les géologues écossais Ramsay et Geikie publièrent une série d'ouvrages appliquant les analyses fluvialiste et glaciaire aux formes du terrain, dans laquelle ils attribuaient l'origine de ces théories à Hutton⁴⁷⁷.

L'apparition du terme « morphologie » dans le vocabulaire géologique fut contemporain de cette réaffirmation des thèses huttoniennes : la première occurrence connue se trouve dans un manuel de géologie de Karl Frederich Naumann publié en 1850-1854, où, reprenant un terme introduit dans le vocabulaire scientifique par Goethe, il parlait de « morphologie de la surface terrestre ». Mais la première utilisation du terme *géomorphologie* en référence à l'origine et au développement des formes de la surface terrestre est généralement attribuée à Penck, même si la plupart des géologues actuels reconnaissent William M. Davis comme le véritable fondateur de cette discipline.

Le début des recherches géomorphologiques de Davis date des années 1880. S'éloignant des études de cas que menaient tous les géologues américains de l'époque, Davis s'orienta immédiatement vers une tentative d'interprétation globale du développement de la surface terrestre. Bien que ses travaux sur le sujet s'étalent de 1884 à 1934, il formula son concept des cycles géographiques (« geographic cycle ») pour la première fois en 1899. Celui-ci reposait sur l'idée que les variations climatiques produisaient les paysages différents, mais que la tectonique pouvait « remettre l'horloge à zéro »⁴⁷⁸. La simplicité de son modèle conceptuel explique sans doute son rapide succès international. Si l'objet de la géomorphologie resta enseigné jusqu'à la fin du 19^e siècle au sein de la géologie ou de la géographie physique, les travaux de Davis fixaient un cadre conceptuel et une terminologie

⁴⁷⁶ Dans le cadre des recherches du United States Geological Survey (USGS), qui s'occupait non seulement de géologie mais aussi de la réalisation de cartes topographiques, J.W. Powell et G.K. Gilbert fournirent par exemple des descriptions détaillées des paysages de l'ouest américain, dans lesquels les exemples d'érosion éolienne étaient nombreux.

⁴⁷⁷ DEAN Dennis R. James Hutton's role in the history of geomorphology. *Op. cit.*, p. 80.

⁴⁷⁸ Pour une étude détaillée de l'œuvre de Davis, voir le classique CHORLEY R.J., BECKINSALE R.P., DUNN A.J. *The History of the study of landforms or the Development of geomorphology*. Vol. 2. *The Life work of William Morris Davis*. Londres : Methuen and Co, 1973, 874 p.

plus ou moins normalisée pour la description et l'étude des formes du terrain, posant les fondations d'une nouvelle discipline indépendante⁴⁷⁹.

Si dans de nombreux écrits, Davis affirma la filiation de la géomorphologie avec les œuvres de Hutton et Playfair, installant durablement Hutton comme le précurseur légendaire de la discipline – puisqu'il n'était que rarement lu dans le texte –, il reconnaissait aussi dans l'œuvre du géographe Carl Ritter un changement fondamental pour la géographie en tant que science. En s'émancipant des thèses catastrophistes et en adoptant la théorie uniformitariste, celui-ci aurait marqué dès 1858 l'alliance entre la géographie et la géologie.

Pourtant, si une « nouvelle » géographie⁴⁸⁰ se développa effectivement à la fin du 19^e siècle avec une préférence pour la géographie physique, ce fut plus dans la tradition des travaux de Humboldt que de ceux de Ritter.

1.2.3.2. La « nouvelle » géographie.

Les historiens de la géographie considèrent Alexander von Humboldt (1769-1859) et Carl Ritter (1779-1859) comme les fondateurs de la géographie en tant que discipline autonome. Par leur effort de synthèse, leurs travaux marquaient la fin de la période dite classique, en même temps qu'ils marquaient le début de la période dite moderne par l'affirmation de deux principes fondamentaux : la *solidarité du monde physique*, selon lequel tous les éléments géographiques doivent être considérés comme interdépendants – un principe surtout présent chez Humboldt ; et la *géographie comparée*, selon lequel tout phénomène doit être comparé aux phénomènes de même nature se retrouvant dans le reste du monde – surtout présent chez Ritter⁴⁸¹.

Malgré la faveur de Davis pour Ritter – en partie due à l'adoption partielle et tardive des théories huttoniennes par Humboldt⁴⁸² –, le développement d'une « nouvelle » géographie dans l'Allemagne des années 1870 se fit surtout sous l'influence prépondérante des travaux de Humboldt. Ferdinand von Richthofen fut la figure principale de ce renouveau : sous l'impulsion du développement des universités comme lieu de recherche et en rupture avec l'héritage classique de Ritter, il définit la géographie dans une perspective humboldtienne comme l'étude principale des phénomènes en interrelation sur la surface terrestre, en commençant par les phénomènes physiques mais dans l'objectif final d'analyser les relations des hommes avec l'environnement physique⁴⁸³.

Suivant le même schéma qu'en Allemagne, marqué par la prédominance d'une figure fondatrice, la « nouvelle » géographie se développa rapidement en France, puis dans d'autres pays européens et aux Etats-Unis, mais dans des perspectives très différentes selon l'héritage culturel national. En France, l'influence de Philippe Buache resta dominante

⁴⁷⁹ VITEK John D., RITTER Dale F. Geomorphology in the USA. In *The Evolution of geomorphology, op. cit.*, p. 474-475.

⁴⁸⁰ Je laisse l'adjectif *nouvelle* entre guillemets parce que cette approche de la géographie ne fut jamais officiellement qualifiée de « nouvelle » et qu'elle se développa dans des perspectives très différentes selon le pays, sans former une école unique, même si certaines caractéristiques étaient partagées.

⁴⁸¹ MARTIN Geoffrey J., PRESTON E. James. *All possible worlds. A history of geographical ideas*. 3^e édition. New York : John Wiley & Sons, 1993, p. 113-132.

⁴⁸² Au début de sa carrière, Humboldt défendait les théories neptuniennes de Werner, qui formèrent en grande partie sa vision de la géographie. DEAN Dennis R. James Hutton's role in the history of geomorphology. *Op. cit.*, p. 80-82.

⁴⁸³ MARTIN Geoffrey J., PRESTON E. James. *All possible worlds. Op. cit.*, p. 162-167.

jusqu'au milieu du 19^e siècle, malgré de nombreuses oppositions⁴⁸⁴, au point qu'en 1827, l'officier Denaix décrivait encore la géographie française avec des bassins de drainage bordés par des montagnes comme l'avait fait Buache⁴⁸⁵. Absente des universités dans lesquelles les chaires de géographie des facultés de lettres étaient occupées par des historiens, la géographie était considérée comme une discipline utilitaire et descriptive, sans fondement méthodologique, séparée distinctement de la géologie et de son esprit de système – d'ailleurs enseignée dans les facultés de sciences. Mais comme dans bien d'autres domaines, la guerre franco-prussienne de 1870 provoqua un sursaut de patriotisme scientifique. Jusqu'à la fin du siècle, une « nouvelle » géographie se développa en France sous l'influence majeure de Paul Vidal de la Blache, qui devint en 1898 le premier géographe à occuper la chaire de géographie de la Sorbonne créée en 1809 – une disposition qui fut suivie par une augmentation rapide des postes de géographes dans les autres universités françaises.

En France, la « nouvelle » géographie ne se développa pas sur une opposition systématique entre géographie physique et géographie humaine. La pensée vidalienne s'inscrivait dans une étude précise des relations entre l'homme et son milieu physique dans des régions limitées : selon lui, la nature fixait les limites et offrait les possibilités de colonisation des hommes, mais la façon dont ceux-ci réagissaient et s'ajustaient à ces conditions dépendaient de leur *genre de vie* traditionnel. La conception vidalienne de la géographie se développa ainsi sans se soucier véritablement de définir la géographie comme un champ unique ou multiple, en particulier avec les disciples précoces que furent Jean Brunhes en géographie humaine et Emmanuel de Martonne en géographie physique.

1.2.3.3. La géomorphologie en France.

Avant que ne s'impose l'influence fondamentale d'Emmanuel de Martonne, une tradition géomorphologique solide existait déjà en France. Le géologue Emmanuel de Margerie et le topographe Gaston-Ovide de la Noë avaient rédigé dès 1888 un ouvrage sur *Les Formes du terrain*⁴⁸⁶, qui fut rapidement épuisé après sa publication et devint un classique de la géographie physique. Plus tard, en 1896, Albert de Lapparent avait introduit en Europe les premiers travaux de Davis dans ses *Leçons de géographie physique*⁴⁸⁷. La géomorphologie cyclique de Davis connut un succès rapide et important en France, qu'expliquent son aspect universel, la préférence américaine face aux géographes allemands, mais aussi l'influence de Baulig, qui fut disciple de Vidal, puis de Davis à Harvard entre 1904 et 1911⁴⁸⁸. Vidal avait d'ailleurs toujours insisté sur la structure géomorphologique comme explication des variations régionales de la géographie française.

Cependant, Emmanuel de Martonne reste la figure centrale de la géomorphologie française. Disposant d'une solide formation littéraire et scientifique – il avait obtenu un doctorat en lettres à vingt-neuf ans et en sciences à trente-quatre ans –, il succéda à Vidal de la Blache à la Sorbonne en 1909 et publia la même année son célèbre *Traité de géographie*

⁴⁸⁴ Souvent très documentées d'ailleurs, comme le *Précis de géographie universelle* (1810) de Malte-Brun ou la carte géologique de la France publiée en 1823 par J. J. d'Omalus d'Halloy.

⁴⁸⁵ DENAIX A. *Essais de géographie méthodique et comparative*. Paris : [s.n.], 1827.

⁴⁸⁶ NOË Gaston-Ovide (de la), MARGERIE Emmanuel (de). *Les Formes du terrain*. Paris : Imprimerie nationale, 1888, 2 vol.

⁴⁸⁷ LAPPARENT Albert (de). *Leçons de géographie physique*. Paris : Masson, 1896, 590 p.

⁴⁸⁸ DUFAURE Jean-Jacques, DUMAS Bernard. Geomorphology in France. In *The Evolution of geomorphology, op. cit.*, p. 157-158.

physique qui connut neuf éditions jusqu'en 1951⁴⁸⁹. Sous son influence, les recherches se focalisèrent sur des régions structurellement définies, notamment dans les Alpes : l'Oisans (Allix, 1929), le Vercors (Allix, 1941), la Maurienne et la Tarentaise (Onde, 1938), la Haute Durance et l'Ubaye (Péguy, 1947), la Moyenne Durance (Veyret, 1941). Une controverse autour de l'érosion glaciaire opposa durablement de Martonne et ses disciplines à l'école grenobloise menée par Raoul Blanchard, fondateur de l'Institut de géographie alpine et de la *Revue de géographie alpine*, qui mit en œuvre « de la façon la plus minutieuse et la plus globale »⁴⁹⁰ les méthodes de la géographie régionale. Mais Bernard Debarbieux souligne qu'au-delà des conceptions scientifiques, cette controverse se fondait sur une opposition institutionnelle entre Paris et la province, et qu'à travers son entreprise de création d'une géographie alpine spécifique, Raoul Blanchard cherchait surtout à se créer un domaine de compétence et à réaliser une unité alpine qui servait une idéologie politique⁴⁹¹.

1.2.3.4. Géomorphologie, topologie et cartographie topographique : généralisation d'un rapport unilatéral.

La géographie vidalienne faisait une place importante à la carte dans ses études structurelles régionales. L'enseignement d'Emmanuel de Martonne à la Sorbonne était d'ailleurs en partie basé sur un corpus de cartes au 1 : 80 000 qu'il avait codifiées avec son disciple et successeur Choley. Pourtant, le développement de la géomorphologie en France ne remet pas en cause les rapports entre science et cartographie. Au contraire, il confirmait l'unilatéralité de ces rapports que j'ai déjà montrée dans le cas de la glaciologie. Comme cette dernière, la géomorphologie s'appuyait essentiellement sur des observations de terrain et n'utilisait pas la carte comme une source documentaire de base, mais seulement comme un support illustratif des conceptions scientifiques.

Pourtant, les acteurs de la cartographie topographique maintenaient une certaine ambiguïté en soutenant le rôle crucial de leurs travaux pour les savants. Cette rhétorique de l'utilité scientifique était déjà présente dans les premiers projets de la carte de France, même si la focalisation des savants sur l'aspect géodésique de ces projets démontrait l'absence d'un véritable intérêt pour la topographie elle-même. L'exemple de la carte du *Massif du Mont Blanc* (1876, 1 : 40 000) dressée par l'architecte Eugène Viollet-le-Duc me semble particulièrement révélateur du rôle argumentaire de cette utilité scientifique fictive de la carte. Dans la conception de son auteur, cette carte pouvait servir à l'interprétation géologique : dans un ouvrage réunissant les observations effectuées pour la réalisation de la carte, Viollet-le-Duc reconnaissait que ses « observations [...] ne [faisaient], pour la plupart, que confirmer les aperçus derniers des savants sur le mode de soulèvement des montagnes, sur leur forme primitive, sur l'influence des époques glaciaires, et sur la configuration actuelle de ces soulèvements, mais [qu'elles pourraient] peut-être aussi [...] en suggérer de nouveaux »⁴⁹². Cette phrase m'apparaît comme le parfait résumé de l'ambiguïté de son argument : plus ou moins consciemment, Viollet-le-Duc avait intégré dans

⁴⁸⁹ MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. 1^{ère} éd. (1909). *Op. cit.*

⁴⁹⁰ LACOSTE Yves. Je t'aime, moi non plus. *L'Alpe*, 2000, 7, p. 8.

⁴⁹¹ DEBARBIEUX Bernard. La nomination des espaces géographiques dans les Alpes entre 1880 et 1930. In CLAVAL Paul dir. *Autour de Vidal de la Blache. La formation de l'École française de géographie*. Paris : CNRS Edition, 1993, p. 109-122.

⁴⁹² VIOLLET-LE-DUC Eugène. *Le Massif du Mont Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses transformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers*. Paris : J. Baudry, 1876, 280 p. Cité dans *Images de la montagne. Op. cit.*, p. 53.

sa représentation topographique les conceptions contemporaines de l'orographie⁴⁹³, mais il espérait que son œuvre, pourtant purement illustratrice de ces conceptions, permettrait d'en formuler de nouvelles !

A la fin du 19^e siècle, l'unilatéralité des rapports entre science et cartographie fut confirmée par le développement des applications de la topologie aux levés topographiques. L'ouvrage classique sur *Les Formes du terrain* rédigé en 1888 par Emmanuel de Margerie et De La Noë constituait le premier essai de formalisation de l'application de la géomorphologie à la topographie. Il reprenait une idée déjà ancienne, dont j'ai souligné la présence dans certaines instructions pour les levés de la carte de France, selon laquelle la représentation du terrain devait se baser sur son interprétation topographique – c'est-à-dire sur ce qui fut appelé la *topologie* (science du terrain) par opposition à la *topographie* (dessin du terrain). En 1909-1910, la publication par le général Berthaut, alors directeur du Service géographique de l'armée⁴⁹⁴, d'une étude en deux volumes sur la *Topologie*⁴⁹⁵ dans ses applications à la cartographie confirmait définitivement les fondations scientifiques de la représentation topographique, et par là même toute l'ambiguïté d'une cartographie qui se présentait comme un outil pour la science alors même qu'elle se concevait comme une application de celle-ci.

Au début du 20^e siècle, en même temps que la géomorphologie s'affirmait comme une discipline scientifique indépendante, la topographie s'inscrivait définitivement dans une dépendance de la science. Sans pour autant affirmer que les cartes topographiques n'eurent jamais aucune utilité scientifique – leur utilisation n'a en fait cessé de se développer –, je soutiens que, contrairement à ce que les acteurs de la cartographie ont plus ou moins explicitement défendu, les cartes ne constituèrent que rarement une source documentaire de base pour la recherche scientifique. Si, comme le rappelait dans les années vingt le service cartographie officiel pour souligner la nécessité de soutenir les travaux de la nouvelle carte de France, certains géologues et géographes effectuaient eux-mêmes des levés du terrain⁴⁹⁶, il s'agissait surtout de les adapter à des interrogations scientifiques auxquelles une carte topographique, même extrêmement détaillée, ne répondrait pas forcément – en particulier pour la géologie. Il me semble évident que la cartographie bénéficia plus que la science du rapprochement entre ces deux domaines opéré dans la deuxième moitié du 19^e siècle⁴⁹⁷. J'émetts d'ailleurs l'hypothèse que ce rapport unilatéral procédait de la nature fondamentalement synthétique de la carte, qui a toujours favorisé la synthèse d'informations externes aux dépens de la production d'informations originales : le principal rôle scientifique des cartes reste d'ailleurs de stimuler l'analyse par le rapprochement d'informations diverses en un seul document.

Ainsi, dès la fin du 19^e siècle, l'analyse géomorphologique du terrain, c'est-à-dire la détermination des causes à l'origine de ses formes, précéda et influença systématiquement sa représentation. Si cette tendance fut parfois combattue dans les instructions officielles

⁴⁹³ Qui plus est, sa carte était essentiellement dérivée d'autres documents cartographiques et reprenait donc la plupart de leurs conceptions topographiques.

⁴⁹⁴ Le Service géographique de l'armée remplaça le Dépôt de la guerre en 1887, voir infra, partie 2, chapitre 3.1.

⁴⁹⁵ BERTHAUT Général. *Topologie, étude du terrain*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1909-1910, 2 vol.

⁴⁹⁶ *La Nouvelle carte de France*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1923, p. 58.

⁴⁹⁷ Pour la cartographie indépendante, voir infra, partie 2, chapitre 2, et pour la cartographie officielle, voir infra, partie 2, chapitre 4.3.

pour les levés à grande échelle⁴⁹⁸, elle fut soutenue pour les levés de reconnaissance et, d'une façon plus général, plus ou moins affirmée dans la pratique, en rapport direct avec les connaissances scientifiques des opérateurs. Elle fut aussi explicitement appliquée par les topographes indépendants les plus renommés comme Franz Schrader, les cousins Henri et Joseph Vallot, ou Robert Perret⁴⁹⁹, qui s'inscrivaient dans la forme particulière que prit le développement de l'alpinisme dans la deuxième moitié du 19^e siècle, en rapport direct avec la découverte scientifique de la montagne : l'excursionnisme cultivé.

1.3. L'excursionnisme cultivé.

Jusqu'au milieu du 19^e siècle, l'intérêt littéraire ou scientifique pour la montagne ne se différençait pas vraiment de son exploration, mais celle-ci restait limitée aux régions les plus accessibles. Si les savants naturalistes s'aventuraient dans la moyenne montagne pour récolter leurs échantillons, l'élite cultivée se contentait d'admirer de loin l'« horreur sublime » des hautes montagnes ou de goûter dans les vallées et les premiers contreforts le pittoresque de la vie montagnarde. Saussure dans les Alpes ou Ramond dans les Pyrénées faisaient figure d'exception. L'indifférence presque totale, si ce n'était l'étonnement des populations locales, dans laquelle les officiers d'état-major effectuèrent leurs multiples ascensions pour la triangulation des zones montagneuses dans la première moitié du 19^e siècle, illustre parfaitement le désintérêt des contemporains pour la conquête des hauteurs. Mais une trentaine d'années plus tard, dans les années 1850 et 1860, la surprise et l'admiration que provoqua la découverte des traces laissées par ces officiers sur des sommets jugés inaccessibles et invaincus, marquaient l'essor d'une nouvelle approche de la montagne, dans laquelle l'ascensionnisme avait pleinement sa place. Désignée *pyrénéisme* ou *alpinisme* en France selon les chaînes dans lesquelles elle s'exerçait, cette approche se traduisit rapidement sous la forme institutionnelle des clubs alpins. Encore réservée à une élite cultivée, elle prit une forme originale, mélange de découvertes scientifique, touristique et littéraire, qu'Olivier Hoibian désigne par le terme d'« excursionnisme cultivé »⁵⁰⁰, et qui connut un développement important en France au sein du Club alpin français (CAF).

1.3.1. Les origines du tourisme de montagne.

1.3.1.1. L'embryon d'un intérêt touristique.

Dans le mouvement de découverte de la montagne du 18^e siècle, les activités scientifiques, littéraires ou artistiques ne se différençaient pas forcément de celles plus physiques des excursions en moyenne montagne ou des premières ascensions. La figure du savant qui s'imposa au siècle des Lumières était celle d'un honnête homme travaillant à augmenter la connaissance universelle et effectuant lui-même ses observations et la récolte d'échantillons sur le terrain, ce qui explique l'importance de la littérature de voyage dans le domaine scientifique lui-même. Si les Pyrénées furent longtemps délaissées par les savants jusqu'à ce que les botanistes et les minéralogistes aient montré leur intérêt scientifique, les Alpes connurent dès la deuxième moitié du 18^e siècle un certain engouement de la part

⁴⁹⁸ Voir infra, partie 2, chapitre 4.3.2.

⁴⁹⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 2, et partie 3, chapitre 1.

⁵⁰⁰ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

des hommes de science. Les premiers visiteurs de la vallée de Chamonix à s'aventurer dans des zones plus élevées furent des savants. Dès 1754, le physicien Jean-André Deluc commença une série d'excursions dans le cadre d'étude sur la pression atmosphérique⁵⁰¹. En parvenant au sommet du Brévent lors d'une visite des glaciers de Chamonix en 1760, Saussure eut ce qu'il appela dans ses *Voyages* la « révélation » du Mont Blanc : pour des raisons en partie scientifiques, il décida alors de parvenir à tout prix au sommet.

Mais les savants faisaient encore figure d'exception. Parcourir les régions montagneuses pour le seul plaisir ne se concevait pas encore et les premiers visiteurs se contentaient d'admirer les montagnes de loin. En particulier, les élites anglaises accomplissaient un traditionnel tour de l'Europe dans lequel furent rapidement intégrées les Alpes et les Pyrénées, observées depuis les rives du lac Léman à Genève ou le boulevard des Pyrénées à Pau, promenades aristocratiques offrant un panorama large et sans danger sur les monts acérés et enneigés. Le nom *tour* constitua d'ailleurs la racine lexicale des termes *tourism* et *tourist*, utilisés en anglais dès 1811 puis à partir de 1841 dans leurs déclinaisons françaises. Jusqu'aux années 1770, la découverte « touristique » des montagnes se limita aux vallées et à la moyenne montagne. Dans les Alpes, la seule région visitée restait la vallée de Chamonix, dont la fréquentation est bien connue. Après les premiers voyages de Windham et de Martel, les visiteurs avérés restèrent rares : le marquis de Maugiron en 1750, le physicien Leduc en 1754, puis les deux grands artisans du succès « touristique » de la région, mais aussi des Alpes en général, Marc-Théodore Bourrit et Horace-Bénédict de Saussure.

Bourrit décida vers 1757 de se consacrer aux courses en montagne et à leur description, à partir d'un chalet qu'il possédait à Chamonix. Il fournissait des itinéraires aux voyageurs, servit de guide à partir de 1773 et publia des ouvrages en petit format qui furent en quelque sorte les premiers « guides » à usage touristique. Leurs descriptions poétiques des montagnes jouèrent un grand rôle dans la popularisation des Alpes, notamment le plus célèbre d'entre eux : la *Description des aspects du Mont Blanc* (1776). Quant à Saussure, il popularisa le Mont Blanc par ses écrits et sa volonté tenace d'en attendre le sommet. Sur leurs exemples, de plus nombreux voyageurs firent le voyage depuis Genève jusqu'à la vallée de Chamonix pour admirer de près les « glaciers de Savoie », parmi lesquels le duc de la Rochefoucauld en 1762. Des auberges commencèrent même à s'installer dans la vallée pour accueillir ces nouveaux visiteurs. Mais ce ne fut qu'après les grandes premières dans les Alpes et les Pyrénées que se développa un engouement « touristique » durable pour les régions montagneuses à la fin du 18^e siècle.

1.3.1.2. Les grandes premières alpines.

La première ascension d'un sommet glaciaire réussie en 1770 au Buet (3 094 mètres) par les frères Deluc marque traditionnellement le début de la période de conquête de la haute montagne. Elle est attestée au cours du dernier quart du 18^e siècle par une série de grandes premières dans les Alpes et dans les Pyrénées, dont le but n'était plus seulement scientifique. Cette exploration restait marginale, au point qu'elle ne fut définie par un vocabulaire propre que dans la deuxième moitié du 19^e siècle : *excursionniste* en 1852, *ascensionniste* en 1872, *alpiniste* et *pyrénéiste* dans le sens d'amateurs de course dans

⁵⁰¹ Le naturaliste et physicien genevois Jean-André Leduc (1727-1817) étudia les variations de pression en fonction de l'altitude. A partir de 1754, il exécuta de nombreuses excursions dans les Alpes, accompagné de son frère Guillaume-Antoine et transportant un baromètre portatif de sa construction. Il relata certaines de ses excursions dans sa *Relation d'un voyage aux montagnes de Sixt en Faucigny, fait en août 1765*, parue en annexe de ses *Recherches sur les modifications de l'atmosphère* (1772).

ces deux chaînes de montagnes en 1890⁵⁰² ; mais elle fut le moteur d'un intérêt croissant pour la haute montagne.

Dans les Alpes, Marc-Théodore Bourrit mena ce qu'on pourrait presque qualifier de « carrière d'excursionniste ». Il fut surtout un grand découvreur de glaciers, que, dans la tradition de Grüner, il imaginait communiquant entre eux par un vaste glacier longitudinal s'étendant du Simplon à la Savoie. Dès 1760, Saussure avait promis une récompense à ceux qui trouveraient une voie d'ascension possible pour le Mont Blanc, mais les volontaires furent peu nombreux au début, la peur que provoquait la montagne restant vivace. Ce ne fut qu'en 1775 que l'une des premières tentatives sérieuses atteignit les Grands Mulets, le Petit Plateau puis le bord du Grand Plateau, mais rebroussa chemin en apercevant la cime encore lointaine se couvrir de nuages. La même année, une évaluation de l'altitude donnait 2 451 toises, soit 4 779 mètres, permettant d'affirmer qu'il s'agissait bien du plus haut sommet d'Europe et asseyant un peu plus la popularité croissante de la région.

Entre 1783 et 1785, Bourrit et le médecin chamoniard Michel-Gabriel Paccard (1757-1827) organisèrent activement de nouvelles expéditions de reconnaissance. Deux guides atteignirent le dôme du Goûter le 16 septembre 1784, à deux heures du sommet, mais la saison trop avancée empêcha Saussure de risquer l'ascension immédiatement. Sa tentative du 12 septembre 1785 avec Bourrit et quinze autres personnes échoua, et la première du Mont Blanc fut finalement réussie les 7 et 8 août 1786 par Paccard accompagné du cristallier Jacques Balmat (1762-1834), suivie par télescope depuis Chamonix. Saussure parvint finalement au sommet en août 1787 (sans Bourrit qui ne gravit jamais le Mont Blanc), et son exploit éclipsa complètement la première de Paccard et Balmat. Sa carrière d'« alpiniste » avant l'heure culmina avec l'ascension du mont Rose en 1792 et mit définitivement à la mode la région de Chamonix.

Dans les Pyrénées, la figure centrale de la découverte de la chaîne fut Ramond, qui consacra vingt ans de sa vie à effectuer de nombreuses ascensions, par plaisir plus que par nécessité scientifique. Il gravit trente-cinq fois le pic du Midi de Bigorre entre 1787 et 1810, et consacra surtout ses efforts à l'ascension du Mont-Perdu qui était pour lui la clé de la chaîne et qu'il conquit finalement en 1802 après sa découverte au fond du cirque d'Estaubé de la fameuse « échelle de glace » de Tuquerouye en 1797, clôturant ainsi la période héroïque de l'exploration des Pyrénées. A sa suite, un petit groupe d'admirateurs fervents multiplia les ascensions et contribuèrent à une meilleure connaissance et représentation du relief pyrénéen, parmi lesquels Charles Packe, le comte Henri Russel et Franz Schrader⁵⁰³.

1.3.1.3. L'essor touristique des Alpes.

Après l'exploit de Saussure, les visiteurs devinrent de plus en plus nombreux dans les Alpes, principalement dans les régions de Chamonix et de Grindelwald. Il s'agissait majoritairement d'Anglais, qui avaient définitivement inclus les Alpes dans leur « grand tour » de l'Europe : sur les cent deux visiteurs recensés à Chamonix en 1788, quarante-neuf étaient anglais, vingt-cinq français et quatorze genevois. En 1800, le nombre de visiteurs était évalué à mille cinq cents⁵⁰⁴. Des voyageurs célèbres vinrent voir les Alpes : Goethe et le duc de Weimar se rendirent à Chamonix en 1779, l'Impératrice Joséphine visita la Suisse et la Savoie en 1810. En 1860, l'annexion de la Savoie à la France, le voyage de Napoléon III et de l'impératrice à Chamonix, le projet de construction d'une route et la publication de

⁵⁰² *Trésor de la Langue Française informatisé. Op. cit.*

⁵⁰³ Voir infra, partie 2, chapitre 2.2.

⁵⁰⁴ ALIPRANDI. *La Découverte du Mont-Blanc. Op. cit.*, p. 81.

l'itinéraire descriptif et historique de la Savoie d'Adolphe Joanne achevèrent de mettre à la mode la haute montagne et la région de Chamonix.

Les préoccupations scientifiques cédèrent rapidement le pas au plaisir et parfois au sport. La pratique de la montagne se développa grâce au progrès de l'accompagnement : à partir de 1785, l'utilisation de la chaise à porteur permit aux personnes « fragiles » d'être emmenées au Montanvers, alors que le chemin avait été élargi. Les ascensions se multiplièrent, même si elles échouaient le plus souvent : entre 1787 et 1850, seules trente-six ascensions du Mont Blanc réussirent, parmi lesquelles les exploits féminins de Marie Paradis, servante d'auberge à Chamonix dont la légende veut qu'elle ait été portée jusqu'au sommet le 13 juillet 1808, et surtout d'Henriette d'Angeville en 1838, qui fut surnommée la « fiancée du Mont Blanc » et connut une véritable carrière d'alpiniste avec vingt-et-une courses. Les expéditions en montagne ne se concevaient encore qu'accompagné de guides et le métier se développa rapidement pour répondre aux besoins de ce nouveau flot de visiteurs sportifs. En 1821 était créée la Compagnie des guides de Chamonix, qui comptait dix-neuf personnes en 1832, soumises à un règlement très strict. Parmi les quatre ascensions qui formaient la catégorie des *courses extraordinaires*, c'est-à-dire en haute montagne, la cime du Mont Blanc nécessitait quatre guides par voyageur⁵⁰⁵.

1.3.2. L'essor de l'alpinisme dans la deuxième moitié du 19^e siècle.

1.3.2.1. Le rôle structurant de l'histoire de l'alpinisme

L'image de discipline à part que se forgea très tôt l'alpinisme, ainsi que la prépondérance des récits de course dans sa vulgarisation, furent à l'origine de la publication précoce de nombreuses histoires de l'alpinisme qui étaient plus souvent l'œuvre d'alpinistes que de véritables historiens, que ce soient les classiques de Raymann⁵⁰⁶, Levasseur⁵⁰⁷ ou même Claire Eliane Engel⁵⁰⁸, les autobiographies d'alpinistes célèbres comme Mummery⁵⁰⁹ ou Whymper⁵¹⁰, ou les histoires plus modernes comme celles (entre autres) de Bonington⁵¹¹ ou de Mestre⁵¹². Ces histoires jouèrent un rôle de structuration du milieu des alpinistes autour d'un certain nombre de mythes fondateurs et d'une tradition qui se caractérisait par la définition de différentes époques du développement de la discipline. Les débuts de

⁵⁰⁵ *Images de la montagne. Op. cit.*, p. 42-43.

⁵⁰⁶ RAYMANN A. *L'Evolution de l'alpinisme dans les Alpes françaises*. Edition de la thèse soutenue en 1912 à la faculté des lettres de l'université de Grenoble. Genève : Slatkine, 1979.

⁵⁰⁷ LEVASSEUR Emile. *Les Alpes et les grandes ascensions. Op. cit.*

⁵⁰⁸ ENGEL Claire Eliane. *Histoire de l'alpinisme des origines à nos jours*. Paris : Edition Je Sers, 1950, 253 p.

⁵⁰⁹ MUMMERY Albert Frederick. *My Climbs in the Alps and Caucasus*. Londres : T.F. Unwin, 1895, 360 p. ; MUMMERY Albert Frederick. *Mes Escalades dans les Alpes et le Caucase*. Paris : L. Laveur, 1903, 327 p. Traduction par Maurice Paillon.

⁵¹⁰ WHYMPER Edward. *Scrambles amongst the Alps in the years 1860-1869*. Londres : J. Murray, 1871, 432 p. ; WHYMPER Edward. *Escalades dans les Alpes de 1860 à 1869*. Paris : Hachette, 1873, 432 p. Traduction par Adolphe Joanne.

⁵¹¹ BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'Alpinisme*. Paris ; Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1992, 285 p.

⁵¹² MESTRE Michel. *Histoire de l'alpinisme. Les Alpes*. Aix-en-Provence : Edisud, 1996, 191 p.

l'alpinisme étaient ainsi invariablement décrits par les périodes des précurseurs et de l'« âge d'or », parfois augmentées d'une période préhistorique des « origines lointaines »⁵¹³.

1.3.2.2. Les « précurseurs » et la préférence alpine.

Pour les précurseurs, les auteurs redoublaient souvent d'érudition pour mettre en avant les plus lointains ancêtres des alpinistes, jusqu'à Pétrarque gravissant le mont Pelvoux en 1336 ou Antoine de Ville le mont Aiguille en 1492 (la date était commode). Suivaient généralement les grands noms de la découverte des montagnes au 18^e siècle, en particulier ceux des conquérants du Mont Blanc, Michel Paccard, Jacques Balmat et l'illustre Saussure à l'origine de l'entreprise, avec parfois une mention pour son « équivalent » pyrénéiste, le baron Ramond.

Les Pyrénées font d'ailleurs souvent figure de parents pauvres d'une historiographie qui par ses partis pris illustre comment le terme d'« alpinisme » s'est imposé pour désigner une pratique dont les origines se trouvent pourtant autant dans les Pyrénées que dans les Alpes. Alors que l'astronome François de Plantade utilisait dès le début du 18^e siècle le pic du Midi de Bigorre (2 877 mètres) comme observatoire⁵¹⁴ et que Ramond participa à une première période de conquêtes des sommets de la chaîne avec sa victoire au Mont-Perdu en 1802, l'ascension du Mont-Blanc éclipsa toutes les autres par son côté symbolique, remarquablement exploité par Bourrit ou Saussure. Dans son histoire relativement classique, Bonington ignore à un tel point les Pyrénées qu'il précise dès l'introduction qu'il retrace l'histoire de l'alpinisme « depuis sa naissance dans les Alpes jusqu'à l'ascension des géants de l'Himalaya »⁵¹⁵, et que la chronologie proposée en annexe⁵¹⁶ cite par exemple l'ascension de l'Etna par l'empereur Hadrien en 126, mais ignore celle du Mont-Perdu par Ramond en 1802⁵¹⁷.

Ainsi, bien que les précurseurs d'un véritable ascensionnisme se trouvent dans les Pyrénées – même les exploits longtemps méconnus des officiers géodésiens commencèrent dans les montagnes du sud-ouest de la France –, les noms les plus souvent cités dans les histoires de l'alpinisme pour la période de « l'après Mont Blanc » concernent encore les Alpes : le père Placidus dans les Grisons entre 1782 et 1806, qui gravit en autres le Rheinwaldhorn (3 402 mètres) en 1789⁵¹⁸ ; l'abbé Horrasch gravissant le Grossglockner (3 798 mètres) en 1800 ; les frères Johann Rudolf et Hieronymys Mayer atteignant en 1811 le sommet de la Jungfrau (4 158 mètres) ; ou encore le capitaine Durand dont on reconnut tardivement la première au Grand Pelvoux (3 946 mètres) en 1828. En 1821, la création de la Compagnie des guides de Chamonix, à une époque où l'ascensionnisme ne se concevait pas – et pour longtemps encore – autrement qu'avec guides et porteurs, assurait non seulement le succès touristique de la vallée, mais aussi le mythe d'une primauté

⁵¹³ Certaines histoires remontent ainsi jusqu'à l'Antiquité, comme GOS Charles. *L'Épopée alpestre : histoire abrégée de la montagne et de l'alpinisme de l'Antiquité à nos jours*. Neuchâtel : V. Attinger, 1944, 186 p. ; CHAUBET Daniel. *L'Alpinisme : les grandes lignes de l'évolution, de l'Antiquité à 1990*. Chambéry : D. Chaubet, 1992, 168 p.

⁵¹⁴ Il mourut d'ailleurs lors de sa descente en 1741.

⁵¹⁵ BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'alpinisme*. Op. cit., p. 15.

⁵¹⁶ Chronologie compilée par Audrey Salked.

⁵¹⁷ BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'alpinisme*. Op. cit., p. 269.

⁵¹⁸ MESTRE Michel. *Histoire de l'alpinisme*. Op. cit., p. 18.

alpine qui aboutit au début du 20^e siècle à l'adoption définitive du terme d'« alpinisme » pour désigner l'ascensionnisme dans n'importe quelle chaîne de hautes montagnes.

1.3.2.3. L'« âge d'or ».

Après l'époque des « précurseurs », l'ascensionnisme se développa véritablement dans la deuxième moitié du 19^e siècle, dans une période dont les premières décennies furent qualifiées par les alpinistes eux-mêmes d'« âge d'or de l'alpinisme. »

A la suite des victoires de Ramond dans les Pyrénées, un groupe restreint de pyrénéistes multiplia les ascensions⁵¹⁹. Ainsi, Charles Packe gravit le Balaïtous en 1864 et⁵²⁰ publia en 1862 la première édition de son *Guide to the Pyrenees*, destiné à l'usage des touristes et ascensionnistes et proposant cent six itinéraires et ascensions. Son ami et rival, le comte Henri Russel, réalisa ses premiers ascensions à partir de 1858, parvint au sommet du Balaïtous une semaine après Packe en 1864 et publia également un guide en 1866⁵²¹. L'année « 1858 marque une date-charnière dans les Pyrénées : le comte Russell y accomplit ses premières ascensions et *l'itinéraire descriptif des Pyrénées* d'Adolphe Joanne [consacra] les débuts du grand tourisme pyrénéen. En une vingtaine d'années, les principaux sommets [étaient] gravis, du Carlit à l'Est, au pic d'Anie à l'Ouest, une abondante littérature se [développait] et la configuration géographique de la chaîne [pouvait] enfin être précisée. »⁵²² La prédominance des Anglais était très marquée, mais quelques locaux s'imposèrent également dans ce mouvement du pyrénéisme scientifique, au premier plan desquels le bordelais Franz Schrader⁵²³.

Malgré l'accent mis sur les précurseurs alpins dans les différentes histoires de l'alpinisme, « avant 1860, les hautes régions [alpines] [étaient] très peu fréquentées et ne [bénéficiaient] pas du halo romantique qui [entourait] les Pyrénées »⁵²⁴. Le tourisme ne se développait modestement que dans la vallée de Chamonix, et à l'exception des quelques précurseurs déjà cités et de quelques glaciologues explorant l'Öberland bernois et les glaciers de Chamonix⁵²⁵, l'ascensionnisme alpin ne s'épanouit qu'à partir des années 1850 et surtout 1860.

Traditionnellement, l'année 1854 marque le début de l'âge d'or de l'alpinisme, avec l'ascension par Sir Alfred Wills du Wetterhorn (3 701 mètres), et celle par les frères Smyth du Dufourspitze (ou Monte Rosa, 4 634 mètres), le deuxième plus haut sommet des Alpes, situé dans le Valais. La domination anglaise était tout aussi marquée que dans les Pyrénées : entre 1854 et 1865, cent quatre-vingt grands sommets étaient vaincus, dont la moitié et

⁵¹⁹ *Images de la montagne. Op. cit.* Troisième Partie : Découverte des sommets et tourisme (XVIIIe-XIXe siècles), p. 40-41.

⁵²⁰ PACKE Charles. *A Guide to the Pyrenees, especially intended for the use of moutaineers, with maps, diagrams and tables.*

Londres : [sn], 1862, 201 p.

⁵²¹ RUSSEL-KILLOUG Henri. *Les Grandes ascensions des Pyrénées d'une mer à l'autre. Guide spécial du piéton, ornée de douze cartes.* Paris ;Toulouse : [sn], 1866, 297 p.

⁵²² BROU Numa. La Montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 112-113.

⁵²³ Voir infra, partie 2, chapitre 2.2.2.

⁵²⁴ BROU Numa. La Montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 115.

⁵²⁵ Voir supra, partie 2, chapitre 1.2.

tous les plus hauts par des cordées anglaises⁵²⁶. Parmi les plus célèbres, William Coolidge (1850-1926)⁵²⁷ et Edward Whymper occupent sans doute les premières places. Ce dernier gravit entre autres le Pelvoux en 1861, retrouvant les traces du campement de Durand, mais il reste surtout connu pour sa victoire tragique au Cervin en 1865, dans laquelle quatre de ses compagnons moururent. Classiquement, cette ascension clôt l'époque de l'âge d'or et ouvre une période plus informelle de conquête des Alpes, s'étendant environ jusqu'à la première guerre mondiale et marquant l'émergence d'un intérêt plus spécifique pour la difficulté technique et la performance sportive avec des hommes comme Walker, Coolidge ou Mummery.

1.3.2.4. L'excursionnisme cultivé et l'alpinisme sportif.

Le développement d'une conception plus sportive et aventurière de l'alpinisme marquait une rupture importante. Jusqu'au milieu du 19^e siècle, l'ascensionnisme ne se distinguait pas de la découverte scientifique et littéraire de la montagne. Saussure et Ramond étaient avant tout des savants qui effectuaient des expériences lors de leurs ascensions et dont les performances physiques n'étaient jamais véritablement mises en avant – en partie parce qu'elles étaient souvent limitées, Saussure ayant par exemple été porté jusqu'au sommet du Mont-Blanc sur une sorte de traîneau⁵²⁸. La pratique dominante de l'alpinisme était ainsi centrée sur les aspects culturels de la discipline. Olivier Hoibian la désigne par le terme d'« excursionnisme cultivé », une « définition de "l'alpinisme" [...] fondée sur des compétences essentiellement "culturelles" : la connaissance scientifique et dans une moindre mesure, la sensibilité esthétique et le goût littéraire des récits d'ascensions »⁵²⁹.

Cette conception particulière de l'ascensionnisme ne recherchait ni la conquête des plus hauts sommets, ni l'exploit physique, dans une « période où la légitimité de l'exercice physique [était] encore largement soumise à un "utilitarisme hygiéniste" »⁵³⁰. Avec le développement des sports compétitifs venus d'Angleterre, elle commença à être remise en cause par une conception sportive, aventurière et gratuite de l'alpinisme, dont les origines remontaient aux années 1860 au sein de l'Alpine Club, à une époque où la domination de la conception culturelle de l'alpinisme était suffisamment affaiblie en Angleterre pour que Leslie Stephen pût tenir le discours suivant (qui provoqua cependant la démission, entre autre, du glaciologue John Tyndal) :

« Et quelles observations avez vous faites ? : me demanda l'un de ces fanatiques qui, par un raisonnement qui m'échappe entièrement, ont associé irrévocablement les voyages dans les Alpes et la science. Je répondis que la température était approximativement (je n'avais pas de thermomètre) de 137 degrés centigrades au-dessous de zéro ; quant à l'ozone, si avec ce froid il s'en

⁵²⁶ BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'alpinisme*. Op. cit., p. 269.

⁵²⁷ Né américain, mais ayant fait ses études et vécu en Angleterre.

⁵²⁸ Sa posture fut rectifiée sur les gravures originales par un souci de dignité lié au code de convenance de l'époque, qui explique aussi que les premiers alpinistes se soient habillés en costume et aient refusé les positions peu droites.

⁵²⁹ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France*. Op. cit., p. 25.

⁵³⁰ *Ibid.*, p. 56.

trouvait encore dans l'atmosphère, alors c'est qu'il était encore plus bête que je ne le croyais. »⁵³¹

Cette conception sportive et aventurière fut vivement critiquée, mais elle se développa à la fin du 19^e siècle, conjointement avec l'apparition de l'alpinisme sans guide. La plupart des quatre mille alpins ayant été vaincus, ses partisans s'attaquèrent à des sommets moins hauts mais plus difficiles, à l'image de la Meije, souvent comparé au Cervin, dont le pic central fut gravi en 1870 par miss Brevoort et Coolidge, et le Grand Pic (3 982 mètres) en 1877 par Boileau de Castelnau et ses guides, Gaspard père et fils, ou encore des aiguilles des Drus (3 755 mètres) à Chamonix, finalement vaincues en 1879 après six ans de tentatives infructueuses par le chirurgien C.T. Dent⁵³². Cette période marqua la définition des deux grandes régions d'alpinisme en France, le massif du Mont Blanc déjà bien connu et le massif des Ecrins – ou plus globalement ce qui fut plus tard appelé l'Oisans.

La conception sportive de l'ascensionnisme s'imposa beaucoup plus rapidement dans les autres pays européens (Angleterre, Allemagne, Autriche, Suisse, Italie) qu'en France⁵³³, où la domination de l'excursionnisme cultivé ne fut pas remise en cause avant le début du 20^e siècle, principalement à cause de l'institutionnalisation de l'alpinisme autour du Club alpin français, conçu comme une véritable société savante.

1.3.3. L'institutionnalisation de l'alpinisme : la prédominance de l'excursionnisme cultivé au Club alpin français.

1.3.3.1. Les clubs alpins en Europe.

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, le milieu émergent des alpinistes était constitué par un groupe réduit de nationalités. Les Anglais étaient largement majoritaires, les mutations sociales plus précoces dans leur pays ayant permis le développement d'une culture des loisirs, notamment sportifs, au sein de l'élite formée par l'aristocratie ancienne et la haute bourgeoisie récente. Le reste des premiers alpinistes était principalement formé par des Italiens, des Autrichiens, des Allemands, des Suisses et des Français.

Dans la même dynamique qui vit se créer et se développer les associations sportives dans les nations modernes au cours du 19^e siècle, l'alpinisme connut une institutionnalisation rapide après le début de son essor dans les années 1850. En ce domaine, l'Angleterre était encore en avance sur les autres pays : l'Alpine club fut créé le 4 août 1857 à Londres, sur la base d'un recrutement très aristocratique et de la tradition ancienne du club, et il rassembla rapidement tous les alpinistes anglais dits « victoriens » qui participaient à la découverte des Alpes et à la conquête de leurs sommets. A sa suite, de nombreux clubs alpins furent créés dans les pays d'alpinisme : l'Österreichischer Alpenverein (ÖAV) en 1862, le Club alpin suisse (CAS) en 1863, le Club alpino italiano (CAI) en 1863 également, le Deutscher Alpenverein (DAV) en 1869, qui fusionna avec l'ÖAV en 1873 pour former le Deutscher Österreichischer Alpenverein (DÖAV), le Club alpin français (CAF) en 1874. D'autres pays moins traditionnellement liés au développement de l'alpinisme

⁵³¹ **STEPHEN Leslie. *Le Terrain de jeu de l'Europe. Paris : Attinger, 1934. Cité par HOIBIAN Olivier. Les Alpinistes en France. Op. cit., p. 5.***

⁵³² BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'alpinisme. Op. cit., p. 47-48.*

⁵³³ Ce qui explique l'absence presque totale de cordée française dans la course aux premières qui marqua la fin du 19^e siècle jusqu'en 1914.

connurent aussi la création de clubs alpins aux effectifs moindres que les grands clubs déjà cités : la Belgique en 1883, la Nouvelle-Zélande en 1891, la Russie en 1898, les Etats-Unis en 1903 (des clubs locaux existaient dans les Appalaches dès 1876 ou à San Francisco), le Canada et le Japon en 1906, l'Espagne en 1908⁵³⁴.

1.3.3.2. Le Club alpin français : une société savante plus qu'une association sportive.

En France, la constitution du Club alpin français était pratiquement réalisée en 1870 par ses deux futurs premiers présidents, Adolphe Joanne, rédacteur et éditeur des célèbres guides Joanne, et Ernest de Billy, ingénieur en chef des mines. Mais, arrêté par la guerre, le projet ne fut concrétisé qu'en 1874 grâce à l'action d'Abel Lemercier, fonctionnaire de l'enregistrement et futur conservateur des hypothèques de Paris⁵³⁵. Les douze fondateurs formèrent la direction centrale, et le club comptait à sa création cent trente-huit membres.

Bien que concurrencé au niveau local par des associations comme la Société des touristes du Dauphiné (1875), la Société des alpinistes dauphinois (1892) ou le Rocher club (1895), le Club alpin français s'imposa au niveau national avec l'ambition de s'implanter sur tout le territoire. Il devint rapidement « le représentant des intérêts des alpinistes vis-à-vis de l'administration et l'interlocuteur incontournable pour toutes les questions qui [concernaient] la montagne ». Il disposait donc « d'une autorité morale indéniable qu'il [étendait] sur l'ensemble de l'univers des alpinistes où il [occupait] une position dominante. Ses conceptions de la bonne manière de réaliser les ascensions [s'imposaient] à la plupart des pratiquants »⁵³⁶.

Dès sa fondation, le CAF était très nettement orienté vers l'excursionnisme cultivé, comme en témoigne l'article premier des statuts définissant l'objet du club :

« Le Club Alpin Français sert de lien entre toutes les personnes que leurs goûts ou leurs études attirent vers les montagnes. Il a pour but de faciliter et de propager la connaissance exacte des montagnes de la France et des pays limitrophes : - par des excursions soit isolées, soit faites en commun ; - par la publication de travaux scientifiques, littéraires et artistiques, et de renseignements propres à diriger les touristes ; - par la construction et l'amélioration de refuges et de sentiers ; - par des encouragements aux compagnies de guides ; - par des réunions ou conférences périodiques ; - par la création de bibliothèques et de collections spéciales. »⁵³⁷

L'Etat le classait d'ailleurs parmi les sociétés savantes, son activité scientifique étant pendant longtemps aussi importante que ses activités de construction de refuges et d'animation de caravanes scolaires. Les liens étroits qu'il entretenait avec la Société de géographie confirmait cette orientation : sept de ses douze fondateurs du CAF étaient membres de la société, et celle-ci accueillit les premières assemblées générales et certaines des conférences que le CAF organisait. Le contenu de l'*Annuaire du Club Alpin Français*, revue officielle du club, était particulièrement révélateur : d'après le décompte effectué par Dominique Lejeune, entre 1874 et 1903 (date à laquelle l'*Annuaire* fut remplacé par

⁵³⁴ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 10.

⁵³⁵ *Ibid.*, p. 9.

⁵³⁶ *Ibid.*, p. 11.

⁵³⁷ *Annuaire du Club Alpin Français, 1874, 1, p. 1.*

la *Montagne*), 18 à 20 % des articles étaient consacrés à la science, à la littérature ou aux arts, le reste étant constitué principalement de récits de courses et d'excursions⁵³⁸. Jusque dans les années trente, le CAF comprenait plusieurs commissions scientifiques dans son organisation central. Les rapports annuels soulignaient régulièrement les apports des alpinistes à la science, essentiellement dus – comme les rapports le rappelaient eux-mêmes – à la qualité des adhérents du club, parmi lesquels se comptait un nombre important de savants et de spécialistes de diverses disciplines scientifiques.

1.3.3.3. Recrutement et conceptions de l'alpinisme au Club alpin français.

L'étude d'Olivier Hoibian montre que le Club alpin français, bien que d'un recrutement moins aristocratique et plus hétérogène que l'Alpine club, connu à ses débuts une très large sous-représentation de la classe ouvrière et une sur-représentation marquée des professions intellectuelles. La constitution de sa direction centrale était encore plus illustrative : en 1875, elle ne comptait par exemple que des Parisiens, quatre polytechniciens, cinq membres des professions libérales, trois fonctionnaires des ministères, deux savants et deux de professions inconnues⁵³⁹. La mainmise de la bourgeoisie cultivée sur les organes dirigeants, un système d'adhésion reposant sur la cooptation par deux membres ordinaires ou donateurs et sur présentation au président de section, une cotisation assez élevée, positionnèrent le Club alpin français entre les cercles aristocratiques purement mondains comme le Jockey club et les associations sportives plus populaires.

Mais l'apparente homogénéité de la conception de l'alpinisme au sein du Club alpin français procédait en fait de la domination institutionnelle de la section parisienne, sur-représentée dans les organes de direction au point que la direction centrale du club était souvent la même que celle de la section de la capitale. Hoibian montre qu'au contraire, la pratique de l'alpinisme en France était marquée par une pluralité des conceptions, perceptible dès la fin des années 1870 dans les publications des sections de province. A la conception traditionnelle et officielle de l'excursionnisme cultivé imposée par la direction parisienne s'opposaient une tendance plus sportive et aventurière, soutenue en France par les partisans de l'alpinisme sans guide comme les frères André et Pierre Puisieux, puis au sein du « groupe des rochassiers » prônant l'élitisme technique, et une approche plus provinciale et familiale d'un alpinisme sans prétention ni scientifique, ni sportive.

Dans les premières années du 20^e siècle, le CAF fut d'ailleurs agité par une contestation institutionnelle particulièrement vive. Les sections de province critiquaient la mainmise de la section parisienne sur les organes de direction alors même que son poids en membres devenait minoritaire⁵⁴⁰. Si en 1913 la révision des statuts accorda finalement la représentation proportionnelle plus importante que demandaient les sections provinciales, elle ne supprima pas les tensions entre une direction centrale vieillissante, attachée au modèle de l'excursionnisme cultivé, et des membres de plus en plus intéressés par la seule découverte sportive ou touristique de la montagne.

1.3.3.4. La domination tardive de l'excursionnisme cultivé au CAF.

Le Club alpin français occupait à la fin du 19^e siècle une position originale en Europe. Si tous les clubs alpins avaient défendu depuis leur création la découverte scientifique

⁵³⁸ LEJEUNE Dominique. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

⁵³⁹ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 22.

⁵⁴⁰ *Ibid.*, p. 59-68.

de la montagne comme un préalable et le moteur principal de l'exploration des régions montagneuses, ils s'étaient tous orientés assez rapidement, à la suite de l'Alpine club, vers une pratique de l'alpinisme plus aventureuse, plus sportive, chez certains même plus ludique (Mummery). Le CAF restait le plus ardent défenseur de l'excursionnisme cultivé, dans un contexte politique marqué par la défaite de la France en 1870 et par l'une de ses interprétations les plus courantes comme une défaite de la science française face à la science allemande.

Cette position originale se retrouvait dans un projet éducatif ancré dans la notion de dégénérescence de la race française que la défaite de 1870 avait amplifiée, et qui renouait, selon Hoibian, « avec certains principes de l'éducation bourgeoise du XVIII^e siècle, élaborés dans les milieux proches de l'orléanisme protestant »⁵⁴¹. A travers notamment l'institution des caravanes scolaires, le CAF défendait une éducation alliant les formations intellectuelle, physique et morale de la jeunesse, différente de celle que dispensaient l'institution scolaire jugée trop intellectuelle, les mouvements comme le scoutisme laissant trop de place à l'initiative individuelle et à la « débrouillardise », ou encore les sports anglais trop intensifs.

Le modèle de l'excursionnisme cultivé qui s'imposa dans l'univers des alpinistes en France par l'action du CAF s'appliquait donc à la fois à la pratique de l'alpinisme lui-même, mais aussi au recrutement des membres et à l'éducation de la jeunesse. Il resta dominant jusqu'aux années trente, malgré la montée de l'opposition formée par les conceptions qu'Olivier Hoibian qualifie d'élitisme technique et d'alpinisme sans prétention⁵⁴².

Conclusion

Au cours du 18^e siècle, la conception que se faisaient les élites cultivées de la montagne fut considérablement modifiée par un mouvement de découverte scientifique, littéraire et artistique des régions montagneuses, renouvelant leur perception négative comme lieu du divin et obstacle au déplacement, que le 17^e siècle classique avait perpétué en opposant le chaos du relief à son désir d'ordre. A la suite des philosophes suisses, la littérature et l'iconographie préromantiques soulignèrent la magnificence des paysages alpins. Passant d'une approche purement théorique à une approche naturaliste essentiellement fondée sur la description et la classification, les savants du siècle des Lumières posèrent les bases de la future glaciologie en même temps qu'ils devenaient les premiers ascensionnistes, à l'image de Saussure, artisan de la conquête du Mont Blanc. La deuxième moitié du 19^e siècle fut marquée par le double essor des connaissances scientifiques et touristiques de la montagne. Au sein de la glaciologie puis de la géomorphologie, qui renouvelaient radicalement le regard scientifique en imposant des explications physiques à orogénèse, s'affirma le rapport ambigu entre cartographie et science : alors que les cartographes la concevaient comme un outil potentiel de la recherche scientifique, la carte était en fait d'autant plus une simple *application* scientifique qu'à la fin du siècle l'interprétation topologique du terrain prenait une place centrale dans sa représentation topographique. Parallèlement, l'essor de l'ascensionnisme, qui ne fut qualifié d'*alpinisme* dans toutes les chaînes de montagne qu'au début du 20^e siècle, prenait une forme originale dominée par les caractéristiques culturelles de la découverte scientifique et artistique de la montagne, qu'Olivier Hoibian qualifie d'*excursionnisme cultivé*. Inscrit jusque dans les statuts des clubs

⁵⁴¹ *Ibid.*, p. 56.

⁵⁴² Pour un bon résumé de la contestation de l'excursionnisme cultivé entre 1874 et 1914, voir : *Ibid.*, p. 124-126.

alpins qui institutionnalisèrent la pratique de l'ascensionnisme, cette conception du tourisme de montagne resta prédominante au Club alpin français jusqu'à la fin des années vingt, malgré une opposition de plus en plus forte. Son influence considérable dans tous les clubs alpins européens jusqu'à la fin du 19^e siècle favorisa le soutien constant à l'étude de la montagne et notamment à l'émergence d'une cartographie indépendante à destination scientifique et touristique.

Chapitre 2. La naissance d'une cartographie touristique et scientifique indépendante.

Jusqu'au milieu du 19^e siècle, la première période de découverte de la haute montagne avait été dominée par les préoccupations scientifiques et littéraires. Les cartes qui accompagnaient les récits de voyages n'étaient topographiques ni par leur échelle, ni par leurs méthodes de réalisation, qui ne reposaient jamais sur des levés directs du terrain. Elles servaient uniquement à illustrer les récits ou les théories glaciologiques des savants, et conservaient une représentation traditionnelle du relief en perspective cavalière. Les seules cartes topographiques des régions alpines françaises étaient dressées par le Dépôt de la guerre, à l'exception de la *Carte physique et minéralogique du Mont Blanc* (1 : 90 000), certes publiée par un éditeur indépendant en 1815, mais levée et dressée par un militaire, l'ingénieur géographe Raymond, entre 1797 et 1799. La principale raison de ce refus de la cartographie topographique était l'absence de besoins pratiques : les savants n'utilisaient pas les cartes comme sources documentaires⁵⁴³, l'ascensionnisme ne se pratiquait qu'avec des guides locaux qui reconnaissaient et proposaient généralement les itinéraires⁵⁴⁴, et les régions de montagne ne connaissaient encore aucun développement industriel qui aurait pu nécessiter des plans topographiques. Comme je l'ai déjà souvent souligné, la relative indifférence dans laquelle furent menés les opérations géodésiques et les premiers levés topographiques pour la carte de France illustre d'ailleurs parfaitement l'absence d'intérêt pour la cartographie des zones montagneuses avant les années 1850. Ce ne fut qu'avec l'exploration plus systématique des Alpes par les glaciologues et les ascensionnistes qu'apparurent les premières cartes topographiques indépendantes, toujours dressées dans une orientation plus illustrative que pratique. Mais en France, la publication des feuilles pyrénéennes et alpines de la carte d'état-major provoqua un important mouvement de critique dans le milieu de l'excursionnisme cultivé, qui aboutit à la naissance de la figure originale du topographe-alpiniste. L'activité des premiers « topographes-alpinistes » dans les Pyrénées était encore dominée par une approche figurative de la représentation du relief, mais sa transposition dans les Alpes marqua l'affirmation d'une approche plus géométrique et scientifique, incarnée par les cousins Henri et Joseph Vallot.

2.1. Une cartographie figurative soutenue par l'essor touristique.

⁵⁴³ Voir supra, partie 2, chapitre 1.2.

⁵⁴⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 1.3.

Entre les dernières publications d'œuvres issues du 18^e siècle dans les années 1810 et les premières publications des topographes-*alpinistes* à partir de 1907⁵⁴⁵, mon corpus contient treize cartes concernant les Alpes du nord, publiées entre 1840 et 1906 par des éditeurs indépendants sous des formes diverses, souvent intégrées dans des publications littéraires ou des périodiques (encadré 2). Malgré la rareté des levés entièrement originaux, l'évolution des caractéristiques de ces cartes montre bien l'affirmation d'une véritable cartographie topographique indépendante, motivée par l'essor de nouveaux besoins essentiellement touristiques, même si elle reste inscrite dans une approche figurative.

Encadré 2 : Les cartes topographiques indépendantes des Alpes du nord au 19^e siècle.

Carte représentant le plateau du Mont Blanc (1840, environ 1 : 100 000 ⁵⁴⁶).
Dressée par le chanoine Rendu d'après des sources non indiquées, publiée dans son livre <i>Théorie des glaciers de la Savoie</i> . Chambéry : [sn], 1840.
Relief en perspective cavalière, glaciers en blanc. En noir.
Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining mountains (1845, 1 : 25 000).
Dressée par Forbes d'après ses levés de 1842, publiée dans son livre <i>Travels through the Alps of Savoy</i> . Edimbourg : A. and C.Black, 1843, 424 p.
Point de vue vertical. Relief et rocher en hachures figuratives. Glacier en hachures figuratives, sauf les bandes de Forbes en courbes figuratives ⁵⁴⁷ . En noir.
Map of the glacier systems of Mont Blanc (1854, environ 1 : 130 000 ⁵⁴⁸).
Dessinée par Alexander Keith Johnston d'après des sources non indiquées, intégrée dans la planche « Illustrations of the glacier systems of the Alps » de son <i>Physical Atlas</i> . Edimbourg : Blackwood, 1854.
Relief, rocher et glacier en hachures figuratives, avec une teinte bleutée sur les glaciers. Deux couleurs : planimétrie, toponymie, orographie, hydrographie en noir, glaciers en bleu.
Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining district (1855, 1 : 50 000).
Dressée par Forbes d'après ses levés et révisions de 1842, 1844, 1846 et 1850. Edition révisée avec une nouvelle échelle de la carte de 1845, publiée séparément. Deux couleurs : planimétrie, toponymie, orographie, hydrographie en noir, glaciers en bleu.
Map shewing three routes to the summit of the Mont Blanc as taken by a small party of Englishmen in the summer of 1855 (1856, environ 1 : 63 000 ⁵⁴⁹ , 25 x 30 cm).
Dressée par Charles Hudson et Edward-Shirley Kennedy, publiée dans leur livre <i>An Ascent of the Mont Blanc by a new route and without guides</i> . Londres : Longman Brown Green And Longmans, 1856.
Relief, rocher et glacier en hachures figuratives, avec une teinte bleutée pour les glaciers. Trois couleurs : toponymie, hydrographie, planimétrie et orographie en noir, glaciers en bleu, itinéraire d'ascension en rouge.
Travellers map of the Mont Blanc with the valleys and the glaciers around (1856, environ 1 : 265 000 ⁵⁵⁰ , 14,5 x 20 cm).
Dressée par W. et A. K. Johnston d'après des sources non indiquées, publiée dans KING S.W. <i>Italian valleys of the Pennine Alps : a tour through all the romantic and less-frequented</i>

⁵⁴⁵ Voir infra, partie 2, chapitre 2.3.3.3, et partie 3, chapitre 1.3.

« <i>vals</i> » of northern Piedmont, from the Tarentaise to the Gries. Londres : J. Murray, 1858, 558 p.
Relief et glacier en hachures figuratives. Deux couleurs : planimétrie, toponymie, orographie, hydrographie en noir, glaciers en bleu.
The Chain of Mont Blanc (1865, 1 : 80 000, 41 x 73,5 cm).
Dressée par Antony Adams-Reilly d'après ses levés de 1863-1864, publiée séparément sous l'autorité de l'Alpine club.
Relief par plages colorées : vert olive pour les parties basses, bistre pour les arêtes et contreforts, avec un rehaut de noir pour les aiguilles, bleu pour les glaciers. Rochers et glaciers à l'effet. Estompage avec un éclairage venant de l'angle haut gauche de la carte. La carte est orientée le haut au nord-ouest.
Carte topographique du massif du Mont Pelvoux (1875, 1 : 40 000).
Reproduites d'après les minutes de la carte d'état-major. Esquisse de mise en relief par le capitaine Prudent. Publiée dans l' <i>Annuaire du Club Alpin Français</i> de 1874, rééditée séparément mais sans date d'édition indiquée sur la carte.
Relief et glacier en courbes de niveau équidistantes de quarante mètres, reprises des minutes de la carte de France, avec des courbes maîtresses mises en valeur par un trait plus gras équidistantes de cent vingt mètres. Rocher en hachures figuratives. Cinq couleurs : planimétrie et toponymie en noir, orographie en bistre, glacier et hydrographie en bleu, végétation en vert, voies de communication en rouge. Estompage en éclairage vertical.
Le Massif du Mont Blanc (1876, 1 : 40 000, 116 x 192 cm).
Dressée par Viollet-le-Duc d'après les minutes de la carte d'état-major et des levés par Viollet-le-Duc, publiée par J. Baudry à Paris.
Relief par plages colorés, rocher à l'effet, et glacier en teinte grisée légèrement hachurée. Huit couleurs.
Carte topographique du Haut-Dauphiné (1890, 1 : 50 000).
Dressée par Guillemin et Læderich ⁵⁵¹ , d'après la carte d'état-major et des documents récents.
Relief en teinte de gris, rocher en hachures figuratives. En noir.
Maps of the Dauphiny Alps (1892, 1 : 100 000).
Dressée par Henri Duhamel d'après les minutes de la carte d'état-major. Première édition en cinq feuilles dans COOLIDGE W.A.B., DUHAMEL Henri, PERRIN F.. <i>Guide du Haut-Dauphiné</i> . Grenoble : A. Gratier, 1887. Deuxième édition séparément en six feuilles en 1892, sous le titre de <i>Maps of the Dauphiny Alps</i> , par Wuster, Randegger et Cie, à Winterthur. Plusieurs tirages en six feuilles en 1909 sous les titres de <i>Carte du Massif du Pelvoux</i> et de <i>cartes du Haut-Dauphiné</i> . Nouvelle édition en six feuilles en 1932, curieusement datée de 1909, incluant une nouvelle liste d'altitude, sous le titre de <i>Cartes du Haut-Dauphiné</i> ⁵⁵² .
Relief et glaciers en courbes de niveau équidistantes de quarante mètres ⁵⁵³ , comme sur les minutes dont la carte est dérivée. Rocher à l'effet. Trois couleurs : toponymie, planimétrie et rocher en noir, hydrographie et glaciers en bleu, triangles rouges pour indiquer les points géodésiques.
La Chaîne du Mont Blanc (1896, 1 : 50 000, 53 x 100 cm).
Dressée par Xavier Imfeld, d'après les « documents existants » et les levés de Louis Kurz, sous la direction d'Albert Barbey. Première édition en 1896, par Kummerly Frey, à Berne.
Nombreuses rééditions, avec des courbes de niveau à partir de 1905 ⁵⁵⁴ .
Relief par teintes, complété à partir de 1905 par des courbes de niveau équidistantes de cinquante mètres, extrapolées à partir des cotes d'altitudes, avec des courbes maîtresses en

gras équidistantes de deux cent mètres. Rocher et glacier à l'effet. Estompage. Orientation le haut au nord-ouest.

2.1.1. Cartes dérivées et levés originaux : naissance d'une cartographie topographique indépendante.

La définition de la cartographie topographique que j'ai adoptée en introduction mettait l'accent sur la mesure instrumentale du terrain, c'est-à-dire sur le levé direct de ce terrain. Si j'ai pourtant intégré dans mon corpus des cartes indépendantes qui n'étaient pas topographiques dans ce sens-là, c'est surtout parce qu'elles représentaient au 19^e siècle les seuls exemples d'une cartographie indépendante dans la région alpine et qu'elles entraient nécessairement dans l'étude d'un éventuel développement d'une véritable cartographie *topographique* indépendante. Dans les treize cartes de mon corpus publiées par des éditeurs non officiels avant 1907, cinq furent dressées à partir d'observations directes du terrain⁵⁵⁵, et deux seulement à partir de véritables levés instrumentaux originaux⁵⁵⁶. Pour autant, il n'est pas évident que seules ces deux cartes puissent être qualifiées de topographiques : plusieurs autres réalisations se basaient en effet sur des données topographiques issues d'autres cartes, en les complétant parfois par d'autres observations. J'ai décidé que ces cartes *dérivées* pouvaient être considérées comme topographiques à partir du moment où elles intégraient de nouvelles données au fond qu'elles utilisaient⁵⁵⁷, ce qui fut souvent le cas des cartes indépendantes.

2.1.1.1. La carte de Forbes, œuvre fondatrice de la cartographie topographique indépendante.

Du seul point de vue de la question des levés instrumentaux, la carte de la Mer de Glace dressée par Forbes pourrait faire figure d'œuvre fondatrice. Jusqu'aux années 1860, elle demeura le seul exemple de cartographie alpine indépendante basée sur des levés originaux⁵⁵⁸. Les éléments nouveaux qu'elle intégrait furent sans doute utilisés par certaines productions postérieures, en particulier la carte d'Hudson et Kennedy sur leur ascension du Mont Blanc depuis Saint-Gervais. Pour autant, son influence ne fut pas aussi importante que sa réalisation précoce pourrait le laisser supposer. Elle reste une œuvre purement scientifique, publiée pour illustrer les théories de Forbes sur la structure et le mouvement des glaciers. Son succès d'estime auprès des premiers et rares alpinistes fut d'ailleurs éclipsé par le prestige de la carte dressée par son élève et disciple Antony Adams-Reilly.

2.1.1.2. La carte d'Adams-Reilly, la référence topographique de la deuxième moitié du 19^e siècle.

La méthode de levé adoptée par Adams-Reilly était relativement proche de celle de Forbes. Adams-Reilly utilisa d'ailleurs la base mesurée par ce dernier, à partir de laquelle il effectua trente-six stations pour déterminer les quelques deux cents points du réseau géométrique qui structurait ses levés au 1 : 40 000. L'ambition était par contre complètement différente,

⁵⁵⁵ Dont les deux éditions différentes de la carte de Forbes.

⁵⁵⁶ La deuxième édition de la carte de Forbes ne comprend pas de données issues de nouvelles mesures instrumentales, mais seulement des révisions faites à la suite d'observations sur le terrain.

⁵⁵⁷ Voir supra, « Historiographie... », 2.1.4.

⁵⁵⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 1.2.2.3.

puisque la triangulation devait servir uniquement à la réalisation de la carte. Les levés eux-mêmes étaient plus détaillés. Adams-Reilly ne put couvrir la chaîne entière en seulement deux saisons que grâce à l'aide mutuelle qu'il échangea avec le capitaine Mieulet, qui levait le massif en même temps que lui pour la carte de France. Les deux hommes effectuèrent ensemble quelques levés et gravèrent le Triolet (3 870 mètres). L'anecdote raconte d'ailleurs que Mieulet et Adams-Reilly se trouvaient ensemble lors d'une tournée d'inspection de Borson et que ce fut l'Écossais qui convainquit celui-ci de faire publier les minutes de Mieulet par le Dépôt de la guerre – ce qui devint la carte du *Massif du Mont Blanc* (1865, 1 : 40 000)⁵⁵⁹.

A partir de ces levés originaux, Adams-Reilly dressa la première carte générale de la chaîne du Mont Blanc, sans aucun recours à la documentation suisse et piémontaise existante. Si la carte de Forbes servit probablement de base aux premières réalisations anglaises des années 1850, la carte d'Adams-Reilly fut certainement l'influence principale de toute la cartographie indépendante du massif du Mont Blanc jusqu'à la fin du 19^e siècle. Il adopta un découpage du massif qui fut repris par les réalisations postérieures de Viollet-le-Duc et d'Imfeld, dans lequel la chaîne était « délimitée par les cours d'eau qui l'entourent : l'Arve au Nord, les deux bras de la Doire baltée au Sud (Doire de Ferret et Doire de Veny), la Dranse à l'Est et le Bonnant à l'Ouest »⁵⁶⁰. Imfeld reprit également l'orientation au sud-est de la carte d'Adams-Reilly, afin d'optimiser l'espace occupé sur le papier et de placer le Mont Blanc en position supérieure. Surtout, les levés originaux d'Adams-Reilly permirent de résoudre certains problèmes topographiques posés par les cartes précédentes⁵⁶¹. Je trouve particulièrement révélateur de son influence le fait que toutes les cartes postérieures semblaient se positionner en concurrence avec la carte d'Adams-Reilly : alors que la plupart des spécialistes s'accordent sur leur utilisation des données de la carte d'Adams-Reilly, elle n'était jamais citée dans les sources documentaires indiquées sur ces cartes.

2.1.1.3. Des cartes à moitié dérivées : Viollet-le-Duc et Imfeld.

Même si elles reprenaient les éléments d'autres cartes, les œuvres de Viollet-le-Duc et d'Imfeld ne doivent pas être perçues comme de simples cartes de compilation. Toutes deux intégraient également des éléments issus des observations personnelles de leur auteur sur le terrain. Entre 1868 et 1875, Viollet-le-Duc exécuta ainsi une série de « levés » à l'aide d'une planchette munie d'une lunette, mais comme il n'effectua aucun nouveau calcul de position, toutes les cotes incluses dans sa carte provenaient directement des minutes du capitaine Mieulet qu'il citait comme source principale. Ses modifications personnelles restaient donc essentiellement d'ordre esthétique.

Par contre, la carte dressée par Imfeld apportait des modifications plus importantes. Elle se basait sur « les relevés, les mensurations et la nomenclature de Louis Kurz »⁵⁶², alpiniste auteur d'un *Guide de la chaîne du Mont-Blanc à l'usage des ascensionnistes* (1892). Xavier Imfeld lui-même connaissait relativement bien la chaîne, dans laquelle il avait effectué, pour Gustave Eiffel, les sondages préliminaires à la construction de l'observatoire

⁵⁵⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 3.3.2.

⁵⁶⁰ ALIPRANDI, *La Découverte du Mont-Blanc...*, op. cit., p. 98.

⁵⁶¹ ALIPRANDI, *La Découverte du Mont-Blanc...*, op. cit., p. 98-99.

⁵⁶² BARBEY Albert, IMFELD Xavier, KURZ Louis. *La Chaîne du Mont Blanc*. Berne : Kummerly Frey, 1896. 1 feuille. Echelle

1 : 50 000. Corpus : feuille id 1874.

Janssen au sommet du Mont Blanc⁵⁶³. Ainsi, les cotes d'altitudes qui provenaient de la documentation ancienne furent toutes recalculées à partir du nivellement de précision suisse, et de nouvelles cotes furent ajoutées à partir des mesures de Kurz. Caractéristique originale pour l'époque, et révélatrice de l'importance donnée à la mesure par les deux auteurs, les cotes d'altitude étaient même indiquées pour certains sommets dont le nom était inconnu ou absent de la carte.

Les cinq cartes de Forbes, Adams-Reilly, Viollet-le-Duc et Imfeld, montrent déjà l'extrême hétérogénéité de la production cartographique indépendante en termes de sources topographiques. Si, en dehors du massif du Mont Blanc, aucune carte ne fut dressée à partir de levés originaux, les différentes cartes consacrées au massif des Ecrins exploitaient avec plus ou moins de détail les minutes de la carte d'état-major. Sans être des œuvres topographiques originales, elles marquèrent également une étape importante dans la représentation cartographique des Alpes, ce qui justifie leur intégration dans mon corpus.

2.1.2. De nouveaux besoins touristiques.

2.1.2.1. Focalisation sur les deux seuls massifs « touristiques ».

Au-delà de la question des sources topographiques, la production cartographique indépendante changea radicalement de visage entre le début et la fin du 19^e siècle. L'étude globale des treize cartes indépendantes du 19^e siècle de mon corpus permet de dégager les caractéristiques principales de ce changement. La première est la plus visible : sur les treize cartes répertoriées, neuf représentent entièrement ou partiellement le massif du Mont Blanc et trois le massif des Ecrins. En France, ces deux régions restèrent longtemps les seules concernées par l'essor d'un intérêt scientifique et surtout touristique pour la haute montagne alpine. La cartographie indépendante se focalisait donc naturellement sur les massifs « touristiques », ce qui témoignait d'une démarche de réponse à des besoins plus ou moins explicitement exprimés par les premiers visiteurs des régions montagneuses. Deux autres caractéristiques de ces cartes soulignent également le développement d'un besoin touristique en cartes de montagne : le type de publication et l'échelle employée.

2.1.2.2. Des cartes-illustrations aux éditions séparées.

A l'exception de la seconde édition de la carte de Forbes, les cinq autres cartes publiées avant 1860 accompagnaient des récits de courses ou des descriptions plus générales de la montagne alpine. Certaines représentaient des itinéraires d'ascension, comme par exemple, dans le livre du révérend S. W. King sur *The Italian valleys of the Pennine Alps*⁵⁶⁴, la *Travellers map of the Mont Blanc* dressée par W. et A. K. Johnston, qui montrait les voies historiques d'ascension du Mont Blanc depuis Chamonix (1786), Courmayeur et Saint-Gervais (1855). Mais l'objectif restait strictement illustratif et documentaire, sans aucune orientation utilitaire – à l'image des cartes moins topographiques qui accompagnaient l'importante production d'ouvrages sur la vallée de Chamonix et les montagnes qui

⁵⁶³ Le projet fut finalement abandonné en 1891 à la suite de sondages infructueux, alors qu'Eiffel avait posé la condition de pouvoir appuyer son observatoire métallique sur un rocher affleurant à moins de douze mètres sous la glace. L'astronome Jules Janssen, membre de l'Institut, se rabattit sur l'assemblage d'un observatoire en bois sur le sommet du Mont Blanc en 1893, abandonné suite à la dislocation de la structure en 1909.

⁵⁶⁴ KING S.W. *The Italian valleys of the Pennine Alps*. Londres : J. Murray, 1858, 558 p.

l'entourent, comme le *Mont Blanc* de Charles Durier⁵⁶⁵. Le développement « touristique » de la région de Chamonix avait certes été assuré très tôt par le succès de la conquête du Mont Blanc et par la création de la compagnie des guides en 1821, mais il restait encore très relatif jusqu'aux années 1850. S'il y avait une demande de la part du public cultivé pour des récits d'excursion accompagnés de cartes, la pratique de l'ascensionnisme restait extrêmement limitée et ne se concevait de toute façon pas sans un guide qui proposait seul les voies d'ascension.

Mais après 1860, le type de publication des cartes changea radicalement : quatre des six cartes indépendantes publiées entre 1860 et 1907 furent ainsi diffusées séparément de tout ouvrage, et les deux autres, la *Carte topographique du massif du Mont Pelvoux* du Club Alpin Français et la *Carte du Haut-Dauphiné* d'Henri Duhamel, connurent rapidement des éditions séparées. Ce changement fut en grande partie provoqué par le succès de la seconde édition de la carte de Forbes auprès des alpinistes, qui avait montré l'apparition d'un besoin « touristique » pour les cartes en elles-mêmes et confirmé l'essor de la découverte de la montagne dans le domaine du loisir.

L'implication de plus en plus grande des alpinistes anglais dans le choix des voies d'ascension, en partie liée à la compétition pour les « premières », et les débuts de l'alpinisme sans guide demandaient d'ailleurs un contenu informatif nouveau aux cartes. Si dans la *Map shewing three routes to the summit of the Mont Blanc* (1856), qui accompagnait le récit de l'ascension du Mont Blanc exécutée sans guide en août 1855 par un groupe d'alpinistes anglais en suivant une nouvelle route partant de Saint-Gervais, les itinéraires d'ascension étaient surtout indiqués à titre illustratif, la représentation des routes connues entra peu à peu dans la pratique cartographique. Ainsi, Adams-Reilly complétait sa carte de *The Chain of Mont Blanc* (1865) en dessinant les routes qu'il avait empruntées. En 1876, Viollet-le-Duc intégra dans sa carte de nombreux itinéraires et sentiers, qui lui donnait une valeur touristique supérieure à la carte d'Adams-Reilly, sans pour autant être confirmée comme un *outil* touristique. L'exemple le plus complet d'une carte à vocation touristique reste *La Chaîne du Mont Blanc*⁵⁶⁶ dressée par Xavier Imfeld sur la base des levés de l'alpiniste Louis Kurz. Un nombre important d'itinéraires et de voies d'ascension était représenté, parmi lesquels de nouvelles voies d'accès au Mont Blanc et des itinéraires de cols alpins permettant la traversée du massif. Le succès de cette carte, qui connut de nombreuses éditions, confirme le développement du besoin cartographique des premiers « touristes ».

2.1.2.3. Des échelles choisies pour concurrencer la carte de France.

Les échelles employées témoignent aussi de l'affirmation de besoins moins centrés sur les représentations générales que sur les cartes détaillées. Sur les treize cartes étudiées, huit furent dressées à des échelles égales ou supérieures à 1 : 80 000, dont cinq cartes sur six pour la période postérieure à 1860. Plusieurs raisons expliquent l'utilisation d'échelles considérées comme grandes à cette époque. Tout d'abord, elle marquait une étape dans la connaissance topographique des deux grands massifs touristiques des Alpes françaises. Comme le soulignent Giorgio et Laura Aliprandi à propos du massif du Mont Blanc, « les cartes spécifiques [s'attachaient] désormais à la description de secteurs particuliers du massif, ce qui prouve que les connaissances topographiques du Mont Blanc avaient atteint

⁵⁶⁵ DURIER Charles. *Le Mont Blanc*. Paris :Sandoz et Fischbacher, 1877, 486 p.

⁵⁶⁶ BARBEY Albert, IMFELD Xavier, KURZ Louis. *La Chaîne du Mont Blanc*. Op. cit.

un bon niveau général, permettant de répondre avec plus de précision à de nouvelles exigences »⁵⁶⁷.

Je pense que l'emploi de grandes échelles montre aussi une insatisfaction du public des cartes alpines, notamment par rapport à la carte de France. En effet, dans leur majorité, les cartes indépendantes étaient dressées à une échelle égale ou supérieure à la carte d'état-major, ce qui les mettait en concurrence directe avec les feuilles de celle-ci consacrées à la haute montagne alpine, publiées entre 1867 et 1876 – le massif du Mont Blanc étant partiellement représenté sur les feuilles de Vallorcine et d'Annecy, publiées respectivement en 1867 et 1869 – mais aussi avec les minutes de Mieulet publiées au 1 : 40 000 en 1865⁵⁶⁸. La multiplication des cartes couvrant les mêmes régions témoigne aussi d'une insatisfaction plus générale envers les cartes indépendantes elles-mêmes, dont aucune n'arriva à s'imposer comme une référence durable avant la carte des Vallot⁵⁶⁹. J'interprète cette insatisfaction chronique avant tout comme le signe d'une évolution rapide des besoins « touristiques », dont témoigne le succès de la carte d'Imfeld ; mais dans ses rapports avec la carte de France, elle montre aussi une divergence profonde des conceptions cartographiques, qui se traduisait par exemple dans les multiples cartes exploitant les minutes de la carte officielle avec des systèmes de représentation différents.

2.1.3. Une représentation encore essentiellement figurative.

Les modes de représentation du relief utilisés sur les cartes indépendantes étaient très variables ; généralement, plusieurs systèmes différents étaient utilisés sur une même carte : je pense que cette multiplication témoignait particulièrement du souci figuratif encore dominant (tableau 2). Les catégories utilisées dans ma base de données, nécessairement simplifiées pour le traitement statistique, ne montrent d'ailleurs que partiellement cette diversité. A l'exception de la perspective cavalière, reliquat de la cartographie du 18^e siècle abandonnée après 1840, les autres modes de représentation du relief furent utilisés pendant tout le 19^e siècle. La distinction entre méthodes purement figuratives (couleurs, effet, hachures figuratives) et méthodes potentiellement géométriques (courbes de niveau) ne m'apparaît pas très pertinente pour les treize cartes étudiées. L'extrême hétérogénéité des sources utilisées bouleverse en effet cette répartition, puisque, par exemple, deux des cartes utilisant des courbes de niveau se contentaient en fait de reproduire les courbes des minutes de la carte de France. Je pense au contraire que la distinction doit se faire dans l'ambition – parfois plurielle pour une même carte – qui gouvernait le choix du mode de représentation, entre les tentatives de descriptions scientifiques du terrain, la tendance à une figuration artistique conçue comme un tableau de la montagne, et la représentation empruntée de façon opportuniste aux sources utilisées, témoin des compétences limitées des premiers cartographes indépendants.

Tableau 6 : Mode de représentation du relief dans les cartes indépendantes publiées avant 1907.

⁵⁶⁷ ALIPRANDI. *La Découverte du Mont-Blanc. Op. cit.*, p. 94.

⁵⁶⁸ Voir infra, partie 2, chapitre 3.3.2.

⁵⁶⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 2.3.

Mode de représentation du relief*		Nombre de feuilles	Proportion**
Relief	Perspective cavalière	1	7,69 %
	Couleurs / Effet	5	38,46 %
	Hachures figuratives	6	46,15 %
	Courbes de niveau	3	23,08 %
	<i>Estompage</i>	6	46,15 %
Rocher	Hachures figuratives	6	38,46 %
	A l'effet	5	46,15 %
Glacier	Hachures figuratives	5	38,46 %
	A l'effet	3	23,08 %
	Teintes / Courbes figuratives	4	76,92 %
	Courbes de niveau	2	15,38 %
Total		13	

* Les modes de représentation ont été classés dans l'ordre croissant de l'importance de leur base géométrique et/ou

** Plusieurs modes de représentation du relief pouvaient être employés sur une même feuille, à l'image de la carte de la chaîne du Mont Blanc d'Imfeld qui utilisait des teintes et des courbes de niveau à partir de son édition de 1905 : le total du nombre de feuilles dans chaque catégorie ne correspondant donc pas au nombre total des feuilles, et la somme des pourcentages est supérieure à cent.

2.1.3.1. L'abandon tardif de la perspective cavalière.

La perspective cavalière cessa d'être utilisée plus tardivement dans la cartographie indépendante que dans la cartographie officielle : elle ne fut définitivement abandonnée qu'au milieu du 19^e siècle, alors que les militaires ne l'employaient plus depuis la fin du 18^e siècle, même si son rejet « officiel » date de la Commission de topographie de 1802. Le dernier exemple d'emploi de la perspective cavalière dans une carte de savant se trouvait dans la *Carte représentant le plateau du Mont Blanc* qui accompagnait la *Théorie des glaciers de Savoie* du chanoine Rendu (1840)⁵⁷⁰. Dressée d'après les livres de Saussure, elle reprenait la représentation perspective employée par Pictet sur les cartes qui accompagnaient ceux-ci, mais certaines zones de moyenne montagne étaient représentées par des hachures figuratives proches de la projection horizontale. Cette carte n'est incluse dans mon corpus qu'en raison de sa date de publication, comme dernier exemple de la tradition cartographique des savants du 18^e siècle. Mais elle témoigne du décalage entre la cartographie officielle militaire et la cartographie indépendante, dans laquelle l'approche purement figurative qu'incarnait la perspective cavalière⁵⁷¹ persista sous d'autres formes jusqu'à la fin du 19^e siècle.

2.1.3.2. Une description scientifique du terrain focalisée sur les glaciers.

Jusqu'à la fin des années 1850, l'illustration des conceptions glaciologiques constituait la principale motivation d'une cartographie indépendante de la haute montagne. Les cartes de Rendu et de Forbes, ainsi que la *Map of the glacier systems of Mont Blanc* de Johnston – qui s'inspirait fortement de celle de Forbes dans sa facture et son contenu, même si l'échelle et la zone couverte différaient sensiblement –, adoptaient une facture qui se

⁵⁷⁰ Echelle approximative : 1 : 100 000, 21 x 18 cm. Corpus F_1950. Corpus : feuille id 1950.

⁵⁷¹ Dont l'emploi témoignait aussi des orientations scientifiques des savants, voir supra, partie 2, chapitre 1.2.2.3.

focalisait sur la représentation des glaciers. L'emploi de la polychromie était particulièrement révélateur : sauf dans la carte monochrome de Rendu, la seule couleur en plus du noir était le bleu utilisé uniquement pour les glaciers – et pas pour l'hydrographie. La multiplicité des techniques utilisées pour figurer les glaciers est révélatrice d'une discipline encore en voie de formalisation. Généralement, les zones glaciaires étaient représentées de manière figurative, par de petites hachures appliquées sur une teinte de fond (blanc chez Rendu, bleu chez Forbes et Johnston) afin de rendre leur aspect général. Si la légèreté de l'effet témoigne chez Rendu d'une connaissance limitée du système glaciaire, les détails soulignant la structure des différents glaciers chez Forbes et Johnston montrent les progrès de l'exploration directe du massif. Pourtant, j'estime que peu de cartes indépendantes utilisaient alors une véritable représentation *à l'effet*, c'est-à-dire figurant la structure des accidents glaciaires en projection horizontale par le dessin de hachures : si son emploi est indubitable sur la carte d'Imfeld, je ne retrouve ses prémisses que dans la carte d'Adams-Reilly, dans laquelle les teintes demeurent cependant le système figuratif principal.

A part sur la carte de Rendu, la représentation du relief lui-même et du rocher en particulier restait relativement détaillée par rapport aux autres productions de l'époque, même si elle était moins mise en avant que celle du glacier : des hachures figuratives suivant les lignes de plus grande pente soulignaient le relief, une bande blanche marquait les crêtes autour duquel une partie du rocher était figuré par un dessin en hachures. Là encore, j'estime que la représentation du rocher ne peut être qualifiée de *mise à l'effet* que dans cinq cartes parmi les plus tardives : celles de Viollet-le-Duc et d'Adams-Reilly, dans lesquelles le dessin du rocher reste encore très figuratif, inscrit dans une approche globalement picturaliste, et surtout les deux versions de la carte d'Imfeld, parfait exemple du talent des topographes suisses qui formalisèrent dans la deuxième moitié du 19^e siècle la technique de la mise à l'effet du rocher, ainsi que la carte d'Henri Duhamel, dans laquelle la figuration du rocher était explicitement conçue sur le modèle suisse. Moins figurative et plus soucieuse de rendre la structure des masses rocheuses, cette méthode ne se généralisa vraiment qu'au début du 20^e siècle, dans les cartographies officielle et indépendante, sous l'influence des topographes-alpinistes invoquant le modèle suisse⁵⁷².

En adoptant une représentation détaillée du terrain en projection horizontale, Forbes avait apporté un changement important dans la cartographie indépendante de la haute montagne. Si elle demeurait une illustration de ses théories glaciologiques, particulièrement visible dans sa représentation en fausses courbes de niveau des bandes de Forbes, sa carte présentait un intérêt topographique qui fut rapidement reconnu par les premiers ascensionnistes et par Forbes lui-même, qui en donna une seconde édition révisée, publiée séparément de la relation de ses voyages scientifiques dans les Alpes. Elle inspira d'ailleurs la première véritable carte d'alpinistes, la *Map shewing three routes to the summit of Mont Blanc*, dont l'orientation « touristique » se retrouvait dans une représentation beaucoup moins détaillée des glaciers, contrairement au relief qui conservait la même figuration en hachures et bandes blanches pour les crêtes.

Cependant, la carte de Forbes restait une œuvre de savant. Malgré l'intérêt pour les sciences des premiers ascensionnistes, je pense que sa représentation sobre et technique et sa limitation à une partie réduite du massif du Mont Blanc l'empêchèrent de s'imposer comme la carte de référence auprès des alpinistes qui partageaient une approche globale de la montagne basée certes sur la science, mais aussi sur la révélation esthétique des hauteurs. En même temps que se développa l'intérêt plus touristique pour la haute

⁵⁷² Voir infra, partie 3, chapitres 4.2.2 et 4.2.3.

montagne, la « cartographie de savants » déclina au profit d'une représentation plus figurative et artistique des régions alpines, sous l'influence décisive de la carte dressée par le disciple de Forbes : Antony Adams-Reilly.

2.1.3.3. Une représentation plus figurative et artistique de la haute montagne.

Si la carte de Forbes fut une œuvre fondatrice qui servit de base aux premières réalisations anglaises des années 1850, l'influence principale des cartographes indépendants de la deuxième moitié du 19^e siècle fut certainement l'œuvre d'Adams-Reilly, *The Chain of Mont Blanc* (1865, 1 : 80 000). Dressée à partir de levés originaux basés sur les travaux de Forbes⁵⁷³, elle utilisait une représentation du relief radicalement différente de la carte de ce dernier : les différents niveaux étaient représentés par des teintes colorées, en vert olive pour les parties basses, en bistre pour les arêtes et les contreforts, avec un rehaut de noir pour les aiguilles, et en bleu pour les glaciers. Certaines parties glaciaires et les zones rocheuses fortement déclives étaient figurées par un dessin détaillé à base de hachures, que j'assimile à une mise à l'effet. Adams-Reilly appliqua également un effet d'estompagement venant du coin haut gauche de la feuille, une direction traditionnelle mais qui, compte tenu de l'orientation de la carte, ne simulait pas un éclairage provenant du nord-est, mais de l'est.

Malgré la base géométrique de ses levés et la figuration relativement détaillée des structures glaciaires et rocheuses, Adams-Reilly privilégiait donc une approche figurative. Sa carte était plus conçue comme un tableau du massif que comme un document utilitaire : aucune cote d'altitude n'était indiquée et seuls les itinéraires d'ascension empruntés par Adams-Reilly étaient représentés. Je pense que cette carte, beaucoup plus que celle de Forbes, fixa les normes de la représentation du massif du Mont Blanc jusqu'à la fin du 19^e siècle, en affirmant l'orientation encore essentiellement figurative et fixiste de la cartographie alpine indépendante.

Son influence est d'ailleurs manifeste dans les deux autres cartes topographiques du massif du Mont Blanc dressées en dehors des services officiels avant la fin du 19^e siècle. Malgré l'ambition de son auteur d'en faire une œuvre d'utilité scientifique – l'habillage contenait plusieurs coupes du terrain –, la carte de Viollet-le-Duc (1876) n'apportait par rapport aux cartes d'Adams-Reilly ou de Mieulet qu'une représentation plus artistique du relief, servie par l'utilisation de huit couleurs différentes, d'une figuration expressive des parties rocheuses, et d'un estompagement simulant l'éclairage du soleil à onze heures du matin. Le dessin et les teintes de couleur particulièrement soignés, la grande échelle et l'orientation traditionnelle au nord qui imposaient une surface importante (116 x 192 centimètres), lui donnaient l'aspect d'un véritable tableau. D'orientation touristique et topographique plus marquée, la carte de *La Chaîne du Mont Blanc* dressée par Imfeld (1896) représentait l'héritage d'un demi-siècle d'exploration du massif. Dans sa première édition de 1896, elle conservait une représentation du relief mêlant des teintes colorées, un estompagement et une figuration à l'effet du rocher et de certaines parties des glaciers. La représentation du terrain était très détaillée, parfaite illustration du talent des topographes suisses qui furent érigés en référence par les alpinistes européens. A partir de 1905, les rééditions intégrèrent des courbes de niveau, mais celles-ci n'étaient qu'extrapolées à partir des cotes d'altitudes de la carte et ne remplaçaient pas la représentation du relief par plages colorées, qu'elles complétaient seulement pour permettre une estimation des dénivelés – une réponse aux attentes des alpinistes qui s'intéressaient de plus en plus directement à l'étude des voies d'ascension.

⁵⁷³ Voir supra, partie 2, chapitre 2.1.1.

L'emploi d'une figuration du relief à base de teintes se retrouvait aussi dans les cartes du massif des Ecrins. Si les cartes du Club alpin français et d'Henri Duhamel reprenaient les courbes de niveau des minutes du Dépôt de la guerre, la première y ajoutait des plages de vert, de bistre et de bleu pour indiquer les fonds de vallées, les pentes rocheuses et les glaciers, ainsi qu'un estompage donnant un rendu particulièrement doux d'une région pourtant très accidentée. Abstraction faite des courbes, l'effet général se rapprochait des cartes du massif du Mont Blanc. Bien que monochrome, la *Carte topographique du Haut-Dauphiné* (1890, 1 : 50 000) représentait également le relief par un effet de teintes grisées, probablement obtenu, en raison des procédés d'impression, par de très fines hachures qui ne constituaient cependant pas des hachures suivant les lignes de pente.

Si les quelques exemples d'utilisation de courbes de niveau témoignaient d'une évolution des besoins des alpinistes, les modes de représentation du relief utilisées dans les cartes indépendantes restaient le plus souvent figuratifs. Malgré une apparente proximité, leur forme d'application présentait une subtile variété due à l'interprétation artistique du dessin. L'emploi de couleurs et d'estompage pour marquer les niveaux du terrain et son modelé donnaient une apparence très picturale. Même si elles adoptaient une projection horizontale, les cartes indépendantes ressemblaient à de véritables tableaux de la montagne : cette approche artistique répondait à la dimension esthétique encore largement présente dans la découverte de la haute montagne, que les alpinistes de la fin du 19^e siècle qualifiaient d'ailleurs toujours de « révélation ».

2.1.3.4. Une représentation géométrique opportuniste : la reprise des courbes de niveau des minutes de la carte d'état-major.

A l'exception des courbes de niveau ajoutées sur la carte d'Imfeld à partir de 1905, les seuls exemples d'une représentation géométrique du relief se trouvent sur les cartes du massif des Ecrins qui recopiaient les courbes de niveau des minutes de la carte d'état-major. La *Carte topographique du massif du Mont Pelvoux* (1874, 1 : 40 000) du Club alpin français adoptait une échelle et une équidistance identique à celle des minutes, mais en mettant en valeur par un trait gras des courbes maîtresses équidistantes de cent vingt mètres. La *Maps of the Dauphiny Alps* (première édition en 1887, 1 : 100 000) de Duhamel reprenait également la même équidistance, mais sans mise en valeur de courbes maîtresses. Toutes deux restaient des œuvres de compilation, dont les apports se limitaient à une toponymie révisée et à une représentation figurative plus travaillée, soit par l'emploi de teintes colorées dans la carte du CAF, soit par une représentation du rocher plus expressive dans la carte de Duhamel. Elles ne représentaient aucun itinéraire, alors même que le massif des Ecrins commençait pourtant à être bien exploré, comme en témoignaient certains toponymes inscrits sur les cartes, « Pic Coolidge » ou « Pointe Puiseux » par exemple.

J'interprète cette utilisation des courbes de niveau plus comme un opportunisme pragmatique que comme une véritable ambition d'adopter une représentation géométrique du relief. Les cartes du CAF et de Duhamel utilisaient des courbes de niveau surtout parce que leur principale source topographique en comportait. L'utilisation préférentielle des minutes au 1 : 40 000 tenait probablement à leur clarté supérieure qui facilitait la copie, mais aussi peut-être au début d'une préférence des alpinistes pour les courbes de niveau qui permettaient une estimation des dénivelés. Les travaux des premiers « topographes-alpinistes »⁵⁷⁴ généralisèrent cette préférence, au point que l'ajout tardif de courbes sur la carte d'Imfeld peut être vu comme le signe d'une véritable demande des alpinistes.

⁵⁷⁴ Voir infra, partie 2, chapitre 2.2.

Je trouve particulièrement révélateur de cette attitude opportuniste que les principales modifications apportées aux minutes de la carte d'état-major soient d'ordre figuratif. Elles illustraient une critique récurrente des alpinistes qui reprochaient à la carte de France de ne pas donner une représentation assez expressive du relief : jusqu'à la fin du 19^e siècle, la découverte de la montagne était autant esthétique que scientifique ou touristique, et sa représentation devait donc conserver un côté artistique, que ce soit en littérature, à travers les évocations lyriques de la magnificence des hauteurs dont abondaient les récits de courses ou d'excursions scientifiques, ou en cartographie.

Mais l'utilisation des courbes de niveau montrait aussi les limites techniques plus générales des premiers cartographes indépendants de la haute montagne. Leurs réalisations n'étaient que rarement basées sur des levés originaux, et elles ne consistaient alors le plus souvent qu'en de simples observations détaillées (Viollet-le-Duc, Kurz), parfois appuyées sur des points déterminés par une triangulation (Forbes, Adams-Reilly). Aucune de ces techniques ne permettait une représentation géométrique du relief de haute montagne, que le service officiel lui-même avait plus ou moins abandonnée⁵⁷⁵. Ce fut dans ce contexte d'insatisfaction vis-à-vis de la carte de France et de compétences limitées des cartographes indépendants qu'émergea la figure originale du « topographe-alpiniste » dans le dernier quart du 19^e siècle – d'abord dans les Pyrénées, puis avec plus d'ampleur dans les Alpes.

2.2. Naissance du « topographe-alpiniste » dans les Pyrénées : la prédominance de l'approche figurative.

Dans le dernier quart du 19^e siècle, la multiplication des cartes indépendantes couvrant les mêmes massifs touristiques soulignait l'insatisfaction chronique et le nouveau besoin des alpinistes en cartes de haute montagne. Entre une cartographie officielle encore focalisée sur les nécessités militaires et administratives qui négligeait la représentation des régions montagneuses et une cartographie indépendante dominée par l'approche figurative et artistique s'affirma une figure originale, parfait exemple de l'excursionnisme cultivé : le *topographe-alpiniste*. Le terme semble avoir été adopté par Henri Vallot au début du 20^e siècle, sans toutefois s'imposer, mais les premiers topographes-alpinistes étaient en fait des pyrénéistes qui, à la suite de Franz Schrader (1844-1924), commencèrent à dresser des cartes détaillées de la chaîne pyrénéenne après 1874. Le vocable témoigne encore de la généralisation du nom d'alpiniste au début du 20^e siècle pour qualifier toute activité d'ascensionnisme, quelque soit la chaîne dans laquelle elle était pratiquée, mais aussi de l'ampleur supérieure des travaux topographiques exécutés par de véritables *alpinistes* – c'est-à-dire dans les Alpes. Quant à l'activité des topographes-alpinistes elle-même, son développement fut principalement déterminé par la réaction des ascensionnistes à la publication des premières feuilles de la carte de France consacrées aux régions de haute montagne, qui se manifesta d'abord par une critique de plus en plus systématique, avant de se transformer en une volonté de dresser eux-mêmes des cartes plus adaptées à leurs besoins. Véritable fondateur de la figure du topographe-alpiniste, Franz Schrader se distingua des précédentes réalisations de la cartographie indépendante par la mise en œuvre d'une méthode de levés topographiques simple et rapide pour favoriser le travail sur le terrain difficile de la haute montagne. Mais malgré cette orientation un peu plus

⁵⁷⁵ Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.2.3.

technique, les premières cartes des « topographes-pyrénéistes » restaient encore dominées par l'approche figurative, dans le but de glorifier les montagnes par leur représentation cartographique expressive.

2.2.1. De la critique de la carte de France à une cartographie d'ascensionnistes.

2.2.1.1. La déception des premières feuilles de montagne.

Les opérations géodésiques et les levés topographiques de la carte de France ayant été exécutées dans les Pyrénées avant les Alpes, la première feuille de montagne publiée concernait la chaîne pyrénéenne : il s'agissait de la feuille de *Luz* (1863), qui couvrait notamment les régions accidentées du Vignemal et de Gavarnie. L'intérêt nouveau pour la topographie et la toponymie de la chaîne et l'augmentation des connaissances entraînée par son exploration participèrent à un accueil très mitigé des premières feuilles pyrénéennes. Loin de reconnaître les efforts consentis par les officiers pour trianguler et lever une région d'un intérêt très limité pour les utilisateurs potentiels de la carte à une époque où le développement du tourisme pyrénéen était encore difficilement envisageable, les premiers pyrénéistes critiquèrent la « médiocre représentation des rochers et des glaciers, [la] toponymie incertaine, [les] sentiers peu visibles et surtout, peut-être, [le] vide absolu du versant espagnol, la carte d'état-major s'interdisant de franchir les frontières »⁵⁷⁶.

Les premières feuilles alpines furent publiées rapidement après la feuille de *Luz*. En 1863 paraissait la feuille d'*Annecy*, puis en 1864 des éditions provisoires des feuilles d'*Allevard* (ancien titre de la feuille de *St-Jean-de-Maurienne*), de *Tignes* et de *Bonneval*, qui attendaient d'être complétées par les levés en cours dans les régions annexées. Pour ne citer que les feuilles couvrant des régions de haute montagne, les publications suivantes furent : *Briançon* (1866), *Tignes* (1867), *Vallorcine* (1867) qui comprenait une partie du massif du Mont Blanc, *Aiguilles* (1867), puis des éditions complétées des feuilles d'*Annecy* (1869), *Bonneval* (1873) et *St-Jean-de-Maurienne* (1876). Si la publication des minutes du capitaine Mieulet en 1865 fut très appréciée par les alpinistes, ceux-ci critiquèrent de la même façon que les feuilles pyrénéennes les feuilles alpines concernant les régions « touristiques » du massif du Mont Blanc et du Haut-Dauphiné : « échelle trop petite, lecture difficile par suite des hachures trop serrées qui rendent la carte trop "noire", erreurs d'altitudes, de toponymie, de localisation [...], [impuissance] à "rendre" le relief montagnard dans toute sa complexité »⁵⁷⁷.

Cependant, malgré les nombreuses critiques, le rejet de la carte de France n'était pas total. Elle représentait une source fondamentale d'informations dont pyrénéistes et alpinistes ne pouvaient pas se priver. L'ascensionnisme se pratiquait encore le plus souvent avec un guide qui choisissait parfois seul les itinéraires⁵⁷⁸, mais l'émergence d'une catégorie d'ascensionnistes « professionnels » qui consacraient l'essentiel de leur temps à la conquête des sommets modifiait cette situation : le début de la course aux premières justifiait non seulement le choix de la destination, mais aussi de la route à suivre puisqu'elle se devait d'être originale. La carte de France devenait donc un outil nécessaire à la planification des ascensions. En 1889, dans son livre sur *Les Alpes et les grandes*

⁵⁷⁶ BROC Numa. *La Montagne, la carte et l'alpinisme*. *Op. cit.*, p. 113.

⁵⁷⁷ *Ibid.*, p. 115-116.

⁵⁷⁸ Voir le passage sur les rapports entre guides et alpinistes dans HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France*. *Op. cit.*, p. 165-166.

ascensions, Emile Levasseur, membre de l'Institut et du Club alpin français, rappelait que « c'[était] la carte d'état-major à la main que les touristes se [promenaient] et [escaladaient] les sommets »⁵⁷⁹. Celle-ci complétait les informations fournies par les récits de course et les descriptions géographiques de la région parcourue. Dans les années vingt encore, au sein du Groupe de haute montagne récemment créé en 1919, la préparation des courses sans guide passait par une étude précise de la littérature et de la carte d'état-major⁵⁸⁰, qui pour certaines régions demeuraient la seule carte officielle disponible.

2.2.1.2. Une critique systématique justifiée par le *credo* de l'excursionnisme cultivé.

La nature même des critiques adressées par les alpinistes à la carte de France soulignait leur emploi régulier de cette carte. Plus qu'un jugement général sur la représentation du relief adoptée ou la lisibilité des feuilles de montagne, ces critiques se construisaient dans une étude détaillée du contenu, reposant sur de multiples comparaisons avec le terrain. Tous les clubs alpins – et particulièrement le Club alpin français – partageaient le but d'accroître la connaissance des montagnes, généralement inscrit dans leur statut même. La carte d'état-major se présentant comme l'état officiel de la science française en matière de topographie, les membres du CAF mettaient en pratique leur conception de l'ascensionnisme en adoptant une attitude de critique constructive, qui consistait à corriger toutes les erreurs découvertes sur cette carte. Dans le dernier quart du 19^e siècle, la chasse aux erreurs se systématisa dans une pratique quasi-institutionnalisée de la critique, justifiée par le *credo* de l'excursionnisme cultivé.

Dans cette conception de la découverte des montagnes, les ascensionnistes apportaient fréquemment dans leurs courses des instruments scientifiques simples afin d'effectuer quelques observations sur la température et la pression atmosphérique. Ils effectuaient généralement des inventaires des sommets environnants et tentaient parfois de déterminer l'altitude de celui qu'ils venaient de gravir à l'aide du baromètre. La plupart concentrait leurs efforts sur des régions peu étendues pendant de nombreuses années, ce qui leur permettait d'accumuler une quantité importante de connaissances qu'ils se mirent en devoir de faire partager. Les récits de course et les revues spécialisées se peuplèrent de passages ou d'articles entiers consacrés aux corrections et aux compléments de la carte de France en matière de toponymie, de sentiers et d'itinéraires, ou encore d'altitudes des sommets pour l'ascension desquels les alpinistes dépensaient tant d'énergie qu'ils voulaient en connaître aussi précisément que possible la hauteur. Par rapport à une communauté des alpinistes de taille encore réduite, les critiques et correctifs de la carte de France étaient nombreuses, au point que René Siestrunk affirme que « les revues touristiques des vingt-cinq dernières années du XIXe et du début du XXe siècle [débordaient] de mises au point, de contestations, de cartes et de croquis »⁵⁸¹.

2.2.1.3. Les premières cartes d'alpinistes, des rectifications de la carte d'état-major.

Si les corrections et compléments à la carte d'état-major prenaient le plus souvent la forme de listes de noms et d'altitudes ou d'études détaillées sur une erreur toponymique ou

⁵⁷⁹ LEVASSEUR Emile. *Les Alpes. Op. cit.*, p. 62.

⁵⁸⁰ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 148.

⁵⁸¹ SIESTRUNCK René. *Tourisme, patriotisme et topographie. Op. cit.*, p. 346.

topographique, certains ascensionnistes dressèrent également des cartes approximatives, généralement appelées *cartes-croquis* ou *-esquisses topographiques*.

Les premières cartes publiées par des ascensionnistes avaient ainsi pour unique but de rectifier les défauts et les erreurs de la carte de France, principalement dans les domaines de la toponymie et des itinéraires. Les premiers exemples concernaient les Pyrénées, pour lesquels l'absence de représentation du versant espagnol était particulièrement problématique aux yeux des pyrénéistes. Ainsi, le comte Russel accompagnait le récit de ses *Grandes ascensions des Pyrénées d'une mer à l'autre* paru en 1866, d'une douzaine d'esquisses topographiques, dont l'une représentait la région des Monts Maudits au 1 : 100 000⁵⁸². La même année, son éternel rival Charles Packe dressa lui aussi une carte des Monts Maudits au 1 : 80 000⁵⁸³ pour son *Guide to the Pyrenees* : la position et l'altitude des points avaient été déterminées au cours de trois séjours à l'aide « d'une boussole, d'un baromètre anéroïde et d'un appareil à déterminer l'altitude par le point d'ébullition de l'eau », instruments pour le moins approximatifs. Henri Béraldi écrivit plus tard sur cette carte que « rien n'y [était] à sa place mathématique, mais [que] tout y [était] »⁵⁸⁴ – une description un peu rapide puisque la « carte laissait de vastes espaces blancs [...], les parties les plus travaillées [étant] les deux massifs des Mont-Maudits et des Posets »⁵⁸⁵.

Les alpinistes disposant de cartes dressées par des scientifiques ou des militaires pour les deux principaux massifs touristiques, la critique de la carte de France ne se traduisit pas comme dans les Pyrénées par la publication de cartes approximatives, mais elle n'en fut pas pour autant moins vive. Cependant, l'ambition des ascensionnistes de corriger la carte de France se trouvait encore limitée par leur compétence technique qui restreignait la pertinence de leur critique à la toponymie et au tracé des itinéraires. En 1889, Emile Lavasseur soulignait d'ailleurs la prétention d'une telle ambition :

« Si quelques-uns se flattent de corriger avec le baromètre une cote d'altitude obtenue par la triangulation, c'est une présomption que le succès justifie bien rarement : car le baromètre ne saurait avoir la précision des instruments de géodésie. »⁵⁸⁶

Ce fut justement pour résoudre le problème de l'imprécision des mesures effectuées par les ascensionnistes que le pyrénéiste Franz Schrader développa à partir de 1874 une méthode de levé simple et rapide, reposant sur un instrument original : l'orographe. Son œuvre constitue ainsi le premier exemple d'une cartographie véritablement topographique exécutée par un ascensionniste.

2.2.2. Franz Schrader, le premier topographe-alpiniste.

2.2.2.1. La vocation pyrénéiste d'un « génie » autodidacte.

⁵⁸² RUSSEL-KILLOUGH Henri, *Les grandes ascensions des Pyrénées*. Op. cit. Les Monts Maudits. Planche hors texte. Echelle 1 : 100 000.

⁵⁸³ PACKE Charles. *A guide to the Pyrenees*. Op. cit. Les Monts Maudits (Pyrenees). Carte hors-texte. Echelle 1 : 80 000. 2 couleurs (bistre et bleu).

⁵⁸⁴ BERALDI Henri. *Cent ans aux Pyrénées*. T.3, p. 59. Cité par BROU Numa. La Montagne, la carte et l'alpinisme. Op. cit., p. 113.

⁵⁸⁵ *Images de la montagne*. Op. cit. Troisième partie : Découverte des sommets et tourisme (XVIIIe-XIXe siècles), p. 41.

⁵⁸⁶ LEVASSEUR Emile. *Les Alpes*. Op. cit., p. 62.

Par son œuvre imposante et les méthodes de travail qu'il développa, Franz Schrader (1844-1924)⁵⁸⁷ fut le véritable fondateur de la figure du topographe-alpiniste. Jeune employé de commerce bordelais, il découvrit les Pyrénées à vingt-deux ans lors d'un voyage à Pau en 1866. Sous sa plume ou celle de ses biographes, sa découverte fut racontée dans le même registre romantico-religieux du « coup de foudre » et de la « révélation » que celle de tous les grands ascensionnistes du 19^e et du début du 20^e siècle. Devenu rapidement un fervent pyrénéiste, il entreprit, dans le pur esprit de l'excursionnisme cultivé, « de décrire, mieux, de glorifier, la montagne par tous les moyens à sa disposition : le dessin, la peinture, le panorama, le tour d'horizon, la photographie et, bien sûr, la carte »⁵⁸⁸. Auteur des premières cartes topographiques indépendantes des Pyrénées, il devint en 1880 directeur de la cartographie à la maison Hachette, menant en parallèle une carrière de professeur à l'école d'anthropologie et une activité associative au sein de la Société des peintres de montagne et du Club alpin français, dont il fut président de 1901 à 1904, après avoir participé à la création en 1877 de la section sud-ouest.

Censé avoir appris seul le levé, le dessin et la gravure topographique, il fut unanimement qualifié de génie autodidacte par tous ses biographes. Cette image de « génie sorti de nulle part » qui s'accordait si bien avec le mythe méritocratique et la croyance dans le progrès scientifique de la fin du 19^e siècle m'apparaît trompeuse, et je pense qu'il faut au contraire souligner le contexte familial plus que propice, puisque Franz Schrader était par sa mère le neveu des géographes Elisée et Onésime Reclus. Toute l'ambiguïté de la légende construite autour de Schrader se retrouve dans la phrase de Béraldi affirmant qu'il était né « avec la géographie dans le sang », double référence implicite à son environnement familial et à une sorte de prédisposition innée. Il reste qu'à défaut de génie, Franz Schrader fut bien un innovateur, fondateur de la figure du topographe-alpiniste par la réalisation d'un grand nombre de cartes topographiques des Pyrénées qui affirmèrent pour la première fois la possibilité d'une cartographie détaillée des régions montagneuses exécutée par les ascensionnistes eux-mêmes.

2.2.2.2. Une immense œuvre cartographique.

En 1869, peu après sa découverte des Pyrénées, Schrader commença en effet le levé d'une carte du Mont Perdu avec son ami Lourde-Rocheblave. Dessinée et gravée à l'échelle du 1 : 40 000 par Schrader lui-même, la *Carte du Mont-Perdu et de la région calcaire des Pyrénées* fut publiée en 1874 avec le soutien du Club alpin français, et reconnue comme une œuvre magistrale par les milieux scientifiques et ascensionnistes. Il dressa en 1878 une carte plus générale de la *Région du Mont Perdu* au 1 : 100 000, puis s'attela à une œuvre plus ambitieuse : une carte des *Pyrénées centrales avec les grands massifs du versant espagnol* au 1 : 100 000, dont six feuilles parurent entre 1882 et 1901. Pour Numa Broc, « il ne s'[agissait plus [...] d'une carte d'alpiniste, figurant un petit massif avec un luxe de détails, mais d'une entreprise scientifique considérable, concurrençant directement les services cartographiques officiels »⁵⁸⁹. Elle fut reconnue comme telle par les autorités cartographiques : dans une étude de la carte publiée dans *l'Annuaire du Club Alpin Français*, le colonel du génie Goulier concluait que « la carte de M. Schrader [était] digne de figurer

⁵⁸⁷ Sur Franz Schrader, voir entre autres : SAULE-SORBE Hélène. A quoi tient la beauté des montagnes. *L'Alpe*, 2000, 7, p. 75-81 ; SAULE-SORBE Hélène dir. *Franz Schrader (1844-1924) : l'homme des paysages rares*. Pau : Pin à crochets, 1997, 2 vol. ; HEÏD Maurice. Franz Schrader, esquisse biographique. In SCHRADER Franz. *Pyrénées...* Toulouse : Ed. Privat, 1936.

⁵⁸⁸ BROU Numa. La Montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 113.

⁵⁸⁹ *Ibid.*, p. 115.

parmi les œuvres de topographie sérieuse »⁵⁹⁰. Schrader dressa également une carte géologique des Pyrénées avec Emmanuel de Margerie en 1891, ainsi qu'une carte générale de la chaîne au 1 : 800 000 en 1892. Sur son exemple, un petit groupe de pyrénéistes, formé entre autres par de Saint-Saud, Wallon, Lequeutre, Gourdon et Belloc, exécuta des cartes couvrant diverses parties de la chaîne à des échelles variant du 1 : 50 000 au 1 : 200 000. Leurs travaux étaient coordonnées par le capitaine Prudent, officier du Dépôt des fortifications et membre du Club alpin français.

2.2.2.3. Une méthode de levé instrumental simple et rapide.

Si je considère, à la suite des topographes alpinistes eux-mêmes, que Franz Schrader fut le premier d'entre eux, ce n'est ni parce qu'il dressa des cartes des régions qui intéressaient les ascensionnistes – des exemples antérieurs existaient dans les Pyrénées et dans les Alpes –, ni parce qu'il réalisa ce qui peut être tenu pour de véritables levés topographiques – Forbes ou Adams-Reilly s'en étaient également approchés dans le massif du Mont Blanc –, mais parce qu'à la conjonction entre ces deux approches, il mit au point une méthode de levé topographique dont l'objectif était d'être suffisamment rapide, simple et précise, pour être utilisée par des ascensionnistes lors de leurs excursions. En effet, malgré l'orientation scientifique affirmée et la sur-représentation des professions intellectuelles dans le milieu alpiniste en général et au Club alpin français en particulier, très peu d'ascensionnistes disposaient des compétences techniques pour l'exécution de levés topographiques réguliers. Et même alors, peu d'entre eux auraient pu se permettre de transporter dans leurs explorations des massifs montagneux les instruments lourds et volumineux nécessaires, et de prendre le temps de les utiliser en de longues stations sur le terrain.

Schrader fut lui-même confronté à ces problèmes lorsqu'il décida en 1869 de lever une carte du Mont Perdu. Les croquis panoramiques que lui et Lourde-Rocheblave ramenaient de leurs ascensions nécessitaient de fastidieuses opérations de vérification à l'aide de la carte d'état-major pour déterminer la toponymie des sommets représentés, et quand ils décidèrent de préparer ces croquis à l'avance à partir de la carte, les éléments repérés ne concordaient pas toujours avec le terrain. Face aux défauts de la carte de France, Schrader reconnut la nécessité d'exécuter des levés originaux. Toujours sur la base de panoramas effectués depuis divers sommets, il mit au point en 1873 un instrument qui permettait d'exécuter des levés circulaires rapides en transcrivant mécaniquement sur une feuille de papier les lignes du paysage suivies à l'aide d'un viseur : l'*orographe*.

Dans une note présentant son instrument, publiée en 1885, il le décrivait ainsi :

« Une planchette (en bois et carrée d'abord [1873], plus tard en métal et circulaire [1874]) au centre de laquelle s'élève un axe vertical formant pivot ; un viseur (devenu bientôt une lunette) qui peut se diriger vers tout point quelconque de l'horizon, entraînant au-dessous de lui et dans son plan vertical un arc de cercle auquel est reliée tangentiellement une règle mobile qui affleure la planchette. Cette règle, armée à son extrémité d'un crayon, avance ou recule, entraînée par l'arc de cercle, suivant que la visée de l'observateur s'élève ou s'abaisse. L'horizon, ainsi anamorphosé, sera tracé mécaniquement par le crayon sur un disque de papier fixé sur la planchette. L'orientation du plan vertical commun de la lunette, de l'arc de cercle, de la règle et du crayon, donnera la direction

⁵⁹⁰ GOULIER Colonel Charles-Moyse. Rapport présenté à la Direction Centrale du Club Alpin Français sur la carte au 100.000^e du massif central des Pyrénées Espagnoles, levée par M. Schrader. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 609.

du point visé. L'écart du tracé de la visée en dedans ou en dehors d'un cercle d'horizon tracé par le crayon donnera les angles zénithaux, au-dessus et au-dessous de l'horizon. »⁵⁹¹

La méthode était simple et rapide : en moins d'une heure, un opérateur pouvait effectuer un panorama complet, puis le compléter en une heure et demi en notant sur celui-ci les toponymes que lui ou son guide connaissait et en achevant les profils à main levée. Les tours d'horizon obtenus avec l'orographe contenaient ainsi suffisamment d'informations pour dresser une carte. Les positions et profils des sommets étaient donnés directement par le dessin. Les angles horizontaux et zénithaux, qui permettaient de déterminer la planimétrie et l'altimétrie, étaient obtenus par des calculs trigonométriques à partir de points et de distances connus. Pour l'altitude, un cercle indiquait l'horizon et une série de cercles concentriques donnait une échelle d'angles zénithaux, déterminée par de simples mesures au rapporteur. Même si des calculs devaient encore être effectués, la méthode de Schrader était essentiellement graphique et permettait une grande rapidité d'exécution sur le terrain, puisque les mesures d'angles étaient effectuées indirectement au bureau.

L'orographe ne résolvait pas pour autant toutes les difficultés d'une véritable topographie de la haute montagne. Les points de départ des calculs devaient toujours être obtenus par des mesures astronomiques et une triangulation, des méthodes inaccessibles à la majorité des ascensionnistes, si bien qu'ils exploitaient généralement quelques données du 1^{er} ordre de la nouvelle description géométrique de la France. Si pour les autres points, la précision obtenue par les mesures graphiques restait inférieure à la mesure directe des géodésiens, elle était suffisante pour les besoins des ascensionnistes. Le commandant du génie Prudent aurait d'ailleurs reconnu aux altitudes déterminées à l'orographe « une exactitude égale à celle des travaux géodésiques de France ou d'Espagne »⁵⁹². En tout cas, selon ses expérimentations, les résultats du nivellement à l'orographe ou à la règle à éclimètre étaient identiques. La réalisation de la carte elle-même demandait des compétences plus grandes que la simple exécution du tour d'horizon, mais même celui-ci n'était vraiment exploitable que si l'opérateur disposait d'un certain talent de dessinateur : les essais des autres pyrénéistes furent unanimes jugés peu convaincants, voire inutilisables.

Pourtant, c'était bien là que résidait l'originalité du travail de Franz Schrader : contrairement aux premiers cartographes indépendants dans les Alpes, il avait formalisé une méthode susceptible d'être utilisée par les ascensionnistes eux-mêmes. Détaillée dans sa *Note sur l'orographe* (1885), cette méthode ouvrait une nouvelle période de la découverte de la montagne, dans laquelle les ascensionnistes ambitionnaient de dresser eux-mêmes, sur des bases géométriques, les cartes complétant la carte d'état-major qu'ils jugeaient insuffisante. Mais malgré ce qui pouvait s'apparenter à une mesure instrumentale indirecte du terrain, les cartes dressées à partir de levés à l'orographe conservaient une figuration artistique du terrain, liée à la méthode elle-même et à la conception cartographique de Schrader.

2.2.3. La persistance de l'approche figurative.

2.2.3.1. Levé à l'orographe et sens du terrain.

⁵⁹¹ SCHRADER Franz. *Note sur l'orographe et la méthode graphique de levés employée aux Pyrénées*. Paris : [sn], 1885.

⁵⁹² Cité par MAURY Colonel Léon. *L'œuvre scientifique du Club Alpin Français (1874-1922)*. Paris : Club alpin français, 1936, p. 41.

Dans sa présentation de la méthode du levé à l'orographe, Franz Schrader mettait en avant sa dimension géométrique, comme pour justifier de sa valeur topographique et scientifique. Il la considérait même comme supérieure à la méthode de tracé des courbes au jugé employée pour les levés de la carte d'état-major, la visée continue exécutée à l'orographe permettant une reproduction plus fidèle du terrain au bureau – donnant cette qualité « anatomique » que le colonel Goulier avait trouvé à la carte des Pyrénées au 1 : 100 000⁵⁹³.

Pourtant, les résultats obtenus par d'autres opérateurs comme Wallon ou de Saint-Saud n'étaient pas aussi convaincants que les levés de Schrader lui-même. Léon Maury, officier d'artillerie très impliqué dans le Club alpin français⁵⁹⁴, reprocha à Schrader de sous-estimer l'importance du « sens du terrain » au profit de la géométrie dans les levés à l'orographe, alors que lui-même en était doté « au plus haut point »⁵⁹⁵. Si ses cartes furent unanimement reconnues comme supérieures à celles des autres pyrénéistes pourtant dressées avec les mêmes méthodes, c'était parce que Schrader exploitait son sens artistique pour donner une représentation expressive du terrain.

2.2.3.2. Le « sentiment artistique du dessinateur » dans la cartographie.

Certes, à l'exception de sa première *Carte du Mont Perdu* qui représentait le relief avec des hachures figuratives, Schrader utilisa pourtant toujours les courbes de niveau qu'il jugeait « [donner] seules aux formes du terrain une expression scientifique »⁵⁹⁶. Mais son approche de la cartographie restait plus figurative que géométrique, marquée par sa perception de peintre de montagne et son ambition de glorifier la montagne par ses diverses représentations cartographiques et artistiques. Les tours d'horizon à l'orographe eux-mêmes étaient perçus comme une représentation à part entière, suffisamment artistique une fois repris à la plume et à l'encre de Chine pour illustrer dans les revues spécialisées les descriptions de massif ou les récits de course⁵⁹⁷. La forme n'était d'ailleurs pas nouvelle : les *Voyages dans les Alpes* de Saussure étaient déjà illustrés en 1774 par une *Vue circulaire des montagnes qu'on découvre du sommet du glacier de Buet* dessinée par Bourrit.

Mais ce fut dans les cartes dressées à partir de ces tours d'horizon que se manifesta le plus clairement la tendance artistique de Schrader. L'utilisation des couleurs, les teintes subtiles appliquées pour souligner le modelé du glacier, le dessin et la gravure particulièrement détaillés et expressifs du rocher, le faible nombre de cotes d'altitude donnaient à sa première *Carte du Mont Perdu* un rendu beaucoup plus figuratif que géométrique, même s'il restait à mon avis moins pictural que dans les cartes alpines d'Adams-Reilly, de Viollet-le-Duc ou d'Imfeld. Schrader se situait plus dans une influence du dessin au trait. Dans son essai sur *La Représentation topographique du rocher* publiée en 1911⁵⁹⁸, il citait d'ailleurs Raphaël, Ingres ou Holbein. Même s'il recommandait son intervention tardive, « après que la science [a] donné toute ce qu'elle peut donner », le

⁵⁹³ SCHRADER Franz. *Note sur l'orographe*. Op. cit.

⁵⁹⁴ Voir infra, partie 3, chapitre 1.1.

⁵⁹⁵ Cité par MAURY Colonel Léon, *L'œuvre scientifique du CAF*. Op. cit., p. 42.

⁵⁹⁶ Cité dans : *Ibid.*

⁵⁹⁷ Sur ses tours d'horizon, Schrader appliquait un dégradé dans l'épaisseur des traits à l'encre selon la proximité des lignes de crêtes, afin de transposer la perspective atmosphérique sur le dessin.

⁵⁹⁸ SCHRADER Franz. *Essai sur la représentation topographique du rocher*. Paris : Commission de topographie du Club alpin français, 1911, 35 p.

« sentiment artistique » occupait pour lui une place importante dans la représentation cartographique de la montagne, notamment pour l'éclairage⁵⁹⁹. En cela, il s'opposa à la tendance plus géométrique qui se développa chez les véritables topographes-*alpinistes*, c'est-à-dire dans les Alpes, sous l'influence d'Henri et Joseph Vallot à la fin du 19^e siècle.

2.3. L'affirmation de l'approche géométrique dans les Alpes : l'influence d'Henri et Joseph Vallot.

Jusqu'à la fin des années 1880, l'activité topographique des ascensionnistes était restée limitée à la chaîne pyrénéenne, sous l'unique influence de Franz Schrader et de son approche encore fortement figurative de la cartographie de haute montagne. Au cours de la dernière décennie du 19^e siècle, Henri et Joseph Vallot inaugurèrent les premiers travaux topographiques d'ascensionnistes dans les Alpes : ils jouèrent un rôle équivalent à celui de Schrader dans les Pyrénées, en introduisant et fédérant une activité dont Henri Vallot désigna les pratiquants par le terme de *topographe-alpiniste*. Mais au contraire de Franz Schrader, les Vallot privilégièrent une approche géométrique et scientifique qui s'incarna dans l'ambitieux projet d'une nouvelle carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000, caractérisé par une volonté d'originalité dans tous les domaines de l'activité cartographique, depuis les données géodésiques et les levés topographiques jusqu'aux méthodes employées elles-mêmes. Restée partiellement inachevée, leur carte marquait les limites des besoins réels des savants et des touristes, mais aussi l'instauration durable d'une tendance scientifique dans le milieu des topographes-alpinistes.

2.3.1. Henri et Joseph Vallot, les Schrader des Alpes.

2.3.1.1. Une découverte similaire de la montagne.

La similarité entre les développements de l'activité topographique des ascensionnistes dans les Pyrénées et dans les Alpes est assez frappante. Dans les deux régions s'applique le même modèle d'une personnalité forte et compétente entraînant à sa suite un petit groupe de disciples. La même passion de la montagne animaient Franz Schrader dans les Pyrénées et les cousins Henri et Joseph Vallot dans les Alpes. Elle fut souvent décrite dans le même registre romantico-religieux de la révélation que chez les premiers touristes et écrivains venus admirer les montagnes de loin. Leur vocation pour l'étude de la montagne se manifesta aussi de la même façon, la découverte / révélation étant suivie de l'affirmation d'une volonté de consacrer sa vie à l'étude des hautes régions françaises. Enfin, ils partageaient également un même investissement dans le Club alpin français, dont Joseph Vallot fut président entre 1907 et 1908, peu après Franz Schrader.

Pour les cousins Vallot, l'instigateur de la découverte des Alpes fut Joseph, qui s'était rendu à Chamonix en 1875 pour une étude comparative des flores pyrénéenne et alpestre. Dans sa notice biographique, Henri Brégeault décrivait cette visite comme « le coup de foudre qui orienta toute son existence vers un but unique mais combien élevé, dans tous les sens du terme : le Mont Blanc »⁶⁰⁰. En 1887, Joseph entraîna son cousin à Chamonix

⁵⁹⁹ *Ibid.*, p. 34-35.

⁶⁰⁰ BRÉGEAULT Henri. Joseph Vallot (1854-1925). En souvenir. *La Montagne*, mars 1926, 190, p. 67.

où sa découverte des Alpes fut relatée par Brégeault, dans des termes presque similaires, comme un « coup de foudre qui décida en partie de l'orientation de ses facultés »⁶⁰¹.

2.3.1.2. Une vocation alpiniste plus scientifique.

Mais une différence de taille séparait les expériences de Franz Schrader dans les Pyrénées et des Vallot dans les Alpes : alors que Schrader n'était qu'un commis de bureau – avec certes des prédispositions familiales pour la géographie – quand il découvrit la montagne en 1866, les cousins Vallot avaient tous deux suivi des études supérieures scientifiques et baignaient dans le positivisme technique de la fin du 19^e siècle. Henri (1853-1922) avait été diplômé de l'École centrale des arts et manufactures en 1876 et s'était spécialisé dans les tracés de chemin de fer, la construction du matériel roulant et les études hydrauliques⁶⁰². Quant à Joseph (1854-1925), il avait suivi des études de naturaliste et de physicien à la Sorbonne, au Collège de France et au Muséum, travaillant jusqu'en 1891 à une série de monographies d'histoire naturelle.

Leur culture scientifique et technique favorisa une approche de la montagne radicalement différente de celle de Schrader. Contrairement à ce dernier dont la découverte des Pyrénées avait commencé par des croquis panoramiques inscrits dans la tradition des peintres de montagne, les Vallot adoptèrent immédiatement un point de vue scientifique dans la tradition de Saussure et Forbes. Ils réalisèrent rapidement une première série d'expériences parallèles, exécutées dans la vallée de Chamonix par Henri et au sommet du Mont Blanc par Joseph qui était meilleur ascensionniste. Sur une idée de Joseph, ils étudièrent ensuite la construction d'un observatoire en altitude. Henri conçut et dessina les plans d'un chalet-laboratoire qui fut installé aux Bosses (4 350 mètres), à proximité du sommet du Mont Blanc, en 1890⁶⁰³. Dans le domaine de la glaciologie, Joseph effectua entre 1891 et 1899 des relevés tachéométriques des déplacements horizontaux et verticaux de rangées de pierres peintes, disposées en travers de la Mer de Glace⁶⁰⁴.

L'activité scientifique pluridisciplinaire (botanique, glaciologie, météorologie, etc.) des cousins Vallot n'était possible qu'en raison du retard de la connaissance scientifique de la montagne, qui limitait la spécialisation observée à la même époque dans d'autres domaines comme la physique ou la chimie. A mes yeux, ils présentaient ainsi un caractère original, mélange de savants du siècle des Lumières par leur approche englobant de multiples disciplines, d'érudits du 19^e siècle par leur passion romantique pour l'objet de leurs études, et de scientifiques du début du 20^e siècle par leur foi absolue dans le progrès technique.

2.3.2. Une carte du massif du Mont Blanc entièrement originale.

2.3.2.1. La genèse d'un projet démesuré.

⁶⁰¹ BREGEAULT Henri. Henri Vallot (1853-1922). En souvenir. *La Montagne*, novembre 1922, 156, p. 220.

⁶⁰² HEÏD Maurice. Henri Vallot (1853-1922). *Bulletin Pyrénéen*, 1922, 163.

⁶⁰³ Le chalet-laboratoire d'Henri Vallot servit de modèle à toute une génération de refuges de haute montagne, dont l'Observatoire météorologique du CAF installé en 1892 à proximité des Grands Mulets à la demande de l'astronome Janssen pour abriter les ouvriers qui assemblèrent son observatoire au sommet du Mont Blanc (voir partie 2, chapitre 2.1.1.3, note 123 [réf]).

⁶⁰⁴ Il estima ainsi l'accélération estivale et observa le passage d'une onde cinématique, qu'il qualifia de « vague ». Il attribua également l'émergence de la glace, qu'il appelait « ablation » (il nommait « fusion » ce que les glaciologues modernes appellent « ablation »), à une crue du glacier. Voir LLIBOUTRY Louis, *Traité de Glaciologie. Op. cit.*, p. 8.

Comme tous les grands savants dont ils cultivaient l'image, les cousins Vallot devaient produire un grand œuvre magistral : ce fut la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000, entreprise ambitieuse et démesurée pour deux particuliers sans véritable soutien institutionnel. Sa genèse et le début de sa réalisation furent relatés dans trois notes techniques publiées dans l'*Annuaire du Club Alpin Français* en 1892, 1894 et 1903⁶⁰⁵. Les deux cousins y présentaient leurs motivations comme provenant essentiellement de l'inadaptation des cartes existantes pour la glaciologie et le tourisme : échelle trop petite, nombreuses inexactitudes, négligence de la géologie. Mais contrairement à nombre d'alpinistes, les Vallot étaient des critiques peu virulents, prompts à reconnaître, par une sorte de solidarité « professionnelle », les conditions ayant généré les limites de ces cartes, comme le manque de temps, les besoins militaires spécifiques ou les problèmes techniques. Leur jugement sur la carte de France était particulièrement révélateur de cette attitude :

« L'incorrection de nos Cartes d'Etat-Major dans la montagne (les seules qui aient un caractère documentaire) est indiscutable ; ceux que leurs études ont élevés au-dessus du vulgaire (ils sont rares en topographie !) savent bien que ces incorrections tiennent à de toutes autres causes que l'inaptitude des officiers qui les ont rédigées ; il n'en est pas moins vrai que cette insuffisance existe. »⁶⁰⁶

Dans la première note, la liste des défauts et erreurs des cartes existantes donnait une justification de l'entreprise parfaitement inscrite dans le modèle de l'excursionnisme cultivé qui visait à étendre la connaissance des montagnes. Si elle était pertinente pour les savants et ascensionnistes de l'époque, elle ne doit pas faire oublier des motivations plus personnelles et une ambition d'originalité que j'estime plus déterminantes dans les choix opérés, comme celui de l'échelle par exemple.

2.3.2.2. L'échelle inédite, justification tautologique du projet.

Dès la première note de 1890, Henri et Joseph Vallot avaient affirmé l'idée d'une carte au 1 : 20 000, la seule échelle qu'ils jugeaient suffisamment détaillée « pour l'étude des phénomènes de dégradation des montagnes et de variation des glaciers, et [...] pour rendre aux touristes tous les services qu'ils sont en droit d'en attendre »⁶⁰⁷. Dans une perspective globale, ce choix s'inscrivait selon moi dans la dynamique, imposée par le paradigme du développement scientifique de la cartographie vers une précision toujours plus grande de la mesure et de la représentation, qui avait fait adopter au service cartographique militaire la même échelle du 1 : 20 000 pour ses plans directeurs⁶⁰⁸.

Cependant, je pense que la justification de ce choix par les besoins scientifiques et touristiques avait un caractère essentiellement messianique : en la formulant, les Vallot envisageaient des emplois possibles ou souhaités de leur carte, plus qu'ils ne répondaient

⁶⁰⁵ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte du massif du Mont-Blanc à l'échelle du 20 000^e et étude des Aiguilles-Rouges. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1892, 19, p. 3-28 ; VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note sur la carte du massif du Mont-Blanc à l'échelle du 20 000^e et études des aiguilles de Chamonix. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1894, 21, p. 3-49 ; VALLOT Henri. Troisième note sur la carte au 20 000^e du Massif du Mont-Blanc. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1903, 30, p. 378-387.

⁶⁰⁶ *Lettre d'Henri Vallot à Paul Helbronner, datée du 6 décembre 1902, citée par MAURY Colonel Léon. L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit., p. 131.*

⁶⁰⁷ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte... *Op. cit.*, p. 7-8.

⁶⁰⁸ Voir infra, partie 2, chapitre 4.3.1.

à des besoins explicites, puisque que, comme je l'ai déjà montré⁶⁰⁹, les recherches géologiques et glaciologiques n'utilisaient pas les cartes topographiques en tant que sources documentaires. Dans le domaine touristique, l'échelle du 1 : 20 000 ne répondait pas plus à une attente pratique unanime des alpinistes. Elle témoignait d'une volonté de glorifier la montagne par sa représentation cartographique détaillée, mais au début du 20^e siècle, certains topographes-alpinistes soutenaient toujours que des cartes à des échelles inférieures comme le 1 : 40 000 ou même le 1 : 80 000 pourraient être suffisantes⁶¹⁰.

Mon hypothèse est donc que l'échelle supérieure adoptée constituait une justification tautologique du projet : en choisissant une échelle supérieure à toutes les cartes existantes du massif, Henri et Joseph Vallot rendaient leur carte forcément originale, et cette originalité même justifiait sa réalisation – ainsi que le choix de l'échelle, dans une argumentation en cercle fermé. Les autres arguments avancés, comme les erreurs ou les inexactitudes des autres cartes, devenaient alors accessoires.

2.3.2.3. L'ambition d'originalité, une clé d'interprétation.

L'originalité était sans doute la caractéristique la plus importante de l'entreprise des Vallot. Même s'ils étaient généralement présentés comme extrêmement modestes, à l'image de tous les savants, ils ne faisaient preuve d'aucune modestie dans l'ambition scientifique de leur carte. Je trouve très révélateur le refus qu'opposa Henri à l'utilisation de celle-ci comme modèle pour les autres topographes-alpinistes, sous prétexte qu'il s'agissait « d'une œuvre toute spéciale, ayant la prétention de dépasser même les *Plans Directeurs* en précision et en abondance de détails dans les hautes régions, et qui, par conséquent, ne [pouvait] servir de type »⁶¹¹ (il lui préféra dans ce rôle la carte du Mont-Perdu de Schrader). Comme pour l'observatoire du Mont Blanc, le désir de nouveauté était particulièrement affirmé chez les deux cousins, et pour reprendre les mots mêmes du fils d'Henri, « faire en la circonstance un travail entièrement original était bien dans la mentalité des deux hommes »⁶¹².

Cette volonté d'originalité ne s'appliquait pas qu'aux spécifications générales de la carte, mais aussi à tous les autres secteurs du travail cartographique. Contrairement à Schrader, dont les compétences techniques étaient plus limitées, les Vallot souhaitaient réaliser une carte entièrement nouvelle, non seulement dans les données géodésiques, topographiques et toponymiques exploitées, mais aussi dans les méthodes utilisées pour réunir ces données. Selon moi, cette ambition, plus ou moins efficacement justifiée par des argumentations insistant sur l'inadaptation des méthodes traditionnelles, dépassait la seule rigueur scientifique pour devenir une fin en soi, comme le montrait sa généralisation à tous les secteurs de la cartographie. Sans pour autant percevoir Henri et Joseph Vallot comme des topographes mégalomanes – après tout, l'originalité est l'un des principaux moteurs de la recherche scientifique –, j'estime qu'au-delà de leurs justifications rationnelles, cette quête de l'originalité constituait véritablement la motivation principale de leurs travaux.

2.3.3. L'affirmation d'une approche géométrique par des méthodes instrumentales.

⁶⁰⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 1.2.3.4.

⁶¹⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 1.2.1.

⁶¹¹ Lettre d'Henri Vallot à Paul Helbronner, datée du 6 décembre 1902, citée par MAURY Colonel Léon. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*, p. 131.

⁶¹² VALLOT Charles. Un portrait du Mont-Blanc. *La Montagne*, avril 1939, 4^e série, 306, p. 97.

2.3.3.1. Une véritable triangulation géodésique.

Au contraire de Franz Schrader qui n'avait jamais envisagé de réaliser des opérations géodésiques, Henri et Joseph Vallot décidèrent rapidement de baser leur carte sur une nouvelle triangulation. Ils expliquaient leur choix par une analyse de la carte de Viollet-le-Duc qui soulignait l'inefficacité de la reprise directe des points géodésiques existants – ce qui ne faisait que répéter les erreurs – et par la position excentrée du massif qui rendait la triangulation des ingénieurs géographes inexploitable :

« Si le massif du Mont-Blanc se fût trouvé situé au milieu du réseau trigonométrique de la carte du Dépôt de la guerre, rien n'eût été plus naturel que de baser sur ce réseau les levés de la nouvelle carte. Malheureusement nos sommets dans une région frontière, et le massif proprement dit ne comporte pas un seul point de second ordre. Quant à ceux de troisième ordre, ils sont inutilisables : trop peu nombreux, distribués d'une manière très irrégulière, incertains de position, déterminés par des recoupements insuffisants ou défectueux, ils ne peuvent aucunement former la base d'un travail précis à grande échelle. Nous avons donc pris le parti d'exécuter une triangulation complète. »⁶¹³

Commencée en 1892, après un essai dans la vallée de Chamonix en 1891, leur triangulation était pratiquement achevée en 1903. Leur argumentation sur la position excentrée du massif dans le réseau des ingénieurs géographes les empêchait d'en utiliser un côté de second ordre pour se passer d'une base. Ils décidèrent donc de mesurer eux-mêmes, « au ruban d'acier [et] avec des précautions toutes spéciales », une base de mille huit cents mètres « sur l'un des accotements de la route rectiligne des Praz-d'en-Haut aux Tines »⁶¹⁴. A partir de celle-ci, un premier réseau de triangles fut déterminé avec des sommets situés entre deux et trois mille mètres : les angles étaient mesurés avec un théodolite de quatorze centimètres de diamètre et répétés dix fois.

Ce premier réseau devait servir à appuyer un réseau supérieur dont les sommets seraient constitués par les cimes des aiguilles et les sommets les plus élevés, entre trois mille et quatre mille huit cents mètres, en effectuant les mesures avec un théodolite plus léger de dix centimètres de diamètre et en ne répétant les angles que cinq fois en raison des difficultés liées à l'environnement. Mais les deux premières années de travail convainquirent Henri que pour les sommets les plus élevés, les visées lointaines effectuées à moyenne altitude donnaient des meilleurs résultats que les opérations en haute altitude, qui furent donc réduites au minimum⁶¹⁵. Finalement, un réseau secondaire fut déterminé à l'intérieur de ces réseaux, avec des mesures d'angles effectuées au petit théodolite et répétées cinq fois.

L'ensemble était relié à un nivellement topographique exécuté par visée réciproque et basé sur des repères déterminés par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée pour le tracé du chemin de fer Cluses-Chamonix : ces repères constituaient les seules données extérieures, non « originales », utilisées par les Vallot. Au total, la triangulation comprenait six cent dix points trigonométriques, dont une grande partie avait été stationnée. Sa réalisation s'inscrivait dans une ambition scientifique, attestée par l'emploi exclusif de

⁶¹³ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Note sur la carte... Op. cit., p. 8.*

⁶¹⁴ *Ibid.*, p. 9.

⁶¹⁵ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Deuxième note sur la carte... Op. cit., p. 7.*

l'instrument géodésique par excellence qu'était le théodolite. Henri Vallot s'opposa d'ailleurs toujours à l'idée de baser les levés en haute montagne sur des triangulations graphiques, comme le faisaient les levés de précision dans les Alpes⁶¹⁶. En réalisant de véritables opérations géodésiques, les Vallot introduisaient une approche plus géométrique que celle adoptée par Schrader dans les Pyrénées, confirmant leur volonté de voir les topographes-alpinistes concurrencer directement les services officiels dans la cartographie de la haute montagne française.

Cependant, je pense que le discours techniciste des Vallot, insistant sur leur utilisation des « méthodes les plus modernes », doit être déconstruit : par sa densité d'environ deux points par kilomètre carré et par l'emploi du principe de la répétition, leur triangulation se rapprochait plus du travail des ingénieurs géographes que de la nouvelle triangulation de la France, dont les travaux avançaient très lentement à la même époque⁶¹⁷. Leur argumentation tenait autant à leur ambition scientifique qu'à leur ambition d'originalité, soulignée par une adaptation très personnelle des méthodes géodésiques aux conditions de travail en haute montagne pour trianguler une région qui n'avait encore jamais été couverte par un réseau trigonométrique uniforme⁶¹⁸. Mais cette remise en cause de la « modernité » des méthodes employées n'enlève rien au travail considérable que constituait la triangulation du massif du Mont Blanc par deux particuliers. Celle-ci fut d'ailleurs unanimement reconnue comme l'œuvre capitale des Vallot, au point d'être exploitée dans certaines cartes du service cartographique officiel, qui reconnut la qualité et l'application des mesures dans une zone encore mal couverte par ses propres triangulations⁶¹⁹.

2.3.3.2. Une méthode originale de levés photographiques.

En envisageant la cartographie d'un massif difficile à parcourir avec la volonté affichée d'en donner une représentation particulièrement détaillée, Henri et Joseph Vallot se posèrent logiquement la question délicate de la méthode à employer pour le levé des zones inaccessibles. Dès leur premier note publiée en 1890, ils confiaient hésiter entre la méthode des perspectives photographiques formalisée récemment par Laussedat et l'emploi plus simple de l'orographe de Schrader, qu'ils rejetèrent finalement en 1892 en raison d'une longueur de visées jugée insuffisante. Après une décennie de pratique, leur troisième note publiée en 1903 faisait part de leur totale satisfaction des levés photographiques, au point qu'ils publièrent en 1907 un manuel sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*⁶²⁰ qui décrivait la méthode dite Laussedat-Vallot, dérivée des travaux de Laussedat⁶²¹.

Pour justifier leur adoption des levés photographiques, Henri et Joseph Vallot présentèrent comme d'habitude des arguments uniquement techniques, dont les principaux étaient la rapidité d'exécution et la précision de cette méthode d'intersection perspective. Pourtant, au moment de la justification de leur choix, ces arguments ne reposaient sur aucun

⁶¹⁶ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.

⁶¹⁷ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.2.

⁶¹⁸ Rappelons que la triangulation des ingénieurs géographes dans les régions annexées des Alpes s'était fondée sur plusieurs réseaux de 1^{er} ordre établis sous l'Empire.

⁶¹⁹ Voir infra, partie 3, chapitre 2.3.1.

⁶²⁰ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*. Paris : Gauthiers-Villars, 1907, 238 p.

⁶²¹ Voir infra, partie 3, chapitre 3.

essai concret. Comme nous le verrons plus loin en détail, je pense que d'autres raisons implicites avaient dicté ce choix, parmi lesquelles l'ambition intellectuelle de dresser une carte originale jusque dans les méthodes employées, le désir de participer à l'innovation permanente des techniques, et la possibilité de sous-traiter le travail sur le terrain en limitant l'influence des compétences de l'opérateur sur les résultats⁶²².

Pour toutes ces raisons, les levés photographiques couvrirent une surface plus importante que celle initialement prévue. En effet, les zones accessibles devaient à l'origine être levées soit par intersection, soit à la stadia, à l'aide de l'alidade holométrique du colonel Goulier⁶²³ – donc sans filage des courbes sur le terrain, mais avec un « dessin régulier du terrain sur le terrain même ».⁶²⁴ Cependant, les Vallot s'aperçurent rapidement du « parti très avantageux que l'on pourrait retirer de la photographie dans les parties basses et déclives de la région inférieure, à cause de l'économie de temps considérable qu'elle procure, sans rien enlever à la précision » : ils étendirent donc l'utilisation de la photographie à une plus grande partie des régions levées, couvrant finalement trois cent cinquante kilomètres carrés avec trois mille cinq cents clichés au format 13 x 18⁶²⁵. Les levés à la planchette et à la règle à éclimètre ne concernèrent que cent quatre-vingt kilomètres carrés, en partie constitués de compléments pour des zones présentes sur les photographies, mais dans des conditions ne permettant pas la représentation cartographique⁶²⁶.

Au-delà de l'originalité de la méthode, l'emploi de la photographie marquait une approche plus technique de la topographie que l'emploi de l'orographe, motivée par la culture même des Vallot. Tout comme Schrader, ils conçurent un instrument spécialement adapté aux levés photographiques en haute montagne : le *phototachéomètre* – autre illustration de leur volonté globale d'originalité. Mais même si elle conservait une proportion importante de constructions graphiques pour l'exploitation des photographies, la méthode Laussedat-Vallot reposait sur des principes plus strictement scientifiques d'application des lois de la perspective et donnait moins d'importance à la compétence de l'opérateur – ce qui constituait une des raisons implicites de son développement par Henri Vallot⁶²⁷. Si la différence était moins flagrante que dans les données géodésiques utilisées, la méthode de levé utilisée par les Vallot démontrait également une approche plus géométrique que celle de Schrader.

2.3.3.3. L'inachèvement des travaux, preuve de leur ambitieuse démesure.

L'ambition de leur projet finit par dépasser Henri et Joseph Vallot. Les levés eux-mêmes étaient longs et épuisants : ils s'étendirent sur trente-deux campagnes. Dans l'organisation initiale, Henri exécutait les stations pour la triangulation et les levés topographiques dans les parties inférieures jusqu'à deux mille sept cents mètres. Joseph s'occupait des prises de

⁶²² Voir infra, partie 3, chapitre 3.2.

⁶²³ Sur l'alide holométrique, voir infra, partie 2, chapitre 4.1.2.2.

⁶²⁴ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte... *Op. cit.*, p. 10.

⁶²⁵ PELLETIER Monique. Photographie et méthodes de lever du relief. L'exemple des Vallot dans le massif du Mont-Blanc.

In *Tours et contours de la Terre. Itinéraires d'une femme au cœur de la cartographie*. Paris : Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, 1999, p. 145.

⁶²⁶ L'exploitation topographique des clichés photographiques se heurtait souvent à des problèmes d'angles morts ou de mauvaises qualités des épreuves, laissant des *blancs* sur le plan ainsi dressé qui devaient être *complétés* par des levés classiques sur le terrain. Voir infra, partie 3, chapitre 3.

⁶²⁷ Voir infra, partie 3, chapitre 3.2.

vues photographiques et, meilleur alpiniste, il levait les parties les plus élevées – gravissant ainsi trente-quatre fois le Mont Blanc. Henri supervisait et dirigeait l'ensemble du travail, notamment la longue restitution des photographies pendant les mois d'hiver.

Cependant, à partir de 1900, la santé de Joseph l'obligea à se faire parfois remplacer par les frères Lecarme et Senouque, et à partir de 1918, Henri dut à son tour se faire suppléer, entre autres, par son fils Charles, Henri Brégeault et Etienne de Larminat. Si les deux cousins avaient initialement prévu de lever les versants suisses et italiens du massif, l'ampleur de la tâche les poussa à se rabattre sur la seule partie française, qui couvrait quand même seize feuilles sur leur tableau d'assemblage. La guerre ralentit également les travaux. Alors qu'en 1914, seule la feuille provisoire des *Environs de Chamonix* (1907)⁶²⁸ était publiée, aucun des deux cousins ne vécut jusqu'à la parution de la première feuille définitive : *Talèfre*⁶²⁹, en 1925. Finalement, seules neuf feuilles furent publiées, entre 1925 et 1935, puis plusieurs fois révisées et rééditées, sous la direction de Charles Vallot et d'Etienne de Larminat.

2.3.3.4. Une précision sans utilité directe.

Même si tous les amateurs de cartographie reconnurent dans la carte des Vallot le chef-d'œuvre des topographes-alpinistes, l'entreprise resta toujours trop coûteuse pour être rentable. Carte de prestige au public limité, elle fut surtout utilisée pour dresser d'autres cartes à des échelles inférieures. Charles Vallot et Etienne de Larminat publièrent ainsi une *Carte du Massif du Mont Blanc* au 1 : 50 000 en quatre coupures – une échelle qu'Henri Vallot avait reconnu comme tolérable pour la haute montagne⁶³⁰. Réalisée d'après les levés des Vallot et les cartes étrangères, cette carte connut un véritable succès commercial, notamment auprès des alpinistes. Des déclinaisons au 1 : 60 000 furent également publiées pour représenter les itinéraires de montagne.

L'échec « commercial » de la carte au 1 : 20 000 confirme mon hypothèse du caractère messianique des arguments avancés par Henri Vallot sur les besoins en carte à grande échelle des scientifiques et des alpinistes. Expression de l'ambition scientifique des Vallot, la carte au 1 : 20 000 ne répondait pas aux véritables besoins pratiques. Pour les touristes, la couverture de tout le massif nécessitait l'acquisition de nombreuses feuilles relativement chères et leur utilisation sur le terrain était compliquée par le découpage excessif. Pour les scientifiques, elle ne correspondait pas à l'approche méthodologique classique dans laquelle la carte n'était que le résultat illustratif d'études sur le terrain, et de toute façon, elle manquait de données géologiques ou glaciologiques. Reconnue comme un travail remarquable par les savants, elle servit surtout de base à la réalisation de cartes géologiques ou de croquis glaciologiques représentant les avancées de la science, comme par exemple la *Carte géologique du massif du Mont-Blanc* au 1 : 20 000 par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff⁶³¹.

⁶²⁸ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Environs de Chamonix, extraits de la Carte du Massif du Mont-Blanc, Feuille provisoire*. Paris : Henry Barrère, 1907. 3 couleurs. Echelle 1 : 20 000. Corpus : feuille id 1.

⁶²⁹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Carte du Massif du Mont-Blanc au 20 000e*, Paris : Henry Barrère, 1925. Talèfre. Feuille n°14. 3 couleurs. Echelle 1 : 20 000. Corpus : feuille id 13.

⁶³⁰ Lettre de 1902 citée par MAURY Colonel Léon éd. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*, p. 131.

⁶³¹ CORBIN Paul, OULIANOFF Nicolas. *Carte géologique du massif du Mont-Blanc (partie française)*. Paris : Gaillac-Monroc, 1927. 1 feuille. Couleurs. Echelle 1 : 20 000.

Conclusion

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la cartographie indépendante de la haute montagne se développa sous une forme différente de la cartographie des savants du 18^e siècle : non plus conçues comme des illustrations d'un texte mais comme des documents à part entière, les cartes présentaient une orientation scientifique ou touristique marquée, en réponse à l'émergence de nouveaux besoins. Préfigurée par la seconde édition de la carte de la Mer de glace de Forbes (1855), cette nouvelle forme de cartographie restait essentiellement figurative : même si certains oeuvres reposaient sur des levés plus ou moins instrumentaux du terrain, elles conservaient une représentation moins géométrique qu'artistique leur donnant un aspect général de tableau qui reflétait la dimension esthétique encore forte de la découverte de la montagne.

Concentrée dans les Alpes sur les deux seuls massifs « touristiques » du Mont Blanc et des Ecrins, la production cartographique indépendante connut un succès qui manifestait une insatisfaction de la part des alpinistes vis-à-vis de la carte de France. Un mouvement de critique systématique et quasi-institutionnalisée avait en effet accompagné les premières publications de feuilles de montagne de la carte d'état-major. Les nombreuses corrections apportées dans la littérature spécialisée, sous la forme d'études détaillées des « erreurs » ou d'esquisses cartographiques, restaient cependant limitées par les compétences topographiques des ascensionnistes, incapables de dresser de véritables cartes topographiques. En développant une méthode de levé instrumental simple et rapide, Franz Schrader ne donnait pas seulement le premier exemple d'une cartographie topographique réalisée par un ascensionniste, il fondait aussi la figure originale de ce qu'Henri Vallot appela plus tard le *topographe-alpiniste*.

Jusqu'aux années 1890, les travaux des pyrénéistes restèrent les seuls exemples d'une telle activité, les cartes alpines basées sur des levés mêmes simples n'étant jamais l'oeuvre d'alpinistes. Si la collaboration originale entre l'ingénieur Imfeld et l'alpiniste Kürz marquait une certaine évolution, elle reposait surtout sur les compétences techniques du premier.

Ce ne fut qu'à l'extrême fin du 19^e siècle et pendant les trente premières années du 20^e siècle que le concept du topographe-alpiniste connut son véritable développement, sous l'influence fondamentale des cousins Henri et Joseph Vallot qui initièrent en 1890 le projet d'une carte entièrement originale du massif du Mont Blanc. Incarnant une tendance plus technique et géométrique, ils introduirent dans la cartographie indépendante les opérations géodésiques et les levés détaillés du terrain par des méthodes topographiques originales, basées sur l'emploi de la photographie. Henri Vallot joua également un rôle crucial dans l'institutionnalisation de l'activité des topographes-alpinistes au sein de la Commission de topographie du Club alpin français, créée en 1903, qui marqua l'apogée de cette pratique dans les trois premières décennies du 20^e siècle⁶³².

Deux raisons principales dirigeaient le développement de l'activité cartographique des ascensionnistes : dictée par leur insatisfaction vis-à-vis de la carte de France, celle-ci répondait à l'ambition d'une représentation plus expressive de la montagne, mais aussi à l'émergence de nouveaux besoins touristiques et scientifiques – réels ou fantasmés. Même s'ils restaient marginaux, leur essor dans le dernier quart du 19^e siècle coïncida avec la remise en cause de la conception fixiste de la cartographie officielle à la suite de la défaite de 1870. Les changements profonds dans la production du Dépôt de la guerre n'ignorèrent

⁶³² Voir infra, partie 3, chapitre 1.

plus les régions alpines et, dans une période d'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie, ce dernier publia des cartes originales concernant les Alpes.

Chapitre 3. De la guerre de 1870 à la première guerre mondiale, l'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie.

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, alors que s'affirmait une cartographie indépendante de la haute montagne qui conjugait intérêt scientifique et souci esthétique dans une production originale et variée, la cartographie militaire connut une mutation majeure dans laquelle la défaite de 1870 joua un rôle fondamentale. Marquées par l'inutilité de la carte d'état-major pour les armées françaises face à une exploitation particulièrement efficace de la cartographie par les armées prussiennes, les autorités publiques et militaires se trouvèrent confrontées au délicat problème de l'actualité d'une carte, qui remettait profondément en cause leur conception fixiste de la cartographie : non seulement la carte pouvait être utilisée comme un outil, mais son efficacité procédait essentiellement de sa mise à jour régulière. Le bouleversement conceptuel que constituait l'émergence d'une telle conception utilitariste au Dépôt de la guerre se traduisit par des changements institutionnels et techniques immédiatement consécutifs à la guerre de 1870, parmi lesquels la mise en place difficile d'une révision régulière de la carte de France. Il provoqua également une diversification de la production cartographique du service officiel, basée sur la reconnaissance de l'inadaptation de la carte d'état-major mais toujours motivée par les seuls besoins militaires, en particulier dans les Alpes où les années 1880 marquèrent une période de tension frontalière avec l'Italie. Finalement, l'approche résolument pratique de la topographie adoptée par les topographes du génie au sein du Dépôt des fortifications fut intégrée au service géographique autour d'un nouveau projet de carte de France au 1 : 50 000 : les difficultés budgétaires favorisèrent l'affirmation de l'autonomie du service géographique dont l'expertise technique fut confirmée au cours de la première guerre mondiale.

3.1. La défaite de 1870 et l'émergence d'une conception utilitariste de la cartographie : un bouleversement conceptuel, institutionnel et technique.

En 1870, la défaite rapide de l'armée française face à l'armée prussienne souligna son manque général de préparation, notamment dans la gestion des besoins cartographiques par le Dépôt de la guerre. Les états-majors n'ayant jamais envisagé sérieusement une invasion de la France, le Dépôt de la guerre s'était seulement préoccupé de leur fournir des cartes d'Allemagne. Dans la pratique, il n'existait d'ailleurs aucun système d'approvisionnement en cartes de guerre⁶³³. Après l'invasion, la confusion fut telle que l'armée du Rhin ne disposa de presque aucune carte du territoire français. La guerre de manœuvre menée par l'armée prussienne montrait pourtant la nécessité de disposer d'une carte détaillée et mise à jour du territoire, notamment pour les voies de communication

⁶³³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.1. *Op. cit.*, p. 276.

terrestres et fluviales. En septembre 1870, les cuivres et les reproductions des planches-mères de la carte au 1 : 80 000 avaient été envoyés à Brest pour éviter que les Prussiens ne s'en emparent, mais les armées de province n'avaient pas été tenues au courant de cette évacuation. Elles ne purent obtenir que des reproductions photographiques d'épreuves gravées, un procédé employé pour la première fois à grande échelle et qui ne donna des résultats d'une lisibilité satisfaisante qu'après la fin de la guerre⁶³⁴. Seule l'armée de Paris put disposer en nombre suffisant de plans et cartes couvrant la capitale et ses environs. Si les documents conservés au Dépôt de la guerre survécurent finalement à la Commune de Paris, les cuivres de la carte au 1 : 80 000 restèrent toutefois à Brest jusqu'en août, obligeant les travaux de délimitation de la frontière du nord-est prévu par les traités de paix à commencer en juin 1871 sur la base d'une amplification de la carte au 1 : 320 000. La France réussit à négocier la conservation des cuivres et des minutes d'Alsace-Lorraine au Dépôt de la guerre⁶³⁵, mais ce dernier se trouvait dans une désorganisation presque totale.

Jusqu'à l'achèvement de la carte de France au 1 : 80 000, les autorités publiques avaient conservé une conception fixiste de la cartographie comme une représentation figée d'un état du territoire à un moment donné. Alors qu'elles ne percevaient que difficilement l'intérêt pratique de la carte, elles discernaient parfaitement sa dimension politique comme symbole du contrôle du territoire et son impact sur le prestige international de la science française. Cette situation avait défavorisé les volontés d'autonomie du Dépôt de la guerre, mais l'exploitation efficace des cartes par l'armée prussienne avait provoqué l'affirmation dans les sphères décisionnelles françaises d'une conception utilitariste basée sur la problématique de l'actualité de la carte. Ce bouleversement conceptuel s'étendit au statut même du Dépôt de la guerre qui, à la suite des changements opérés dans l'organisation de l'armée française, connut une période de mutation institutionnelle qui aboutit à son remplacement par le Service géographique de l'armée en 1887. L'échec de l'approvisionnement cartographique des armées mit l'accent sur les difficultés de production de la carte d'état-major, entraînant la création d'une nouvelle édition basée sur de nouvelles techniques de reproduction plus souples et plus rapides, dont le développement au Dépôt de la guerre était une conséquence directe de la crise provoquée par la défaite de 1870.

3.1.1. L'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie autour du problème de l'actualité de la carte.

3.1.1.1. La prédominance institutionnelle de la conception fixiste.

Dans la perspective d'une étude globale de l'évolution cartographique alpine au 19^e et 20^e siècle, j'ai été amené à définir une conception que j'ai qualifiée de *fixiste* de la cartographie qui envisage la carte comme un tableau fixe du territoire à un moment donné⁶³⁶. Conçue comme une représentation figée d'un état passé du territoire, la carte faisait partie intégrante de la documentation sur les conflits antérieurs qu'était chargé de réunir le Dépôt de la guerre depuis sa création. La cartographie elle-même était envisagée comme une activité de recueil et de traitement d'informations relatives au passé, avec une fonction illustrative forte, qui justifiait le maintien d'un lien entre l'activité cartographique du Dépôt de la guerre et ses activités historiques et archivistiques.

⁶³⁴ Le SGA. *Op. cit.*, p. 45.

⁶³⁵ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France.T.1. Op. cit.*, p. 279.

⁶³⁶ Voir notamment supra, partie 1, chapitre 2.1.1.4.

Bien sûr, l'affirmation de nouveaux besoins administratifs et militaires s'opposait à cette conception fixiste de la cartographie. Les spécifications de la carte de Cassini, puis de la carte d'état-major, avaient en partie été modelées par leurs utilisations prévues par Colbert à la fin du 17^e siècle, Louis XV au 18^e siècle ou les militaires au début du 19^e siècle. Mais j'estime que dans l'entreprise de ces deux cartes de France, l'utilité pratique avait surtout été avancée comme un argument justifiant les investissements budgétaires. Pour la carte d'état-major, l'ordonnance de 1824 et le Comité du Dépôt de la guerre avaient privilégié les seuls besoins des administrations centrales⁶³⁷ : si cette orientation me paraît suffisante pour marquer le début du développement d'une conception utilitariste, son influence restait mineure et les administrations concevaient mieux le rôle symbolique de la couverture cartographique du territoire que son intérêt pratique.

D'un point de vue purement institutionnel, mon hypothèse de la prédominance de la conception fixiste est d'ailleurs démontrée par l'insistance avec laquelle l'administration centrale avait maintenu les services historiques et archivistiques des armées et le service cartographique, qui produisait également des documents civils, dans un unique organisme – malgré quelques projets de réforme vite enterrés⁶³⁸. Jusqu'au choc de la défaite de 1870, les autorités avaient ainsi continué de considérer la cartographie comme une activité connexe aux études historiques, c'est-à-dire plus liée au passé qu'au présent.

3.1.1.2. L'émergence de la conception utilitariste.

La guerre de 1870 modifia profondément la conception que les militaires se faisaient de la cartographie. Selon Berthaut, elle démontra « la nécessité de faire désormais un usage constant de la carte dans les opérations de guerre, les manœuvres et les études tactiques et stratégiques de toute sorte »⁶³⁹. Il ne s'agit pas seulement d'une conclusion tardive de Berthaut lui-même, mais bien des conclusions que les autorités militaires françaises tirèrent tout de suite après la guerre de leur incapacité à fournir des cartes aux armées qui en avaient besoin et de la supériorité des armées prussiennes dans une guerre de manœuvre durant laquelle elles avaient mieux exploités les documents cartographiques dont elles disposaient.

De telles conclusions remettaient profondément en cause la conception fixiste de la cartographie partagée par la plupart des administrations centrales qui n'avaient jamais envisagé la possibilité d'utiliser la carte d'état-major *sur le terrain*. Pendant la guerre de 1870, les états-majors d'armée se plaignirent de ne pas disposer de suffisamment d'exemplaires de la carte de France : les autorités s'aperçurent alors que la carte pouvait avoir une dimension utilitaire aux échelons inférieurs de l'organisation militaire. A mes yeux, cette prise de conscience marquait la véritable émergence de la conception utilitariste de la cartographie en France.

3.1.1.3. Une nouvelle problématique fondamentale : l'actualité de la carte.

Reconnaître que la carte pouvait servir aux armées en campagne, c'était également reconnaître qu'elle ne s'inscrivait pas uniquement dans un rapport au passé. L'affirmation de l'utilité de la carte avait seulement marqué le passage des applications pratiques envisagées du niveau global au niveau local. Je considère que l'influence majeure de la guerre de 1870

⁶³⁷ Ce qui explique d'ailleurs que les tirages limités à quelques milliers d'exemplaires par feuille aient toujours été jugés suffisants.

⁶³⁸ Voir supra, partie 1, chapitre 2.3.1.1.

⁶³⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 105.

se situait plutôt dans la démonstration de la nécessité d'une carte *tenue à jour* pour une exploitation efficace. Cette problématique nouvelle de l'actualité de la carte bouleversait la conception de l'activité cartographique en introduisant les questions de révision et de mise à jour du contenu qui n'avaient pratiquement jamais été envisagées tout au long de la réalisation de la carte de France.

J'émetts l'hypothèse que, dans une certaine mesure, cette problématique fut mise en avant par le Dépôt de la guerre pour se défendre de la remise en cause globale de la carte d'état-major que demandaient les nombreuses critiques exprimées après la défaite de 1870. Berthaut citait une note publiée dans le *Moniteur de l'Armée* du 8 juin 1873 qui soutenait la qualité de la carte de France en soulignant l'usage qu'en avaient fait les Allemands, et appuie en cela mon hypothèse :

« Les derniers évènements militaires ont appelé, d'une manière spéciale, l'attention du public sur la carte de France de l'Etat-Major. Beaucoup de personnes y ont signalé des omissions ou des erreurs de détail. D'autres ont critiqué l'ensemble même de cette œuvre et se sont plus à la déprécier, oubliant le parti que nos adversaires avaient su en tirer pour la conduite de leurs opérations pendant la dernière campagne. Quoiqu'il en soit de ces reproches, dont la plupart son certainement empreints d'exagération, ce monument remarquable de la science française ne peut conserver toute sa valeur qu'à la condition d'être tenu en état. En d'autres termes, la carte de France, pour répondre aux buts divers et importants en vue desquels elle a été créée, doit être régulièrement révisée et tenue au courant des modifications de toute nature qui se produisent sur le terrain qu'elle représente. »⁶⁴⁰

L'argumentation en elle-même n'est paradoxale qu'en apparence, tant la réforme de l'armée et le développement scientifique et technique français – entre autres – furent marqués entre 1870 et 1914 par le désir de revanche et l'exemple de la supériorité allemande. Elle montre surtout les défauts, dans le cadre d'une utilisation pratique, d'une carte qui avait été d'abord conçue comme une illustration prestigieuse de la science française, puis finalement réalisée pour répondre aux seuls besoins militaires et administratifs, mais en sous-estimant la durée des travaux et donc la vitesse de vieillissement de son contenu. En particulier, la révolution industrielle avait provoqué des modifications importantes et profondes de la planimétrie (voies de communication, travaux sur les cours d'eau) qu'il était impossible de prévoir au moment de la conception de la carte.

Le changement conceptuel fondamental que constituait la reconnaissance de l'utilité de la carte et de la nécessité de sa mise à jour régulière entraîna logiquement la mise en place difficile d'un programme de révision de la carte d'état-major⁶⁴¹, mais il se traduisit aussi dans l'évolution institutionnelle du Dépôt de la guerre.

3.1.2. Du Dépôt de la guerre au Service géographique de l'armée, un pas de plus vers l'autonomie du travail cartographique.

3.1.2.1. Le Dépôt de la guerre dans la réorganisation de l'armée après 1870.

A la suite de la défaite de 1870, la remise en cause de toute l'organisation de l'armée française provoqua son évolution en grande partie calquée sur le modèle « victorieux » de

⁶⁴⁰ Cité dans *Ibid.*, p. 144.

⁶⁴¹ Voir infra, partie, chapitre 3.2.

l'armée prussienne. L'arrêté du 8 juin 1871 réorganisait l'administration centrale du ministère de la Guerre, en y créant entre autres un état-major général rattaché au cabinet du ministre. La direction indépendante du Dépôt de la guerre était supprimée pour être intégrée à cet état-major sous le nom de 2^e bureau, placé sous la direction du lieutenant-colonel Saget. La quatrième section de ce bureau s'occupait des travaux de géodésie, de topographie et de gravure, regroupant toutes les activités cartographiques de l'ancien Dépôt.

Cette première réorganisation de l'armée, sans accroissement réelle des crédits de fonctionnement, ne permettait pas de résoudre en profondeur les lacunes soulignées par la guerre. Après une première augmentation de budget en 1873, le décret du 12 mars 1874 prit directement exemple sur le grand état-major allemand pour créer un état-major général séparé du cabinet du ministre et indépendant de l'administration centrale. Dans cette nouvelle organisation, les cinq sections de l'ancien Dépôt de la guerre devenaient des bureaux. Les activités cartographiques de géodésie et de topographie, mais aussi le service des archives et la comptabilité, étaient réunies dans le 6^e bureau, toujours sous la direction de Saget. En 1875, le lieutenant-colonel Bugnot remplaçait ce dernier à la tête de ce qui avait été transformé la même année en 5^e bureau.

3.1.2.2. L'autonomie nécessaire au travail cartographique.

Jusqu'en 1875, le Dépôt de la guerre ne subissait qu'indirectement la réorganisation de l'armée et aucun changement ne concernait sa structure même. J'interprète simplement les modifications successives de sa place dans l'organigramme de l'administration militaire comme de nouvelles occurrences des hésitations traditionnelles dans son rattachement au département de la Guerre⁶⁴². J'estime qu'elles traduisaient d'ailleurs toujours la même incapacité des autorités militaires à trancher entre leur conception fixiste de la carte et la reconnaissance des spécificités du travail cartographique.

Certains officiers du Dépôt commençaient pourtant à soulever plus ouvertement le problème de l'autonomie nécessaire à l'activité cartographique. En particulier, le capitaine Perrier, jeune géodésien prometteur, membre du Bureau des longitudes puis de l'Institut, militait depuis 1872 pour que soient réunies au sein d'un même organisme toutes les activités cartographiques – et elles seules. Le contexte se prêtait bien au retour d'un tel projet. La pénurie de cartes pendant la guerre et les problèmes posées par les premières opérations de révision de la carte de France⁶⁴³ soulevaient des questionnements sur les moyens d'accroître l'efficacité du travail cartographique. Au Dépôt de la guerre, suffisamment d'officiers étaient convaincus de la spécificité de ce travail pour que s'impose une tendance favorable à l'autonomie du Dépôt au sein de l'état-major.

En 1876, les activités cartographiques étaient finalement et définitivement séparées du Service historique, même si ce dernier demeurait au sein du Dépôt de la guerre. Après la suppression du corps d'état-major en 1880, un décret du 25 octobre 1881 transformait le 5^e bureau de l'état-major en une Sous-direction du Dépôt de la guerre, composée de quatre bureaux : géodésie ; topographie, gravure et atelier ; archives et bibliothèques ; comptabilité et vente de cartes. Le 10 janvier 1882, Perrier, récemment promu lieutenant-colonel, remplaçait le colonel Bugnot comme sous-directeur⁶⁴⁴.

⁶⁴² Voir supra, partie 1, chapitre 2.3.1.2.

⁶⁴³ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.1.

⁶⁴⁴ *Le SGA. Op. cit.*, p. 48.

3.1.2.3. Le Service géographique de l'armée.

Sous l'influence de Perrier, une loi votée le 12 décembre 1884 créait au sein de la sous-direction un Service géographique réunissant les activités cartographiques en les séparant des activités historiques et comptables. Son ambition était non seulement de regrouper sous une même direction tous les services cartographiques de l'armée, en particulier ceux du Dépôt des fortifications dans lequel les topographes du génie développaient de nouvelles méthodes de levés de précision, mais aussi d'en exclure définitivement tout autre service. Un an plus tard, le décret du 16 mai 1885 prononçait le rattachement du Dépôt des fortifications au Service géographique du Dépôt de la guerre⁶⁴⁵.

A partir de 1885, le Service géographique occupa les anciens locaux de l'école d'état-major, alors que les autres services restaient dans les anciens locaux du Dépôt de la guerre. Sous la pression de Perrier, la séparation physique du Service géographique fut institutionnalisée par les décrets du 24 mai 1887 qui supprimaient le Dépôt de la guerre et créait pour reprendre ses activités cartographiques le Service géographique de l'armée (SGA), placé sous la direction de Perrier, devenu général cette même année. Son organisation ne comprenait plus que des sections ou services consacrés au travail cartographique : géodésie, levés de précision, topographie, cartographie, construction des plans en relief, et dépôt des instruments de précision.

Si la création du SGA confirmait effectivement la spécificité du travail cartographique, elle ne lui apportait pas encore une autonomie complète. En particulier, sa situation au sein de l'état-major ne connaissait pas d'évolution fondamentale, même si elle était modifiée pour la énième fois par un décret de 1890, avec le placement du directeur du SGA, qui était alors le colonel Derrécagaix, sous les ordres directs du Chef d'état-major général de l'armée, avec le titre de Sous-chef d'état-major général⁶⁴⁶.

3.1.2.4. La Commission centrale des travaux géographiques.

Loin du projet ancien de Brossier en 1816 et des revendications initiales de Perrier, le Service géographique de l'armée ne réunissait pas en un seul organisme tous les services cartographiques officiels, civils et militaires. Si le cadastre ou le service hydrographique de la Marine restaient intégrés à d'autres ministères, la situation était encore plus complexe qu'au début du 19^e siècle : insatisfaits du caractère militaire de la carte de France au 1 : 80 000, de nombreux organismes publics avaient en effet constitué des services cartographiques qui réalisaient des cartes spécifiques dérivées du 1 : 80 000, comme par exemple la carte au 1 : 100 000 du ministère de l'Intérieur ou la carte au 1 : 200 000 du Service vicinal.

Après la guerre de 1870, la création d'une Commission centrale des travaux géographiques avait été envisagée pour diriger l'ensemble de ces travaux, sur le modèle de la Commission royale de 1817 et d'institutions existantes dans d'autres pays européens⁶⁴⁷. Présenté le 11 décembre 1875 à l'Assemblée nationale par le général Billot, le projet ne fut pas concrétisé, mais l'argumentation pour son adoption reflétait bien l'évolution des rapports de force dans le domaine cartographique. En effet, le projet se prononçait pour « rétablir une institution dont la France [avait] eu l'initiative et qui, sous la présidence de

⁶⁴⁵ Voir infra, partie 2, chapitre 4.1.

⁶⁴⁶ *Le SGA. Op. cit.*, p. 61-62.

⁶⁴⁷ Comme le Directoire central des levés en Allemagne, le Comité scientifique en Russie, ou encore l'Institut géographique en Autriche.

Laplace, [avait] dirigé les travaux de notre grande carte nationale »⁶⁴⁸. Mais de la part du service cartographique qui avait travaillé à écarter la Commission royale de la direction de la carte de France, cette proposition n'exprimait certainement pas la volonté de créer une nouvelle commission interministérielle indépendante, susceptible d'imposer une orientation différente aux travaux cartographiques. Je considère au contraire qu'elle signifiait la volonté du Dépôt de la guerre de contrôler une telle commission pour imposer ses propres vues aux autres services, soutenue par l'importance nouvelle que lui avait donné la démonstration de l'utilité militaire des cartes pendant la guerre de 1870.

Pourtant, quand le rapporteur du budget demanda quinze ans plus tard au Service géographique de l'armée s'il était envisageable de centraliser tous les travaux cartographiques des services étatiques dans un même établissement, celui-ci répondit qu'une telle mesure ne serait ni économique, ni avantageuse, puisqu'elle nécessiterait de rattacher de nombreux spécialistes au SGA et de développer le service de reproduction au point de devoir le déménager dans de nouveaux bâtiments. Il s'agissait là d'un changement considérable par rapport à la position défendue par Perrier à peine quelques années plus tôt, mais qui s'expliquait en partie par la situation du service. La révision régulière de la carte de France posait suffisamment de problèmes à sa direction pour qu'elle ne se charge pas en plus d'intégrer des productions hétérogènes à son activité⁶⁴⁹. Surtout, engagé dans une refonte complète de sa production cartographique⁶⁵⁰, le SGA s'était définitivement concentré sur la cartographie topographique pour laquelle les autres services cartographiques officiels ne pouvaient guère lui servir – même si le projet d'une carte de France basée sur le cadastre rejaillit quelques années plus tard⁶⁵¹.

A la place d'un service cartographique centralisé, le décret du 10 juin 1891 faisant suite à la loi du 26 décembre 1890 créait donc une Commission centrale des travaux topographiques, principalement chargée de supprimer les cartes faisant double emploi entre les services. Son activité même confirme mon hypothèse de l'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie. Si lors des réunions de 1891 et 1892, la Commission demanda bien la suppression de quelques rares publications, elle constata surtout que très peu de cartes faisaient double emploi, en soulignant la différence souvent très importante du contenu, même à échelle égale. La carte de France au 1 : 80 000 étant la seule carte dont la réalisation et l'entretien fût véritablement onéreux, la suppression des autres cartes n'aurait permis que des économies limitées au prix d'une perte d'utilité. La Commission confirmait ainsi cette nouvelle perception de la cartographie qui ne devait plus être un tableau général du territoire, mais une représentation adaptée à des besoins de plus en plus divers.

3.1.3. L'adaptation des techniques de reproduction.

Comme la carte de Cassini, la carte de France au 1 : 80 000 était initialement imprimée en taille-douce à partir de planches-mères en cuivre. S'il donnait des résultats appréciés pour la subtilité et la finesse du tracé, ce procédé restait lent et coûteux, et souffrait d'une

⁶⁴⁸ Cité dans BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*.T.2. *Op. cit.*, p. 252.

⁶⁴⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.

⁶⁵⁰ Avec la transformation de la carte de France dans le nouveau type 1889 (voir infra, partie 2, chapitre 3.1.3.2), la diversification des publications dérivées de cette carte (voir infra, partie 2, chapitre 3.3) et le développement des levés de précision (voir infra, partie 2, chapitre 4).

⁶⁵¹ Voir infra, partie 2, chapitre 3.4.1.3.

usure rapide des planches⁶⁵². Après 1870, la mise en place d'une révision régulière de la carte de France et la volonté de développer son utilisation aiguësèrent les problèmes posés par le procédé traditionnel de reproduction des cartes topographiques, favorisant une recherche technique qui aboutit à l'introduction de la zincographie, à la réalisation d'une nouvelle édition de la carte d'état-major et à l'essor de l'utilisation de la photographie.

3.1.3.1. La zincographie, une reproduction cartographique plus rapide et moins onéreuse.

En 1818, Senefelder avait décrit simultanément les techniques du report sur pierre et du report sur zinc⁶⁵³, qui reposaient sur un principe analogue. Mais alors que la première fut employée dès les années 1830 au Dépôt de la guerre, la deuxième posait des problèmes de préparation du zinc qui limitait son utilisation productive, même si elle avait été brevetée dès 1829 par Bregnot pour son application à l'impression de cartes en grand format et développée par Koeppelin qui lui avait donné le nom de *zincographie*.

Le potentiel était donc connu, mais la solution technique ne fut développée que dans les années 1870. Sur ordre exprès du colonel Bugnot, plusieurs artistes du Dépôt de la guerre travaillèrent sur le problème de la gravure directe sur zinc. En novembre 1877, un premier essai était montré au colonel, puis en août 1878, le procédé était utilisé pour la première fois de façon productive afin de tirer un plan de l'observatoire de Biskra publié dans le tome XI du *Mémorial de la guerre*. La technique fut encore améliorée : en particulier, les corrections étaient dorénavant exécutées sur un premier report sur zinc, puis les tirages effectués à partir d'un report de ce report. En 1879, *Mézières* était la première feuille de la carte de France tirée par ce procédé. A mes yeux, son développement constitue un exemple typique de recherches sur objectif, mais il illustre surtout à quel point la défaite de 1870 motiva les milieux scientifiques et techniques français.

Plus économique et plus pratique que la lithographie, la zincographie fut généralisée de 1880 à 1890 pour tous les tirages civils et militaires de la carte de France, dans une édition par quart de feuille. Une imprimerie zincographique fut rapidement développée au sein même du Dépôt de la guerre : dotée d'un nombre de plus en plus important de machines⁶⁵⁴, elle permit d'abaisser les coûts de production par rapport aux imprimeurs privés utilisés auparavant.

Cependant, pour les spécialistes, certains défauts de la zincographie la rendaient qualitativement inférieure à la taille-douce. Le premier était sa tonalité trop uniforme : en raison de la faible épaisseur des feuilles de zinc, la gravure ne pouvait pas être aussi profonde que dans le cuivre, empêchant de faire varier la quantité d'encre et donc la profondeur du noir qui permettait en taille-douce de bien distinguer une écriture sur un fond de hachures, par exemple. Lié aux spécifications même de la carte de France, conçue pour une impression monochrome en taille-douce, cette uniformité pouvait être contournée en employant plusieurs couleurs, mais la complexité du procédé le réservait à certaines cartes spéciales⁶⁵⁵.

⁶⁵² Voir supra, partie 1, chapitre 2.1.1.3.

⁶⁵³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 109.

⁶⁵⁴ A partir de 1882, l'imprimerie du Dépôt de la guerre fut installée dans l'ancien manège de l'école d'état-major pour disposer d'une place suffisante aux investissements matériels consentis.

⁶⁵⁵ Voir infra, partie 2, chapitre 3.3.

Le deuxième défaut provenait des qualités mêmes de l'édition zincographique. Rapide et efficace pour les corrections, elle devait permettre de publier les révisions d'une année sur l'autre afin d'avoir une édition toujours actualisée, même si les cuivres prenaient alors du retard sur l'édition courante. Mais les planches de zinc étaient déjà des reports de report : le procédé de report provoquant un empâtement du trait, elles avaient déjà une netteté inférieure aux cuivres originaux. Leur correction intensive provoquait donc assez rapidement des tirages défectueux, parfois même illisibles, au point qu'en 1885, le colonel Foucher signalait dans un rapport la situation critique de certaines planches de zinc.

3.1.3.2. Le type 1889 comme réponse aux limites de la zincographie.

La zincographie ne faisait que reporter le problème de l'usure des cuivres. Il était envisageable d'effectuer régulièrement de nouveaux reports sur zinc à partir des cuivres, mais puisque, pour les épargner, ceux-ci n'étaient plus tenus à jour, il aurait fallu à chaque fois reporter sur les nouveaux zincs toutes les révisions précédentes. Pour permettre d'augmenter les tirages en réponse à la nouvelle orientation utilitariste, le Dépôt de la guerre adopta une solution intermédiaire : produire une nouvelle édition sur cuivre mise à jour (par le procédé américain) et réaliser à partir de celle-ci une édition zincographique en report.

Décidée en 1889, l'édition corrigée des cuivres fut donc appelée « type 1889 ». Le processus était long et délicat (encadré 3), mais la nouvelle édition avait de nombreux avantages. Elle assurait la conservation des planches-mères en cuivre qui n'étaient utilisées qu'une fois pour la reproduction, mais gardait les avantages de la taille-douce : qualité supérieure des corrections, tirages plus lisibles et subtiles. Le format en quart de feuille permettait d'économiser du métal avec des planches moins épaisses et du temps avec une plus grande division du travail de gravure. Le principal défaut de l'édition en taille-douce était de ne pas permettre une application aussi rapide des corrections que l'édition zincographique.

Encadré 3 : Détails sur les techniques de reproduction cartographique.

Procédé de réalisation du type 1889.

Des marchés de gravure séparés étaient passés pour « l'effaçure » et pour les reprises et additions. Cette dernière étape demandait l'emploi de graveurs particulièrement expérimentés pour redonner toute l'homogénéité possible à la planche : ils travaillaient soit au burin, soit par morsure à l'acide azotique ou au perchlorure de fer, plus net et plus précis. Pour augmenter la vitesse de gravure et faciliter le travail, le format de quart de feuille de l'édition zincographique fut repris pour l'édition type 1889. Au début, les planches étaient tout simplement sciées en quatre parties, mais elles étaient alors souvent voilées, ce qui les fragilisait et les faisait parfois rompre sous l'effort de la presse. Par la suite, les reproductions galvanoplastiques furent exécutés directement par quart de feuille. Dans tous les cas, le graveur devait compléter les écritures débordantes du quart dans les marges.

Litho- et zincophotographie.

Le principe reposait sur l'exposition à la lumière, à travers un cliché négatif du travail du dessinateur, d'une pierre ou d'une planche de zinc recouverte d'une substance se solidifiant sous l'action de la lumière – l'albumine⁶⁵⁶ ou la gélatine bichromatée au Dépôt de la guerre. La technique était délicate, notamment parce qu'elle devait être effectuée rapidement avant que l'albumine n'ait trop attaqué le zinc, et elle ne permettait d'obtenir que des *faux-décalques* qui servaient ensuite à la gravure des pierres ou des planches de zinc. Ces techniques ne furent donc utilisées que pour les premières cartes topographiques en couleur⁶⁵⁷, parce que

la reproduction photographique permettait aux graveurs de travailler sur une base identique pour chaque planche de couleur et d'assurer ainsi un bon positionnement au tirage.

Héliogravure

Talbot avait réussi en 1852 les premières héliogravures à partir de clichés photographiques, mais ce fut le neveu de Nièpce qui mit au point en 1854 la méthode au bitume de Judée qui servit de base aux recherches postérieures. Cette technique reposait sur le même principe d'insolation que la litho- ou zincographie, mais une fois le support métallique lavé, les parties dénudées étaient mordues les unes après les autres avec une solution d'acide (ou parfois de perchlorure de fer) afin d'obtenir une gravure en creux pouvant être tirée sur une presse à taille-douce ou fournir des épreuves à report. Au Dépôt de la guerre, les substances utilisées étaient généralement le bitume de judéen et l'acide azotique.

3.1.3.3. Photographie et héliogravure, début d'une mutation fondamentale des procédés de reproduction.

Impression en taille-douce, lithographie et zincographie reposaient sur le même principe de tirage à partir d'une planche gravée manuellement, qui posait les mêmes problèmes d'usure des planches et de complexité des corrections. Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, le développement de l'utilisation de la photographie aboutit à une mutation fondamentale du procédé de gravure lui-même, que Koeman identifie comme la première révolution des procédés modernes de reproduction cartographique⁶⁵⁸.

Le Dépôt de la guerre s'était intéressé très tôt aux capacités de reproduction presque à l'identique de la photographie. Un atelier de photographie avait été mis en place dès 1859, mais il ne servait qu'à l'agrandissement ou la réduction de documents topographiques comme les feuilles ou les minutes, pour des applications ne concernant qu'un petit nombre d'exemplaires : reproduction pour la gravure, révision, mise au net. Les procédés employés suivirent l'évolution de la photographie⁶⁵⁹, mais les reproductions de mauvaise qualité et peu lisibles effectuées en urgence pendant la guerre de 1870 démontrèrent les limites de la reproduction photographique directe pour des tirages importants.

Cependant, depuis les premiers travaux de Nièpce en 1826, le développement de la photographie avait toujours inclus des études sur les procédés de reproduction photomécanique. Sous l'impulsion des changements consécutifs à la guerre de 1870, l'atelier de photographie commença à utiliser ces procédés qui ne répondaient auparavant à aucun besoin du Dépôt de la guerre. A partir de 1879, les techniques lithophotographiques et zincophotographiques servirent à produire de faux-décalques pour aider à la gravure – toujours manuelle – des premières cartes topographiques en couleur (encadré 3).

Le bouleversement fondamental des techniques de reproduction correspond aux premières applications de l'héliogravure. Ce procédé fut introduit au Dépôt de la guerre en 1883, à la suite des travaux du commandant de la Noë au Dépôt des fortifications. Il permettait d'obtenir directement, à partir d'un cliché photographique, une planche d'eau-

⁶⁵⁸ Selon Koeman, la deuxième révolution débuta dans les années 1940 avec l'adoption de techniques permettant d'arriver à un processus purement photomécanique réduisant au minimum l'intervention manuelle (voir infra, partie 4, chapitre 4.1). KOEMAN C. The application of photography to map printing and the transition to offset lithography. In *Five centuries of map printing, op. cit.*, p. 137-155.

⁶⁵⁹ Cependant, les opérations se déroulant dans un atelier, les opérateurs n'avaient besoin ni d'un système évitant les manipulations chimiques préalables à la prise de vue, ni d'un temps de pause court puisque l'objet photographié était fixe : les plaques au gélatino-bromure ne remplacèrent donc pas les glaces préparées au collodion humide, même si le transfert des clichés des plaques de verre sur des gélatines fut rapidement adopté pour permettre la réutilisation des glaces.

forte, c'est-à-dire gravée en creux : l'étape de la gravure manuelle était ainsi supprimée. Le procédé connu de nombreux développements liés aux évolutions industrielles : il fut notamment appliqué au cuivre et connut un développement considérable avec les inventions du processus de copie sur zinc par chromium-gum en 1901 et de la presse offset en 1904⁶⁶⁰. Particulièrement rapide et économique, son emploi fut rapidement généralisé au Dépôt de la guerre pour nombre de cartes dérivées du 1 : 80 000, dont l'amplification au 1 : 50 000 en noir et blanc du type 1889⁶⁶¹, avant de servir à la production de la nouvelle carte de France⁶⁶².

La mise au point et l'adoption de nouvelles techniques de reproduction avaient été influencées par la nécessité de disposer de tirages plus nombreux et moins chers, d'abord pour développer sa diffusion afin d'augmenter les recettes des ventes, puis après 1870 pour trouver une solution aux difficultés d'approvisionnement cartographique rencontrées pendant la guerre. Mais la plus grande souplesse de ces techniques, notamment dans les corrections des planches, permit également d'envisager une mise à jour régulière de la carte de France.

3.2. Les révisions de la carte de France : la difficile traduction pratique du problème de l'actualité d'une carte.

Nous avons vu que, pour éviter une remise en cause radicale de la carte de France elle-même, les changements conceptuels provoqués par la guerre de 1870 avaient été en partie focalisés sur la problématique de l'actualité de la carte⁶⁶³. Celle-ci mettait l'accent sur la nécessité d'une révision régulière des informations représentées, qui n'avait presque jamais été envisagée durant la réalisation de la carte de France. En rupture complète avec la conception fixiste de la cartographie, l'idée d'une révision connut une application extrêmement difficile au cours du dernier quart du 19^e siècle. D'un point de vue purement conceptuel, l'évolution même des termes qui désignaient les opérations servant à corriger le contenu de la carte souligne la mutation de la conception que les officiers topographes et leur hiérarchie se faisaient de ces opérations. Après une période d'une vingtaine d'années marquée par l'inertie des pratiques de la tradition fixiste, les années 1890 virent finalement se formaliser les méthodes de révision.

3.2.1. L'évolution des termes désignant les révisions, reflet d'une mutation conceptuelle.

Les dossiers topographiques de la carte de France au 1 : 80 000 contiennent pratiquement toutes les minutes de révision, c'est-à-dire des copies des minutes originales ou des agrandissements de la carte elle-même sur lesquels étaient portés les corrections et ajouts lors des opérations de révision. Les règlements successifs obligeaient les officiers réviseurs à porter sur les minutes la date et leur signature précédée d'une phrase plus ou moins conventionnelle désignant le travail qu'ils avaient effectué. Au cours de mon dépouillement de ces dossiers, j'ai trouvé dans les annotations des minutes un témoignage

⁶⁶⁰ KOEMAN C. The application of photography to map printing. *Op. cit.*

⁶⁶¹ Voir infra, partie 2, chapitre 3.3.

⁶⁶² Voir infra, partie 2, chapitre 3.4.

⁶⁶³ Voir supra, partie 2, chapitre 3.1.1.3.

particulièrement révélateur de l'évolution de la conception que se faisaient la direction du Dépôt de la guerre et les officiers réviseurs eux-mêmes du travail de révision.

3.2.1.1. Avant 1878, de simples « rectifications » traduisant la conception fixiste.

Les minutes de révision antérieures à 1878 ne concernaient que les révisions locales, ainsi que la première révision d'ensemble de 1873-1883⁶⁶⁴. Quand les officiers avaient annoté leurs minutes, l'expression employée était toujours : « rectifications exécutées par... ». Je pense qu'elle montre clairement la persistance de la conception fixiste dans laquelle les révisions ne servaient pas à *mettre à jour* les données contenues, mais seulement à *rectifier* les erreurs existantes dans un tableau figé du territoire. Le contenu de la circulaire du 1^{er} juin 1878 confirme d'ailleurs mon hypothèse : celle-ci précisait explicitement qu'il s'agissait d'opérations de « complétage » plus que de « révision ». Toutes les autres instructions faisaient aussi uniquement référence à des « corrections » ou « rectifications », sans jamais employer les termes de révision ou de mise à jour.

3.2.1.2. Les années 1880, « vérification » et « mise à jour » sous l'influence des changements consécutifs à 1870.

Entre 1881 et 1888, les opérations de correction et mise à jour du contenu de la carte de France furent d'abord confiées aux corps d'armées, puis organisées dans une révision quinquennale⁶⁶⁵. Les minutes que j'ai consultées portaient généralement la mention « vérifiée et mise à jour », beaucoup plus rarement « révisée », mais leur contenu lui-même n'était guère différent des minutes antérieures à 1878, ce qui témoigne d'un travail de terrain probablement similaire. J'interprète ce changement lexical plus que pratique comme une manifestation des conclusions tirées de la guerre de 1870. L'émergence d'une conception utilitariste de la cartographie et du problème de l'actualité d'une carte avait confirmé la nécessité de *mettre à jour* la carte afin de la rendre opérationnelle, notamment pour les campagnes militaires, sans pour autant se traduire par une modification radicale des méthodes employées à cause d'une certaine inertie de la pratique.

3.2.1.3. Après 1889, la généralisation tardive des « révisions ».

Sur les minutes postérieures à 1889, l'emploi des termes « révision » ou « révisée » se généralise pour désigner des travaux qui correspondent à la définition actuelle de la révision cartographique. Au contraire, les modifications de détail signalées sur des tirages récents pendant les manœuvres des corps d'armées au cours des années 1880 et 1890 restèrent invariablement qualifiées de « corrections » : portant sur les dernières éditions révisées, elles étaient perçues comme de simples *corrections* d'un tableau *actuel* du territoire. Cette fixation du vocabulaire de la révision cartographique confirmait que le changement conceptuel amorcé après la guerre de 1870 s'imposait finalement dans la pratique, d'autant plus que les années 1890 furent marquées par la formalisation des méthodes de révision⁶⁶⁶.

3.2.2. Inertie et demi-mesures dans une pratique de révision sans conception claire.

⁶⁶⁴ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.2.2.

⁶⁶⁵ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.2.3.

⁶⁶⁶ Voir infra, partie 2, chapitre 3.2.3.

3.2.2.1. Une problématique de mise à jour apparue avec la carte de France.

L'entreprise de la carte de France au 1 : 80 000 avait déjà marqué un changement profond dans les méthodes de représentation et les techniques de levés, mais elle constitua aussi le principal objet d'un changement radical de la conception des modifications à apporter à une carte après son achèvement. La carte de Cassini n'avait jamais été révisée de façon régulière, à la fois parce que les partis pris de Cassini la rendaient moins sensible aux variations de détails et à la fois parce que l'usure des cuivres, le manque de moyens et les nouveaux besoins des militaires rendaient toute modification aussi impossible qu'inutile puisqu'elle ne pourrait pas changer les spécifications mêmes de la carte.

Les problèmes de mise à jour soulevés quand la publication de la carte d'état-major fut relativement avancée étaient donc entièrement nouveaux. Ils se posèrent d'autant plus tôt que la France connut entre 1830 et 1870 un bouleversement majeur de ses infrastructures de communication provoqué par une série de lois qui aboutirent à une fixation des chemins vicinaux⁶⁶⁷, et par le développement rapide du chemin de fer, dont le réseau était à peu près fixé dès 1870 avec seize mille neuf cents kilomètres de lignes. De plus, l'hétérogénéité des minutes de levé, selon les échelles et les méthodes (plus ou moins bien) appliquées, ne faisait qu'accentuer ce besoin de mise à jour par la nécessité d'harmoniser le contenu de la carte.

La question de la mise à jour de la carte ne fut envisagée pour la première fois qu'en 1841, sur un ordre exprès du général Pellet. La Commission des travaux graphiques se prononça pour une mise à jour indirecte à partir de documents fournis par les administrations. A mes yeux, cette décision montrait bien l'état d'esprit des instances dirigeantes de la carte de France : non seulement elle confirmait l'orientation purement militaire et administrative de la carte qui ne nécessitait *a priori* que la mise à jour des données toponymiques et planimétriques, mais elle reniait aussi les difficultés pratiques rencontrées par les levés en supposant que la topographie, qui n'était pas soumise à des variations rapides, n'avait pas besoin d'être révisée puisqu'elle était supposée avoir été levée correctement. J'interprète cette affirmation du caractère définitif des travaux sur le terrain comme une expression directe de la conception fixiste dominante au sein de la Commission.

A la suite de cette décision, les premières corrections tirées de sources indirectes furent apportées à la gravure en 1845, puis le principe fut peu à peu généralisé jusqu'à son application méthodique à partir de 1860. En raison de leur publication tardive, la plupart des feuilles concernant les Alpes ne fut pas concernée par des corrections indirectes avant 1875, à l'exception des feuilles couvrant les régions moins montagneuses, publiées plus tôt.

La méthode donna des résultats jugés unanimement médiocres. Dès 1866, des rapports soulignaient que l'incompétence et le manque de temps des administrations rendaient souvent les corrections plus désastreuses que l'absence de mise à jour. Ils se prononçaient tous pour la mise en place d'une vérification sur le terrain des corrections apportées. Le Dépôt de la guerre reconnaissait lui-même une accumulation d'erreurs dangereuses au plan militaire, mais le projet de révision directe, exécutée sur le terrain par des officiers d'état-major, proposé en 1867 par certains officiers spécialisés dans les levés topographiques comme le lieutenant-colonel Borson, fut rejeté pour raisons budgétaires. Seules les frontières du nord-est bénéficièrent de quelques travaux limités de révision directe, mais les résultats furent décevants. Suprême insulte, les officiers allemands qui

⁶⁶⁷ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 128-129.

révisèrent les feuilles d'Alsace-Lorraine jugèrent que la carte française, pourtant mise à jour dans cette région, avait cinquante ans de retard et fourmillait d'erreurs⁶⁶⁸.

3.2.2.2. Une première révision d'ensemble sans méthode fixe, désastreuse pour les planches-mères (1873-1883).

En 1870, la guerre de manœuvre sur le territoire français avait fait prendre cruellement conscience aux états-majors de la nécessité d'une carte mise à jour régulièrement. En 1873, le Dépôt de la guerre engagea donc une nouvelle révision dans les régions du nord-est non annexées, qui fut généralisée ensuite en une « révision d'ensemble » achevée en 1883. Celle-ci concernait essentiellement la planimétrie, que les officiers d'état-major devaient réviser sur le terrain même à partir des documents fournis par l'administration, mais aussi l'orographie pour les feuilles précoces dont le calque de courbes n'avait pas été dressé sur le terrain. En plus, les officiers devaient dresser des notices statistiques sur chacune des feuilles qu'ils révisaient.

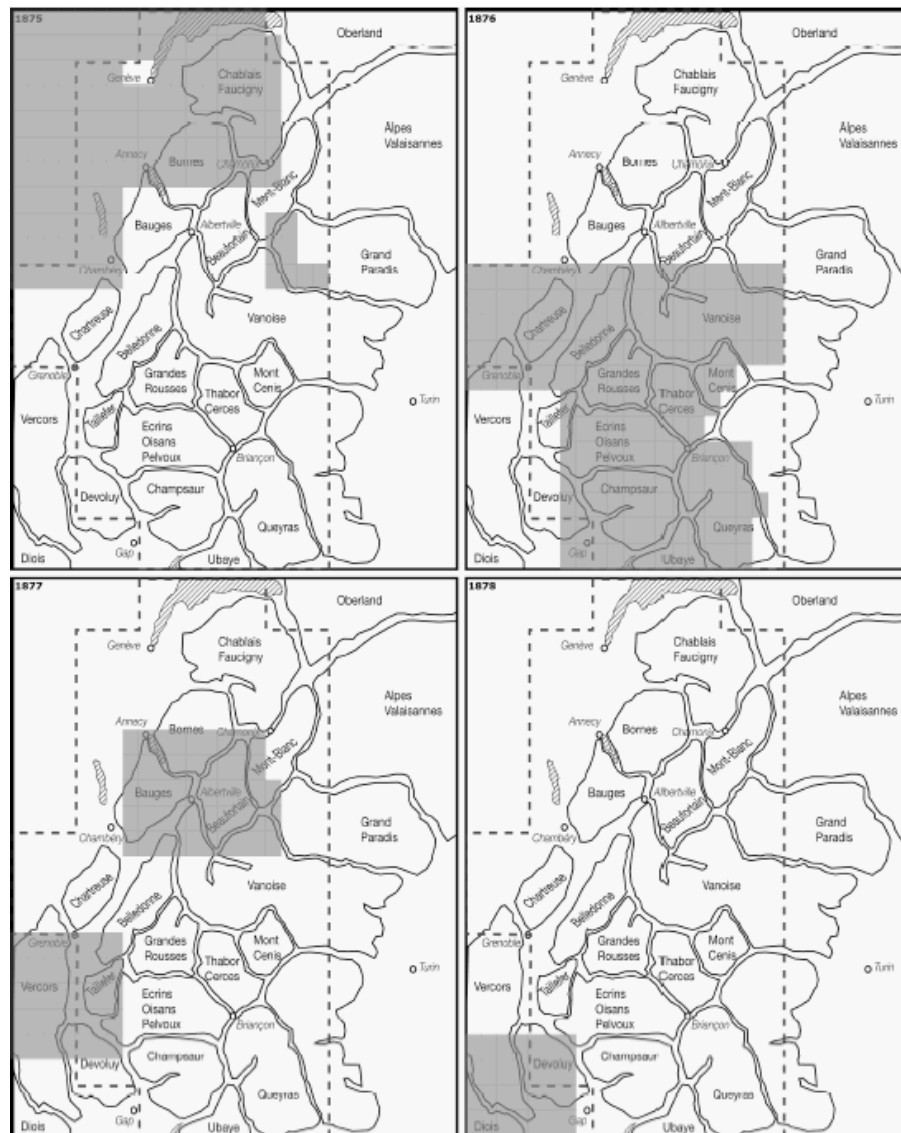
Sans remettre en cause la nécessité de la révision, les autorités militaires l'adoptèrent avec la volonté de l'utiliser comme un exercice pour les officiers. Elles définirent volontairement une surface de révision très large : d'abord fixée à cent soixante lieues carrées à réviser en trois mois, elle fut diminuée fin 1873 à quatre-vingt lieues carrées, mais compte tenu des travaux demandés, celle-ci restait trop importante et les travaux prirent du retard. Dans son application, la révision démontrait le refus persistant des autorités de considérer les spécificités et les difficultés du travail cartographique, malgré la multiplication des rapports alarmants rédigés par les officiers dirigeants du Dépôt de la guerre.

La situation s'aggrava lorsqu'en 1875 les travaux de révision furent décentralisés pour être effectués dans les bureaux topographiques récemment créés dans chacun des dix-huit corps d'armées⁶⁶⁹, en réponse à leur protestation face à une répartition des opérations inadaptée à leurs exigences locales. Le Dépôt de la guerre ne s'occupait officiellement plus que de réunir les travaux et d'appliquer les corrections sur les feuilles. Malgré plusieurs instructions détaillant les informations à inclure dans les révisions et insistant sur le choix d'officiers compétents – la circulaire ministérielle du 17 avril 1882 était particulièrement critique à cet égard –, la méthode restait tellement imprécise que les résultats très hétérogènes furent unanimement jugés médiocres.

Les Alpes du nord offrent un bon exemple des conditions de révision. La répartition des opérations de la première révision d'ensemble, effectuée entre 1875 et 1878 sur la région concernée par mon corpus (carte 2), souligne la volonté d'une couverture systématique particulièrement rapide. Cependant, la reprise dès 1881 de révision dans certaines zones, alors même que la « révision d'ensemble » pour tout le territoire n'était pas achevée, témoigne des résultats insatisfaisants obtenus par la première campagne de 1875-1878 (carte 3).

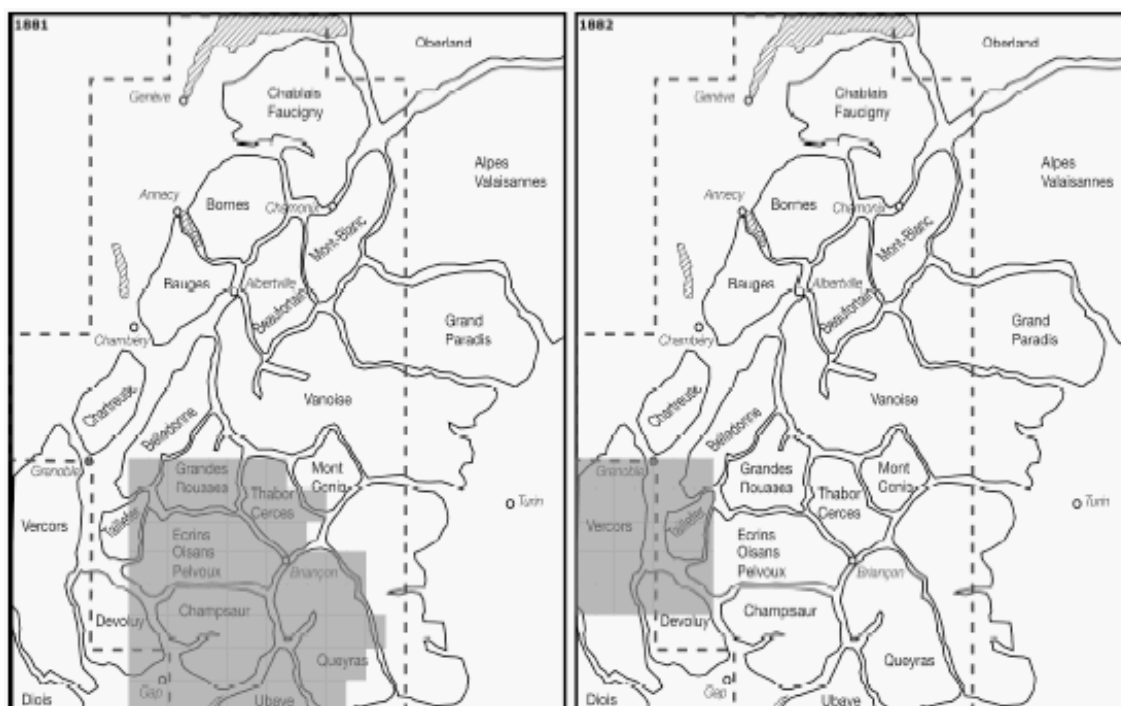
⁶⁶⁸ Cité dans : *Ibid.*, p. 140-141.

⁶⁶⁹ Ces nouvelles structures militaires avaient été créées après la guerre de 1870 sur le modèle de l'armée prussienne.

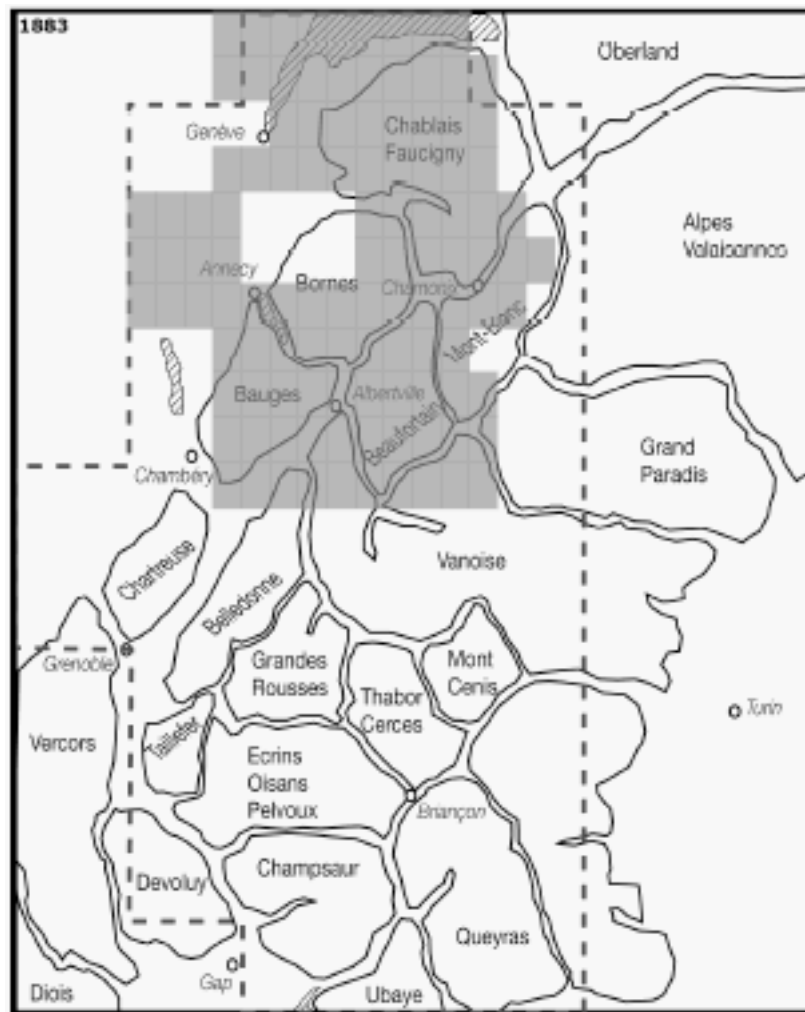


Carte 2 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1875-1878.

Partie 2. D'une carte de France à l'autre, l'adoption d'une représentation entièrement géométrique du relief (1870-1920).



Carte 3 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1881-1883.



Cette première révision d'ensemble – qui fut en 1878 explicitement qualifiée de « complétage » plutôt que de « révision » – eut des conséquences désastreuses pour les planches-mères : malgré les consignes de la Commission des travaux graphiques, une grande partie des corrections fut effectuée directement sur les cuivres originaux. Seul le retard des travaux permit d'épargner certaines planches-mères. A la lumière d'une méthode de révision formalisée à la fin du 19^e siècle, les jugements sur la première révision de la carte de France se firent de plus en plus sévères. Ainsi, dans un historique général du Service géographique de l'armée publié en 1937, elle était décrite comme n'ayant eu « guère d'autre résultat que de faire apporter aux cuivres des corrections inexactes ou inutiles et de diminuer la valeur de la carte au lieu de l'améliorer »⁶⁷⁰.

3.2.2.3. La révision quinquennale, une inefficace révision de la révision.

Entre 1883 et 1889, les modifications de l'organisation des révisions ne répondaient qu'à l'unique souci de corriger les effets désastreux de la révision précédente. Dès 1884, il fut décidé de n'appliquer les corrections qu'à l'édition zincographique, sans toucher aux planches-mères en cuivre qui, si elles n'avaient pas encore été corrigées, restaient inactualisées mais évitaient l'accumulation des erreurs éventuelles des révisions.

⁶⁷⁰ Le SGA. *Op. cit.*, p. 50.

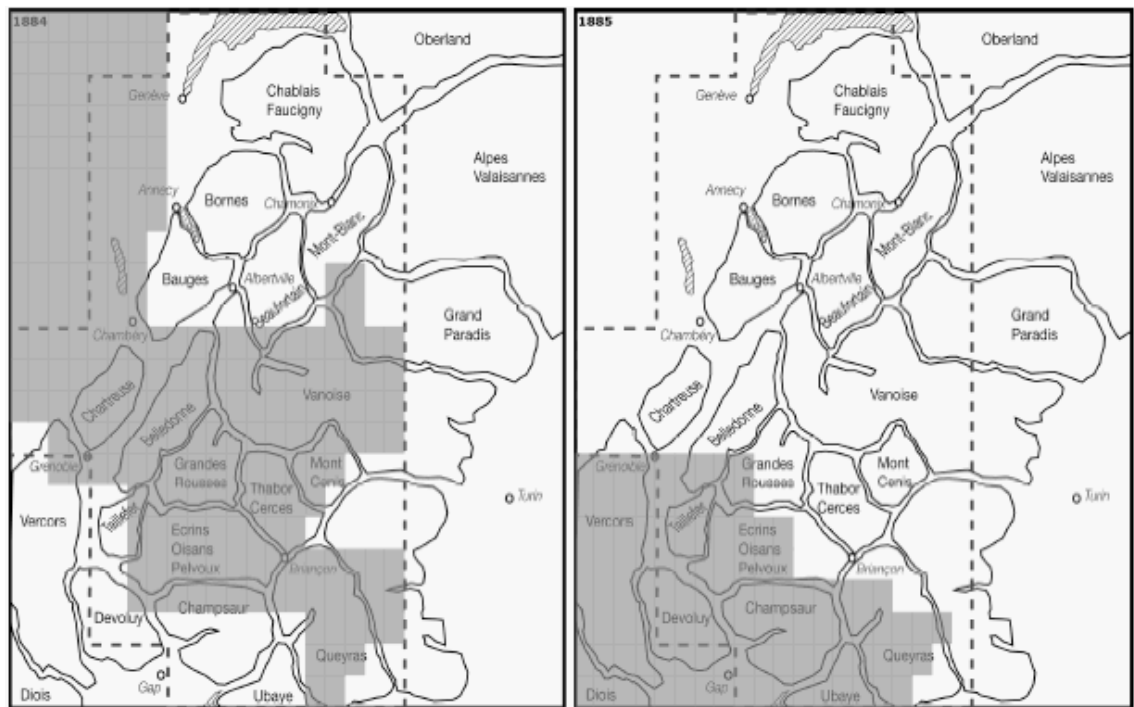
L'utilisation de la zincographie devait également permettre de limiter les retards en produisant théoriquement une édition complète et révisée de la carte chaque année. Le Service géographique⁶⁷¹ adopta en fait un système de révision quinquennale de tout le territoire français, toujours effectuée par les bureaux topographiques des corps d'armées. Cependant, l'insuffisance des crédits empêcha la réalisation effective de la révision quinquennale qui fut finalement supprimée en 1889 après avoir encore privilégié pendant cinq ans les régions frontalières du nord-est.

La méthode de révision restait toujours aussi imprécise. Contre l'avis de nombreux officiers supérieurs du Service géographique qui estimaient que les opérations de révision étaient plus complexes que les levés topographiques initiaux, le Dépôt de la guerre continua de faire appel à des officiers peu qualifiés. La suppression du corps d'état-major en 1880 lui permit d'employer librement des officiers détachés de toutes les armes, pour un effectif moyen de cent soixante officiers entre 1884 et 1889. Malgré une discrète procédure de choix des plus compétents⁶⁷², la qualité des travaux se ressentait de l'inexpérience des opérateurs et du rendement toujours aussi élevé demandé. Si les différents projets comptaient tous sur une réduction de la quantité de travail au fur et à mesure de l'accumulation régulière des révisions, tous les rapports soulignaient au contraire leur mauvaise exécution qui transformait chaque nouvelle opération en une révision de la révision précédente, maintenant une charge de travail toujours aussi importante.

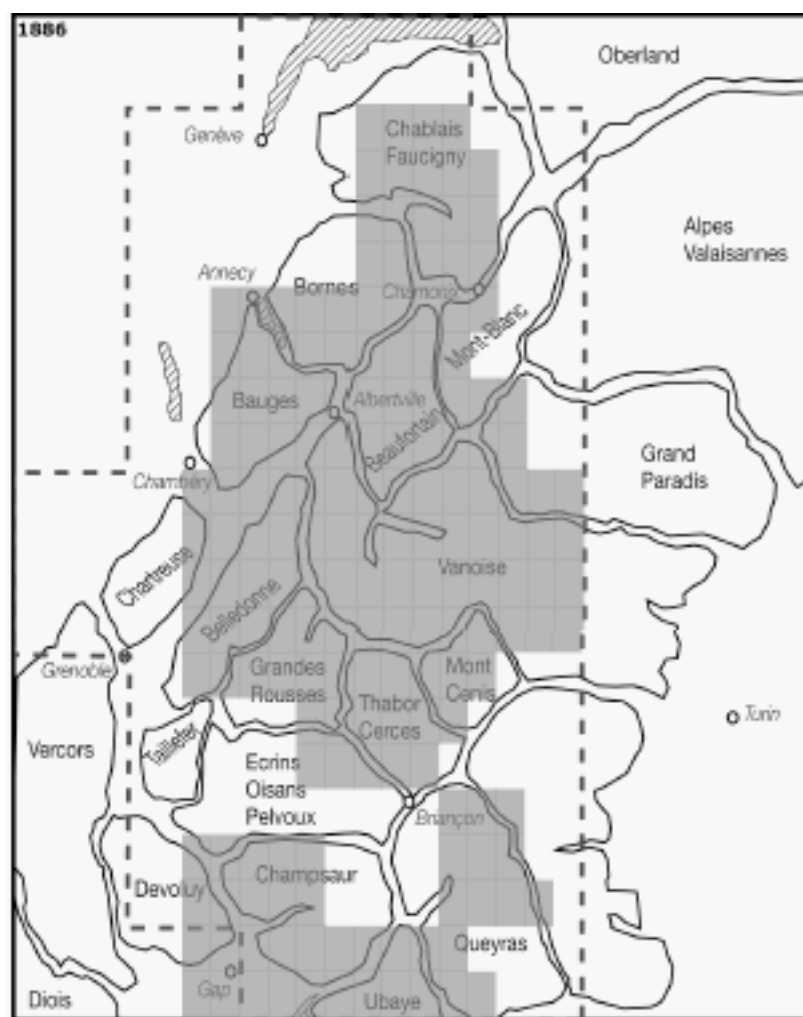
Dans les Alpes, les années 1880 virent ainsi se succéder une série de révisions couvrant cycliquement les mêmes régions à un rythme bien plus important que les publications de feuilles révisées. Entre 1884 et 1886, une première révision complète était effectuée (carte 4), plus rapidement encore qu'en 1875-1878 grâce à l'augmentation du nombre d'officiers réviseurs, mais aussi par l'emploi de méthodes plus ou moins détaillées : ainsi, les opérations de 1884 étaient qualifiées sur les minutes que j'ai consultées de « révision sommaire ». Le rythme de révision atteignit des sommets en 1887, avec une révision également qualifiée de sommaire qui couvrit en une seule année toute la région concernée par mon corpus de feuilles (carte 5). Si les zones couvertes en 1889 et 1890 étaient limitées par la mise en place d'une méthode moins expéditive et l'emploi d'un nombre inférieur d'officiers, elles complétaient la zone importante couverte en 1888 – plus de la moitié des feuilles de mon corpus.

⁶⁷¹ De la Sous-direction du Dépôt de la Guerre, nouveau nom du Dépôt de la guerre depuis 1882.

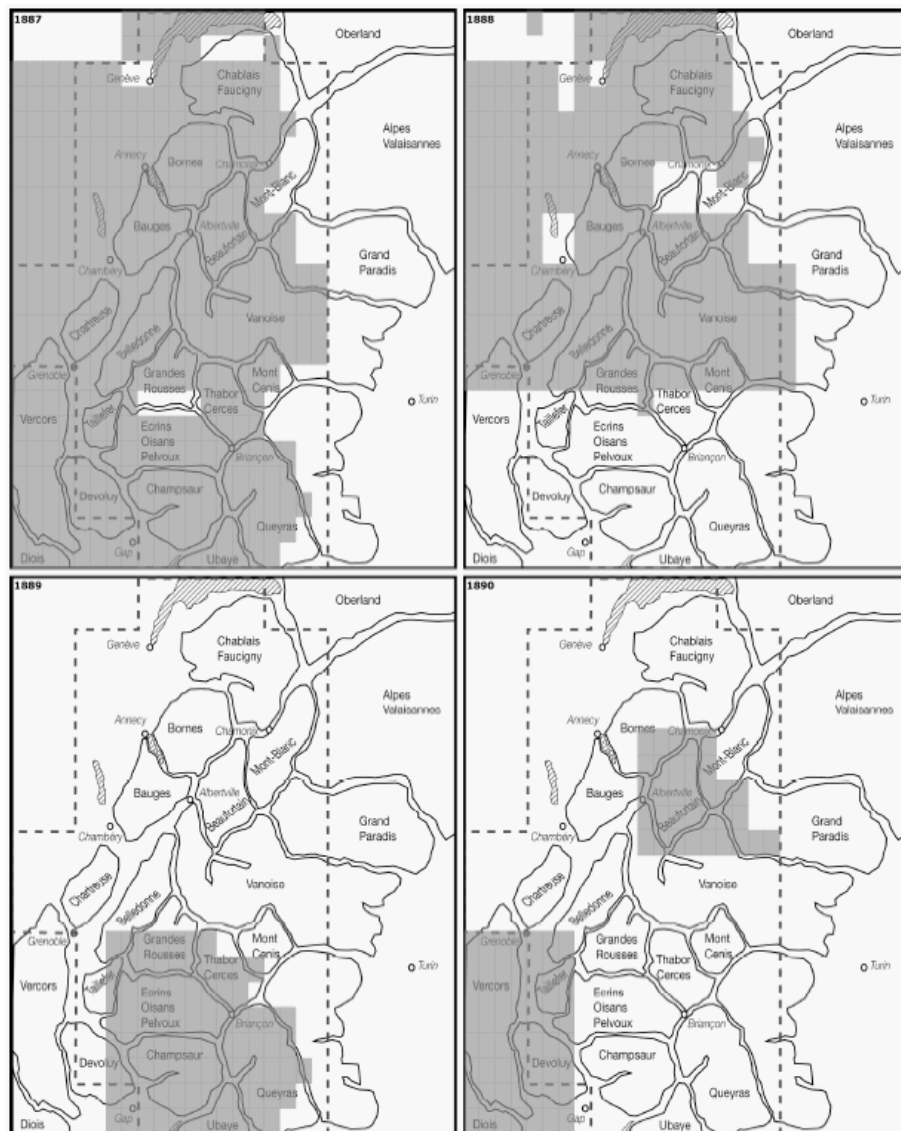
⁶⁷² *Le SGA. Op. cit.*, p. 58-59.



Carte 4 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1884-1886.



Carte 5 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1887-1890.



Carte 5 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1887-1890.

Dans ces conditions, la mise à jour de la carte, qui avait paru indispensable au lendemain de la guerre de 1870, n'était toujours pas réalisée de façon satisfaisante pour les états-majors militaires. L'inertie dans la transition vers une révision régulière de la carte de France aurait sans doute été mieux acceptée si elle ne s'était pas traduite par une accumulation de demi-mesures qui avaient produit des révisions invariablement jugées médiocres, quand ce n'était pas nuisibles à la carte, et par un coût finalement très élevé : en 1898, Berthaut évaluait le coût total des révisions menées entre 1870 et 1889 à environ 1,85 millions de francs⁶⁷³, soit un sixième du coût estimée pour la réalisation de la carte. Il fallut attendre les mutations institutionnelles tardives qui virent la création du Service géographique de l'armée pour que le problème de la révision soit abordé méthodiquement, en accord avec une reconnaissance plus grande de la nécessité et de la spécificité du travail cartographique.

⁶⁷³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 173.

3.2.3. La formalisation du processus de révision.

Peu de temps après sa création, le Service géographique de l'armée entreprit, parallèlement à la mise en place du type 1889, de transformer le processus de révision de la carte de France. Entre 1889 et 1892, une nouvelle méthode fut progressivement mise en œuvre, dans le but de résoudre tous les problèmes posés par les révisions précédentes. Dans les Alpes, elle fut immédiatement appliquée pour compléter la révision en cours (carte 5), mais ne servit à une nouvelle révision complète qu'entre 1895-1898 (carte 6). La volonté de formaliser le processus de révision se traduisit par la réunion, fin 1890 puis fin 1891, de deux commissions spéciales présidées par le colonel de la Noë, sous-directeur du SGA.

3.2.3.1. Recrutement et encadrement des officiers réviseurs.

Dans ses grandes lignes, la nouvelle méthode de révision reprenait le projet de 1867⁶⁷⁴. Sur le plan du recrutement, celui-ci prévoyait de remplacer le nombre par la qualité, en faisant appel à des officiers du Dépôt de la guerre, mieux formés aux travaux topographiques, de préférence aux officiers des corps d'armées. A partir de 1889, les révisions furent donc confiés à un petit nombre d'officiers expérimentés (ils n'étaient que trente-huit en 1889 et 1890), au courant non seulement des méthodes de révision, mais également des méthodes de dessin et de gravure afin de comprendre les modifications qu'indiqueraient leurs corrections. La qualité du recrutement était assurée par une série de mesures restrictives : les officiers devaient avoir été bien évalués durant les travaux de la carte d'Algérie, ils recevaient une instruction commune à Paris et devaient servir pendant au moins trois ans au SGA pour que l'expérience accumulée à chaque campagne soit mieux mise en valeur, enfin les commissions de 1890 et 1891 imposèrent un examen des travaux de chaque candidat.

Les conditions de l'encadrement lui-même étaient modifiées : un officier supérieur du SGA encadrait et inspectait les travaux de terrain des officiers réviseurs. Les commissions de 1890 et 1891 augmentèrent considérablement cet encadrement : elles instaurèrent une organisation des officiers réviseurs en groupes placés sous la direction d'officiers supérieurs expérimentés, elles se prononcèrent pour la révision simultanée d'une même feuille par plusieurs officiers réviseurs⁶⁷⁵ afin de faciliter son contrôle, et elles imposèrent le maintien des chefs de groupes à Paris pendant l'hiver pour l'examen des mises au net et la préparation de la campagne à venir.

3.2.3.2. Instrumentation de la méthode et ouverture aux corrections topographiques.

La méthode de révision elle-même fut entièrement revue sur des bases nouvelles. Les documents fournis par les administrations ne servaient plus à exécuter directement des corrections qui étaient ensuite vérifiées sur le terrain, mais seulement à indiquer les zones où il était certain qu'une correction était nécessaire. Le travail s'effectuait sur des amplifications photographiques de feuilles tirées à partir du cuivre original, qui n'étaient donc pas au courant des dernières révisions jugées mauvaises. L'une des amplifications servait de minute sur le terrain, l'autre était réservée pour la mise au net.

La nouvelle méthode s'inscrivait surtout dans un effort d'instrumentation. Les révisions précédentes avaient essentiellement concerné la planimétrie et les instructions supposaient que les corrections pouvaient être assurées par de simples levés à vue, en s'appuyant sur

⁶⁷⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 3.2.2.1.

⁶⁷⁵ Au lieu de la révision d'une feuille entière par un seul et même officier en plusieurs mois.

les lignes de planimétrie restées exactes – ce qui était valable dans de nombreux cas. Au contraire, la méthode instaurée en 1889 combinait des cheminements et des intersections, effectués à l'aide d'un carton-planchette, d'une boussole et d'un double décimètre qui servait d'alidade. A partir de 1892, l'instrumentation fut encore renforcée par le recours à des instruments plus sophistiqués : une véritable planchette de topographe en bois et une alidade nivelatrice.

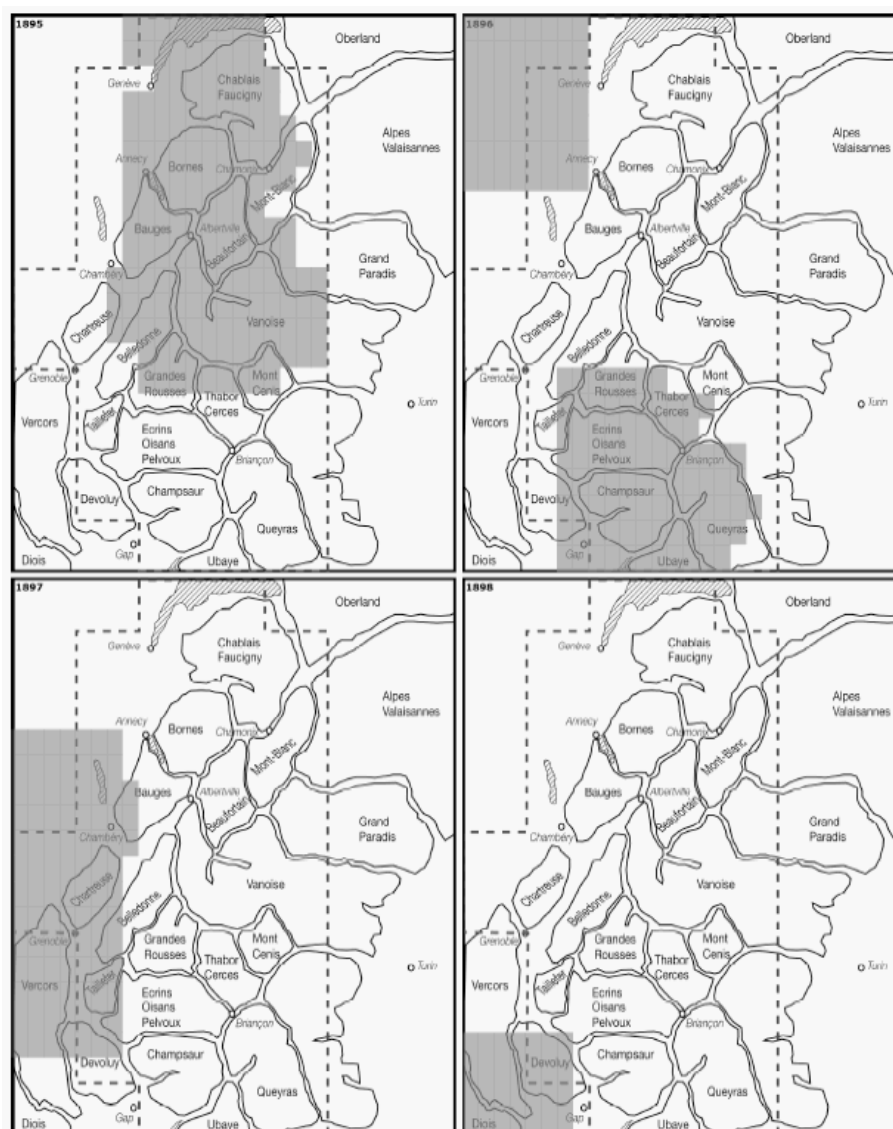
Finalement, l'instrumentation de la méthode entraîna la diversification des corrections à apporter. En plus de préciser une méthode déjà bien fixée, les instructions de 1896 et 1898 l'étendaient en permettant aux officiers réviseurs de rectifier les graves erreurs de représentation du relief, en accord avec leur supérieur. Elles soulignaient toutefois que « le figuré du 80.000^e [était] largement traité et qu'il ne [descendait] pas dans le menu détail des formes orographiques »⁶⁷⁶, pour éviter que les officiers réviseurs ne s'attardent sur des problèmes accessoires. Ces instructions fixaient aussi plus généralement l'esprit de la révision, en rappelant que la carte au 1 : 80 000 était avant tout la « carte tactique » des militaires et que l'intérêt des détails variait selon la région – soulignant une nouvelle fois très explicitement les préoccupations essentiellement militaires qui gouvernaient à la publication de la carte.

3.2.3.3. Baisse du rendement et reconnaissance du travail de révision.

En 1889, chaque officier réviseur devait toujours couvrir un huitième de feuille en quinze jours. La persistance d'un rendement élevé montrait autant la sous-estimation du travail de révision que la sur-estimation de la valeur des révisions précédentes. Mais l'encadrement plus serré permit de mieux mesurer la difficulté et la durée du travail, provoquant un abaissement rapide du rendement demandé. Celui-ci fut successivement fixé à un huitième de feuille en vingt jours en 1890, puis en vingt-quatre jours en 1891, par les commission sur la révision de la carte de France. L'instruction du 17 mars 1892 marquait une étape décisive dans l'augmentation de la qualité des révisions, en permettant aux officiers de dépasser les délais prescrits, en accord avec leur chef.

Malgré la baisse du rendement imposé et du nombre d'officiers, la zone annuellement couverte par les révisions dans les Alpes resta équivalente aux révisions de 1875-1878, même si elle était inférieure à certaines révisions des années 1880 (carte 6). Cette rapidité ne fut permise que par une organisation radicalement différente sur tout le territoire français, avec chaque année une focalisation sur un petit nombre de régions. Les Alpes du nord purent ainsi être révisées entièrement selon la nouvelle méthode en seulement quatre années, de 1895 à 1898.

⁶⁷⁶ Instruction de 1898, citée par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 183.



Carte 6 : Révisions de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, 1895-1898.

Dernier changement considérable, la *Note circulaire du 3 janvier 1897 relative à la désignation des officiers réviseurs* montrait une considération pour la difficulté du travail de terrain qui avait toujours été niée pendant toutes les opérations précédentes. En insistant sur la bonne condition physique des officiers recrutés, elle soulignait la prise en compte de la rigueur d'un travail qui demandait de marcher vingt à trente kilomètres par jour avec un équipement lourd et de « vivre quatre mois en plein air, dans des conditions de confort médiocres »⁶⁷⁷ et avec peu de repos. J'estime que cette mesure, si elle conserve un caractère anecdotique, montre toutefois le début d'un changement plus profond dans la perception du travail cartographique par les autorités militaires. Tout comme la création du Service géographique de l'armée, elle témoigne d'une conscience nouvelle de la spécificité de ce travail qui s'amplifia au cours du 20^e siècle⁶⁷⁸.

⁶⁷⁷ Note circulaire du 3 janvier 1897 relative à la désignation des officiers réviseurs, citée par *Ibid.*, p. 185-186.

⁶⁷⁸ Voir *infra*, partie 2, chapitre 3.4.

3.2.3.4. Des résultats satisfaisants limités par l'irrégularité des opérations.

La méthode de révision ne fut véritablement fixée qu'en 1891, après deux années de transition et d'expérimentation, mais dès 1889, le Service géographique de l'armée jugeait que « l'examen de ces travaux et leur comparaison avec ceux des années précédentes [avaient] permis de s'assurer que les résultats obtenus étaient plus homogènes et plus exacts »⁶⁷⁹. Toutefois, leur répercussion sur les feuilles publiées fut ralentie par l'adoption du type 1889. Cette édition présentait de nombreux avantages sur l'édition zincographique, mais elle ne permettait pas d'appliquer les corrections l'année même de la révision et imposait un délai de trois ans. De fait, les premières feuilles type 1889 à comprendre des corrections issues de la nouvelle méthode de révision ne furent publiées qu'en 1893. Toutes celles gravées entre 1889 et 1893 nécessitèrent une *réfection* pour prendre en compte toutes les modifications de la nouvelle révision, y compris celles qui portaient sur les corrections des révisions précédentes. Dans les Alpes, dix-sept quart de feuilles publiées entre 1888 et 1890 furent ainsi rééditées entre 1895 et 1898, dont *Tignes S.O.*, *Grenoble N.O.* et *S.O.* ou encore *Briançon S.E.*

Comme pour les révisions précédentes, le SGA espérait pouvoir raccourcir le délai d'édition des feuilles publiées grâce au nombre inférieur de corrections produites par des révisions plus régulières. Mais le développement d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000⁶⁸⁰ et de nouveaux impératifs budgétaires limitèrent la fréquence des révisions. Dans la région couverte par mon corpus, aucune nouvelle opération ne fut exécutée sur le terrain avant 1914 – et encore la zone couverte par cette campagne était très limitée dans les Alpes du nord (carte 7). L'espacement des révisions ne permit jamais de réduire suffisamment le nombre de corrections par rapport à la révision précédente pour garantir une publication rapide.

A partir des années dix et vingt, les révisions de la carte d'état-major furent parfois effectuées en même temps que les levés de précision au 1 : 20 000, voire directement à partir de ceux-ci, en même temps que se développait l'emploi des photographies aériennes pour accélérer les opérations de terrain⁶⁸¹. En 1950, la carte au 1 : 80 000 cessa d'être mise à jour dans les régions couverte par la nouvelle carte de France⁶⁸². Dans la zone couverte par mon corpus, la dernière révision de terrain dont j'ai trouvée des traces fut exécutée entre 1931 et 1934 (carte 7). Finalement, en 1957, la carte d'état-major cessa d'être entretenue, c'est-à-dire actualisée, et fut retirée de la vente le 1^{er} mai 1958, passant dans la catégorie des « cartes anciennes » qui peuvent être obtenues par tirage spécial sur demande⁶⁸³. La nouvelle carte au 1 : 50 000 ne couvrait pas encore tout le territoire, mais dans les régions non couvertes, les modifications étaient portées sur une édition spéciale du 1 : 50 000 dit *type M*, qui reprenait le contenu de la carte d'état-major avec le découpage et l'habillage de la nouvelle carte⁶⁸⁴.

⁶⁷⁹ Rapp. SGA 1889, p. 37.

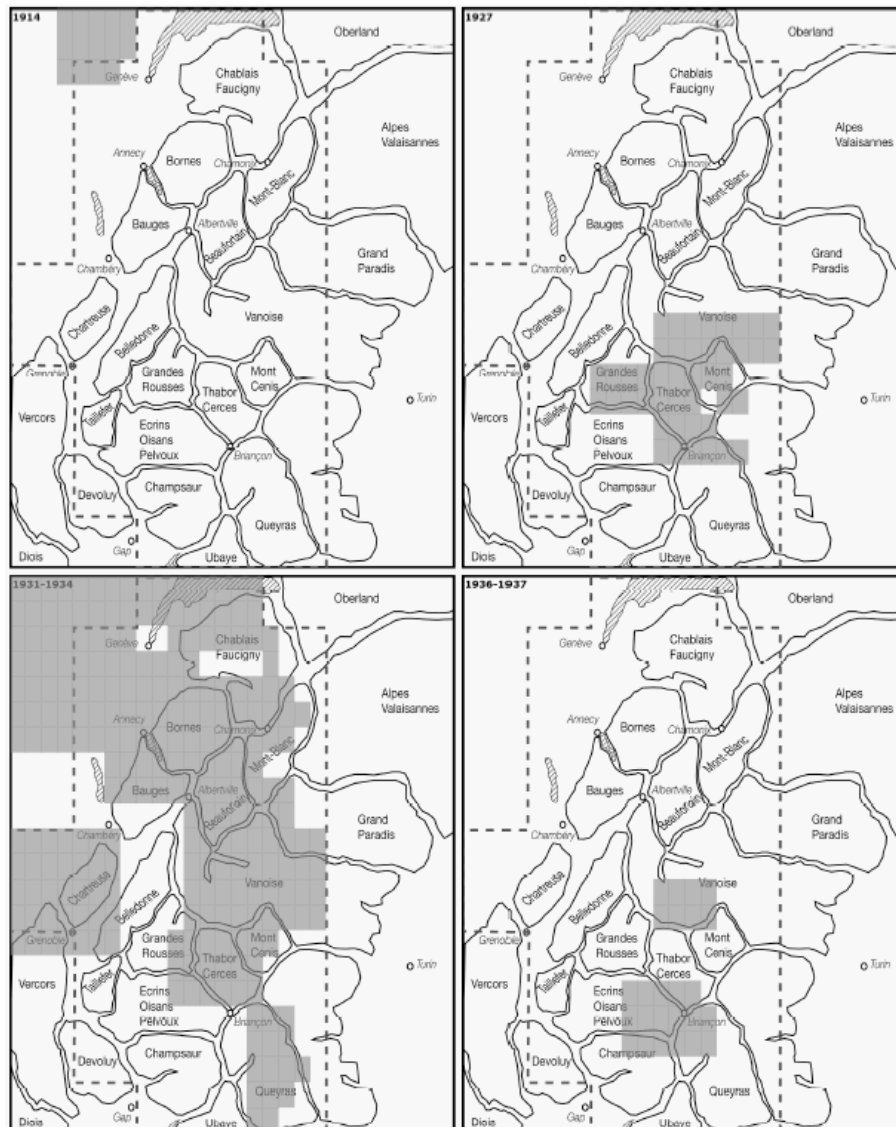
⁶⁸⁰ Voir infra, partie 2, chapitre 3.4.

⁶⁸¹ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.4.

⁶⁸² Rapp. IGN 1950-51, p. 38.

⁶⁸³ Exp. IGN 1958, p. 15.

⁶⁸⁴ Voir infra, partie 3, chapitre 4.



Carte 7 : Révisions de terrain de la carte de France au 1 : 80 000 dans les Alpes du nord, après 1900.

3.3. La conception utilitariste comme moteur de la diversification de la production cartographique.

Les changements institutionnels et l'affirmation du problème de l'actualité de la carte après la défaite de 1870 ne constituaient qu'une *prise de conscience* de la dimension utilitaire de la cartographie : l'émergence d'une conception utilitariste était antérieure, même si les autorités ne l'avaient pas perçue. Dès le milieu du 19^e siècle, le développement de nouveaux besoins avait souligné l'inadaptation de la carte d'état-major et certains officiers avaient proposé d'établir des éditions dérivées de la carte pour y répondre. Mais à l'exception de la carte du massif du Mont Blanc du capitaine Mieulet, qui s'inscrivait autant dans un souci de prestige que dans la volonté de répondre aux besoins des savants et ascensionnistes, les premières cartes dérivées dans des échelles proches de la carte

originale ne furent réalisées qu'après 1870. Si leur succès public fut relatif, elles permirent l'expérimentation de nouvelles techniques cartographiques, comme l'utilisation de la couleur ou des courbes de niveau.

3.3.1. L'inadaptation des spécifications de la carte de France.

3.3.1.1. Une lecture difficile pour les non spécialistes.

Avant même de se soucier d'éventuels nouveaux besoins, certains officiers s'étaient préoccupés de l'inadaptation des spécifications de la carte de France pour des utilisations administratives ou militaires qu'elle était pourtant plus ou moins censée permettre. Les critiques les plus vives concernèrent sa lisibilité. Elles permettent à travers des sources indirectes de poser la délicate question de la lecture de la carte, une pratique qui laisse peu de traces pour l'historien⁶⁸⁵.

Conçue comme une carte tactique à l'usage des états-majors militaires mais pouvant servir aux administrations centrales, la carte de France s'adressait à des utilisateurs formés à l'utilisation de cartes topographiques. Reflet de besoins purement militaires, ses spécifications rendaient sa lecture difficile aux autres publics. A cause de leur densité, les détails étaient parfois difficilement discernables dans la représentation des terrains accidentés couverts de hachures serrées, en particulier dans les éditions par report qui souffraient d'un empâtement du trait. Mais la diffusion de l'emploi des cartes topographiques dans l'armée avait montré que même les officiers ne possédaient pas toujours les connaissances nécessaires à une lecture efficace de la carte d'état-major. J'interprète d'ailleurs la conception explicite des révisions comme un entraînement pour les officiers, puis la décentralisation des révisions dans les corps d'armée et l'emploi d'officiers détachés au Dépôt de la guerre, comme la manifestation d'une volonté d'accroître par la pratique les compétences topographiques des officiers⁶⁸⁶.

Conscients de ces problèmes, certains officiers demandèrent des adaptations au Dépôt de la guerre. Ainsi, dès 1854, le maréchal de Castellane regrettait la lecture difficile de certaines feuilles chargées de hachures – alors que les feuilles alpines n'avaient pas encore été publiées. Dans une lettre au colonel Blondel, il s'enquérissait de la possibilité de les tracer en couleur⁶⁸⁷. En 1867, plusieurs officiers supérieurs estimaient que la carte « suffisamment claire pour des yeux familiarisés avec la topographie, [était] loin de satisfaire sous ce rapport le plus grand nombre de lecteurs »⁶⁸⁸, et proposaient des amplifications photographiques au 1 : 40 000.

Si ces propositions ne concernaient encore que des besoins militaires et se concentraient sur les zones intéressantes au point de vue de la défense, je pense qu'elles préfiguraient une tendance qui se développa ensuite dans d'autres milieux utilisateurs de carte. Elles marquaient le début d'une prise de conscience au Dépôt de la guerre de l'existence de besoins pratiques plus spécifiques auxquels la conception militaire de la carte ne répondait pas, mais leur refus pour des raisons budgétaires provoqua la

⁶⁸⁵ Voir supra, « Historiographie... », 2.2.3.

⁶⁸⁶ Voir supra, partie 2, chapitre 3.2.

⁶⁸⁷ Lettre du maréchal de Castellane au colonel Blondel du 30 janvier 1854, citée par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*.

T.2. *Op. cit.*, p. 214.

⁶⁸⁸ Cité par *Ibid.*, p. 214.

création de services cartographiques dans d'autres organismes publics dont les productions répondaient à l'inadaptation de la carte de France au 1 : 80 000.

3.3.1.2. Une représentation plastique trop chargée.

La carte d'état-major était loin de répondre à tous les besoins, comme la Commission royale l'avait initialement souhaité et comme les militaires l'avaient longtemps soutenu au cours de sa réalisation. Le recours quasi-systématique des organismes publics et des industriels aux minutes au 1 : 40 000 de la carte, et l'établissement par certaines administrations de cartes dérivées du 1 : 80 000 pour leurs usages spécifiques, comme la carte au 1 : 100 000 du Service vicinal ou la carte au 1 : 200 000 du ministère des Travaux publics⁶⁸⁹, étaient très révélateur de cette inadaptation de la carte d'état-major pour nombre de besoins administratifs ou industriels.

L'un des points communs de ces solutions de remplacement était de proposer une autre représentation plastique du relief : les minutes étaient en courbes de niveau, la carte du Service vicinal n'utilisait qu'un simple effet d'estompage et la carte du ministère des Travaux publics des courbes de niveau à une équidistance de cent mètres qui ne permettaient de représenter que de façon très schématique la topographie du terrain. En déchargeant le dessin des masses formées par les hachures, ces modes de représentation rendaient la carte plus claire et surtout plus apte à recevoir de nouvelles informations : tracés des voies de communication, données administratives (population, bureaux de poste ou de télégraphe, etc.) ou industrielles (usines, ouvrages d'art, concessions minières, etc.), compléments de levés effectués pour les aménagements envisagés.

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la diffusion plus large et plus souple permise par les procédés de tirage par report – d'ailleurs développés en premier lieu pour les besoins des administrations locales avec les cartes départementales – entraîna une diversification du public potentiel qui aiguïsa cette problématique de la lisibilité de la carte, sur laquelle se greffa la question ancienne de l'échelle à adopter.

3.3.1.3. Une échelle de moins en moins adaptée.

L'adoption du 1 : 80 000 comme échelle de gravure avait déjà fait l'objet d'une vive controverse entre la Commission royale et le Comité du Dépôt de la guerre au début des années 1820. Elle répondait essentiellement aux besoins tactiques des militaires et à une représentation assez générale du territoire français pour les administrations centrales. L'ordonnance royale de 1824 avait d'ailleurs explicitement affirmé qu'il s'agissait des seuls points de vues adoptés pour la réalisation de la carte. Mais l'industrialisation de la France et le développement des administrations locales avaient donné une importance nouvelle à des utilisations cartographiques qui nécessitaient une échelle supérieure. Le succès croissant des reproductions des minutes de la carte d'état-major montrait à l'évidence que l'échelle du 1 : 40 000 répondait à un plus grand nombre de besoins, même si dans certains cas comme l'aménagement industriel par exemple, les minutes tendaient à n'être utilisées que comme base pour des plans topographiques encore plus détaillés.

Pour les régions de haute montagne, la question de l'échelle s'inscrivait moins dans le registre de la pratique que dans celui du prestige. J'ai montré que les échelles employées dans les cartes indépendantes des Alpes du nord répondaient à un désir de concurrencer

⁶⁸⁹ *Ibid.*, p. 250-251.

la carte de France jugée insatisfaisante⁶⁹⁰. Selon moi, l'utilisation d'échelle supérieure ne répondait pas tant à un besoin pratique qu'à la volonté de couvrir une surface toujours très restreinte avec un maximum de détails figuratifs et dans un format suffisamment grand pour se rapprocher d'un tableau. Mais quelle qu'en soit la raison, la publication de carte à une échelle supérieure au 1 : 80 000 fut perçue et souvent justifiée par l'insuffisance de l'échelle de la carte de France.

3.3.2. La diversification de la production cartographique.

3.3.2.1. Une nouvelle forme de cartes dérivées.

L'inadaptation des spécifications de la carte d'état-major aux nouveaux besoins entraîna un développement original dans l'histoire de la cartographie. Jusqu'au milieu du 19^e siècle, les cartes générales⁶⁹¹ ne connaissaient que des dérivées à des échelles très différentes, soit sous la forme classique de nouvelles cartes à une échelle réduite, comme la carte dite de Capitaine dérivée à une échelle quatre fois inférieure de la carte de Cassini⁶⁹² ou encore la carte de France au 1 : 320 000 dérivée du 1 : 80 000, soit sous la forme plus récente de reproductions des minutes ou d'amplifications photographiques ponctuelles. Mais dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la carte d'état-major servit de base à de nouvelles cartes qui s'en différençaient par les spécifications ou le contenu lui-même. Dans un premier temps, elles furent dressées pour répondre à des besoins spécifiques dans des services extérieurs au Dépôt de la guerre, comme la carte de France au 1 : 100 000 du ministère de l'Intérieur. Mais ensuite, sous l'impulsion de l'affirmation d'une conception plus utilitariste de la cartographie, le Dépôt de la guerre lui-même développa de telles cartes dérivées.

De nombreux essais d'amplification ou de mise en couleur de la carte d'état-major furent ainsi exécutés, même si certains furent plus ou moins rapidement abandonnés, à l'image des divers projets d'une carte au 1 : 50 000 en couleur dérivée du 1 : 80 000. Quatre de ces projets concernèrent les Alpes du nord, soit parce qu'ils étaient directement conçus pour cette région (carte du massif du Mont Blanc, carte de la frontière des Alpes au 1 : 80 000), soit parce que des essais ou des publications la couvrirent (amplification du 1 : 80 000 au 1 : 50 000 en noir, puis en couleurs) (encadré 4).

Encadré 4 : Les cartes dérivées du 1 : 80 000 dans les Alpes du nord.

Massif du Mont Blanc (1865, 1 : 40 000, 62 x 78 cm)
Dressée à partir des minutes des levés exécutés par le capitaine Mieulet en 1863 et 1864 pour la carte d'état-major (feuille <i>Annecy</i> et quart sud-ouest de <i>Vallorcine</i>), complétée pour le versant suisse par la carte de Suisse au 1 : 100 000.
Sa publication fut acceptée par le maréchal Randon, ministre de la Guerre, sur la demande du colonel Borson qui, selon l'anecdote classique, aurait été convaincu lors d'une tournée d'inspection par Adams-Reilly de faire éditer les minutes de Mieulet ⁶⁹³ .
Relief représenté en hachures normalisées, sauf pour les glaciers en courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, extrapolées à partir des cent soixante points déterminés par Mieulet et de ses observations de terrain. Rocher en hachures figuratives. Cinq couleurs :

⁶⁹⁰ Voir supra, partie 2, chapitre 2.1.2.3.

⁶⁹¹ On n'employait pas encore l'expression « carte de base ».

⁶⁹² Voir supra, partie 1, chapitre 1.1.3.5.

noir pour la planimétrie et la toponymie, bistre pour l'orographie (courbes et rocher), bleu pour l'hydrographie et les glaciers, vert pour la végétation et rouge pour les habitations.
Carte de la frontière des Alpes (1 ^{ère} livraison en 1875, 1 : 80 000)
Dérivée de la carte de France au 1 : 80 000 et des cartes italiennes, commencée en 1872 par le colonel Saget en même temps qu'une édition au 1 : 320 000. La carte devait compter soixante-douze feuilles équivalentes à un quart de feuilles du 1 : 80 000, d'Albertville et d'Aoste à la Méditerranée, mais quatorze d'entre elles qui ne couvraient aucun territoire français ne furent jamais publiées.
Relief représenté en courbes de niveau, fictives pour la partie italienne. Trois couleurs : noir pour la toponymie et la planimétrie, bleu pour l'hydrographie, bistre pour les courbes de niveau, plus un mélange de bleu et de bistre donnant une teinte verdâtre pour les zones boisées.
Amplification en noir de la carte de France au 1 : 80 000 (1889-1958, 1 : 50 000)
Amplification par héliogravure de la carte de France au 1 : 80 000. Réalisée à l'origine pour des besoins de service (révision notamment), elle fut mise à la disposition du public au cours des années 1890 ; son succès garantit sa publication jusqu'en 1958 ⁶⁹⁴ .
Spécifications identiques à la carte de France au 1 : 80 000, découpage en quart de feuilles.
Amplification en couleur de la carte de France au 1 : 80 000 (1897-1901, 1 : 50 000)
Amplification de la carte d'état-major au 1 : 80 000, par un procédé mixte d'héliogravure à partir de clichés positifs grattés (planches du relief et de la végétation) et de gravure sur zinc à partir de faux-décalques obtenus par héliogravure ⁶⁹⁵ . Bien qu'aucune feuille n'ait été publiée, un certain nombre fut gravé jusqu'en 1901, date à laquelle la dernière feuille fut préparée, sans même bénéficiée d'un report pour la gravure, à cause du début de réalisation de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Dans les Alpes furent établies les quarts des feuilles <i>Thonon, Annecy, Vallorcine, Albertville, Tignes, Bonneval</i> et <i>Saint-Jean-de-Maurienne</i> ⁶⁹⁶ , plus le quart sud-est de <i>Grenoble</i> qui faisait partie des trois feuilles présentées en exemple à la Commission centrale des travaux géographiques en 1897.
Spécifications identiques à la carte de France au 1 : 80 000, sauf pour les couleurs et un estompage servant à rehausser les hachures (diapason en éclairage zénithal). Quatre couleurs : noir pour la toponymie et l'orographie, bleu pour l'hydrographie et les glaciers, vert pour la végétation, rouge pour la planimétrie (habitations et voies de communication).

3.3.2.2. Une réponse partielle aux nouveaux besoins.

Il est très révélateur de l'impact fondamental de la guerre de 1870 sur la conception que les autorités se faisaient de la cartographie, que la seule carte dérivée publiée avant 1870 soit la carte du massif du Mont Blanc dressée d'après les minutes du capitaine Mieulet. Publiée en 1865, elle donnait une représentation en courbes de niveau de la morphologie du glacier qui fut jugée très satisfaisante par les alpinistes. Mais bien qu'elle ait connu un certain succès grâce à ses qualités de détails et de lisibilité, elle répondait moins aux besoins pratiques des alpinistes qu'à une ambition de prestige scientifique et politique. Elle n'était d'ailleurs pas présentée comme une carte touristique ou scientifique. Je considère que ses objectifs principaux étaient d'illustrer le talent des officiers de la carte de France et d'imposer la domination territoriale française en donnant une représentation cartographique détaillée de ce massif récemment annexé qui comprenait le sommet le plus haut et le plus célèbre

d'Europe⁶⁹⁷. Carte de prestige exceptionnelle et originale, sa publication ne s'inscrivait pas dans les mêmes orientations que celles des séries de cartes dérivées du 1 : 80 000 qui *tentèrent*, après 1870, de répondre à de nouveaux besoins⁶⁹⁸.

En effet, je pense que les discours officiels très optimistes sur l'utilisation des nouvelles cartes doivent être relativisés. Par exemple, Berthaut affirmait que la carte de la frontière des Alpes au 1 : 80 000 avait été publiée pour « donner une certaine satisfaction à l'opinion publique, favorable aux cartes en couleur, et aussi pour tenir compte des critiques adressées à certaines feuilles de la carte de France, surtout à celles de haute montagne, dont les reports [étaient] souvent peu lisibles »⁶⁹⁹. Je considère au contraire que son entreprise en 1872 répondait plus sûrement à la nécessité de disposer d'une carte plus lisible de la frontière alpine modifiée par les annexions de 1859. Son utilisation ne pouvait être que militaire : l'intérêt de l'« opinion publique » pour la cartographie de haute montagne se limitait encore – et pour une partie des élites seulement – aux massifs du Mont Blanc et des Ecrins. En particulier, la couverture détaillée du versant italien répondait à des besoins militaires. Si la première livraison de la carte conservait encore une dimension de prestige, il m'apparaît évident que son édition révisée dans les années 1880 s'inscrivait dans une nécessité militaire aiguë par les tensions politiques nouvelles avec l'Italie, accentuées par les accords signés le 20 mai 1882 instaurant la triple alliance entre l'Allemagne, l'Autriche et l'Italie, renouvelée en 1887⁷⁰⁰.

Les amplifications au 1 : 50 000, en noir ou en couleur, de la carte d'état-major répondaient également aux critiques sur la lisibilité de la carte au 1 : 80 000, mais tout comme la carte de la frontière des Alpes, elles n'étaient véritablement conçues que pour une partie des nouveaux utilisateurs. En particulier, l'amplification en noir était destinée avant tout aux administrations locales qui s'étaient régulièrement plaintes du manque de clarté, de l'échelle insuffisante et du prix excessif du 1 : 80 000. Quant à l'amplification en couleur, elle s'inscrivait dans une logique de transition : elle n'avait été acceptée qu'à titre provisoire, en attendant la décision du parlement sur la réalisation d'une nouvelle carte de France à partir des levés de précision. Elle fut surtout défendue pour sa rapidité de mise à jour⁷⁰¹, mais la problématique du prestige international joua également un rôle : à l'image du projet abandonné de carte de France au 1 : 50 000 en couleur et en courbes dressée à partir des minutes d'état-major⁷⁰², imposé en 1880 par le ministre de la Guerre pour doter la France d'une carte analogue « avec ce qui se faisait dans les autres établissements

⁶⁹⁷ Sur la carte de Mieulet, le graveur avait porté la cote de 4 810 mètres pour le Mont Blanc. Il s'agissait en fait de la valeur déterminée sur le terrain, c'est-à-dire l'altitude de la mire visée et non du sommet. La mire mesurant 3 mètres, la cote corrigée du sommet était de 4 807 mètres.

⁶⁹⁸ Même si des projets avaient été envisagés auparavant, aucun n'avait connu un début de réalisation avant les années 1870.

⁶⁹⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 216.

⁷⁰⁰ BERSTEIN Serge, MILZA Pierre. *Nationalismes et concert européen*. *Op. cit.*, p. 153-155.

⁷⁰¹ Voir infra, partie 2, chapitre 3.3.3.1.

⁷⁰² Entre 1880 et 1884, soixante-quinze feuilles de cette carte de France au 1 : 50 000 furent dressées et publiées, concernant seulement – encore une fois – les frontières du nord-est. Le relief était représenté par les courbes de niveau extrapolées équidistantes de dix mètres présentes sur les minutes. Elles étaient rehaussées par un estompage, basé sur un diapason mélangeant les éclairages zénithal et oblique. La carte employait cinq couleurs : noir pour la toponymie, les chemins peu viables, les limites administratives et les divisions de culture ; rouge pour les habitations et les voies de communication régulières ; bleu pour les eaux ; vert pour les bois ; bistre pour les courbes de niveau du terrain. La carte fut finalement abandonnée à cause du supplément de travail et de finances qu'elle nécessitait, pour des résultats qui avaient reçu un accueil décevant.

cartographiques de l'Europe »⁷⁰³ selon Berthaut, l'amplification en couleur visait à assurer le prestige du Service géographique de l'armée en incluant dans sa production une carte à grande échelle et en couleur du territoire.

3.3.2.3. Un succès limité justifié par une surestimation des besoins pratiques.

Les différentes cartes dérivées du 1 : 80 000 connurent un succès très relatif, à l'exception de l'amplification au 1 : 50 000 en noir. Dans une certaine mesure, je pense d'ailleurs que ce succès limité était une conséquence indirecte des mutations conceptuelles consécutives à la guerre de 1870 : traumatisées par la défaite, les autorités avaient radicalement changé leur conception de la cartographie en insistant sur sa dimension utilitaire. Elles ne mesurèrent pas toujours très précisément l'ampleur véritable des besoins auxquels les cartes devaient répondre, mais surtout elles firent souvent un amalgame entre leur ambition de prestige politique et scientifique et les besoins réellement exprimés. Je trouve le cas de l'amplification au 1 : 50 000 en noir très révélateur de cet amalgame : alors que la direction du Dépôt de la guerre suivit à plusieurs reprises et sans succès les avis qui affirmaient que le public voulait des couleurs et des courbes de niveau, ce fut finalement la carte la moins ambitieuse⁷⁰⁴ qui connut le plus grand succès⁷⁰⁵, montrant que les besoins les plus pressants concernaient en fait une échelle supérieure et un prix abordable – même si les spécifications ne s'accordaient pas aux cartes étrangères les plus prestigieuses. La publication de cette amplification initialement conçue comme un document de travail ne fut acceptée que parce qu'elle répondait à la demande explicite d'un public nombreux : cette décision témoignait de l'affirmation de la conception utilitariste.

D'une surdité presque totale, la direction du Dépôt de la guerre était ainsi passée à une écoute excessive et biaisée des nouveaux besoins, qui se traduisit par une quantité importante de nouveaux projets cartographiques. Ces nouvelles cartes ne répondaient en fait que partiellement aux besoins exprimés dans des milieux qui, à l'image de celui de l'alpinisme, ne constituaient de toute façon pas encore un marché potentiel suffisant pour assurer le succès d'une telle diversification de la production cartographique. Pour autant, les nombreux projets de cartes dérivées ne furent pas aussi inutiles que peut le suggérer l'abandon successif de la plupart. En plus de répondre à certains besoins très spécifiques, ils servirent également de domaine d'expérimentation pour de nouvelles techniques cartographiques, comme l'utilisation de la couleur ou des courbes de niveau.

3.3.3. Les cartes dérivées, un domaine d'expérimentation cartographique.

3.3.3.1. L'utilisation de la couleur.

Dès la fin des années 1850, l'utilisation de la couleur fut la première solution proposée aux problèmes de lisibilité de la carte de France. L'importance de ces problèmes fut rapidement accentuée par la publication des feuilles de haute montagne, particulièrement sombres et difficiles à lire à cause du rapprochement des hachures, et par le développement de

⁷⁰³ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 222.

⁷⁰⁴ Berthaut pensait qu'elle n'avait « aucune prétention cartographique » et apportait seulement « certains avantages et certaines facilités de lecture ». *Ibid.*, p. 246.

⁷⁰⁵ Au point que jusqu'après la seconde guerre mondiale, elle fut utilisée préférentiellement à la carte au 1 : 80 000 comme fonds topographique dans les différentes cartes françaises, américaines et allemandes, des régions françaises qui n'étaient pas encore couvertes par les nouvelles cartes au 1 : 50 000 et 1 : 20 000.

l'édition zincographique aux teintes trop uniformes. Dès lors, l'emploi de la couleur fut très sérieusement étudié pour les premières cartes dérivées du 1 : 80 000 envisagées après 1870.

Malgré quelques essais menés dans les années 1850, l'impression en taille-douce n'avait jamais permis l'utilisation efficace de la couleur : la nécessité de mouiller le papier et de chauffer la planche de cuivre provoquait des déformations qui empêchaient de superposer correctement les différentes couches de couleurs. Les premiers essais concluants de cartes en couleur furent finalement exécutés avec le procédé photolithographique qui permettait de graver une pierre par couleur à partir d'une même maquette et donc d'assurer un bon alignement des différents coups de presse. La complexité du processus le réserva à des cartes exceptionnelles en une seule feuille, comme la carte du sud oranais en deux couleurs (1856), la carte du Liban en cinq couleurs (1862) ou bien sûr la carte du Mont Blanc de Mieulet. A partir de 1872, la carte de la frontière des Alpes au 1 : 80 000 fut également gravée sur pierre, mais par un mélange de gravure directe à partir des calques de courbes et de photolithographie pour les eaux et le trait. Elle n'utilisait que trois couleurs (noir, bleu et bistre), mais combinait les deux dernières pour obtenir une teinte verdâtre pour la végétation.

Le développement de la zincographie favorisa l'emploi de la couleur : à cause de la faible épaisseur de la feuille, la gravure directe sur zinc était inférieure à celle sur cuivre pour les hachures, mais particulièrement adaptée pour les courbes de niveau et les teintes. Dans le projet de 1880-1884, la carte de France au 1 : 50 000 en courbes et en couleur devait être reproduite par zincographie, avec autant de planches que de couleurs, toutes gravées à l'aide de faux-décalques obtenus par photozincographie. L'abandon du projet n'empêcha pas les ateliers du Dépôt de la guerre de tirer une grande expérience des soixante-quinze feuilles publiées, notamment dans l'intensité des traits et des couleurs pour éviter le sentiment de diffusion de l'attention que donnaient les premiers tirages.

A la fin du 19^e siècle, l'amplification en couleur au 1 : 50 000 de la carte d'état-major fut rendue possible par l'emploi de l'héliogravure qui accélérât encore les opérations de gravure. Son principal avantage, qui fut systématiquement mis en avant pour soutenir le projet, était la mise à jour plus facile de l'amplification en couleur par rapport à celle en noir : puisque les révisions ne concernaient généralement que la planimétrie, il suffisait de retoucher la planche concernant celle-ci, sans avoir à modifier également les fonds orographique et hydrographique puisqu'ils se trouvaient sur des planches différentes.

3.3.3.2. Les courbes de niveau.

Les cartes dérivées du 1 : 80 000 marquaient aussi la première utilisation des courbes de niveau pour des documents publiés par le SGA. Il s'agissait toujours de courbes extrapolées lors des levés topographiques : elles n'étaient pas employées pour donner une valeur géométrique supérieure aux hachures, mais pour alléger le dessin et permettre une meilleure lisibilité. La carte de la frontière des Alpes est un parfait exemple de cette ambition : l'emploi des courbes et l'absence d'éclairage donnaient un relief peu expressif, mais d'une grande clarté pour la lecture.

Cependant, la nature même de ces courbes extrapolées limitait leur intérêt à ce gain en lisibilité : sur la carte de la frontière des Alpes, comme sur les feuilles publiées de la carte de France au 1 : 50 000, la représentation en courbes fut jugée insatisfaisante par les contemporains, parce qu'elle manquait de précision et donnait un rendu moins naturel que les hachures. Le succès limité de ces cartes, qui provoqua en partie l'abandon de la

deuxième, témoignait aussi de la nouveauté du procédé. Si les utilisateurs demandaient une meilleure lisibilité, ils restaient encore marqués par une approche figurative de la cartographie qui demandait une certaine expressivité à la représentation du relief, comme en témoigne le succès rapide de l'amplification au 1 : 50 000 en noir qui conservait les hachures.

Pourtant, l'expérience acquise dans l'utilisation de la couleur et des courbes de niveau permit la formulation du projet d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000 basée sur les levés de précision. Dans les circonstances de son adoption, elle balançait entre tradition et modernité, mais son développement s'inscrit dans une affirmation institutionnelle et opportuniste de l'autonomie du SGA.

3.4. De l'affirmation opportuniste de l'autonomie du SGA à la reconnaissance de son expertise technique, 1897-1920.

Si la création du SGA en 1887 avait apporté au service cartographique une certaine autonomie, celui-ci restait sous l'autorité directe du chef d'état-major général et conservait une orientation encore essentiellement militaire. Pourtant, la diversification de son activité confirmait son rôle de principal producteur d'informations topographiques en France, pour les domaines civil et militaire. Le projet de nouvelle carte de France au 1 : 50 000 adopté à la fin du 19^e siècle, traditionnel dans sa construction institutionnelle mais moderne dans son approche technique, témoignait de la période de transition que vivait la cartographie topographique officielle. Les restrictions budgétaires systématiques offrirent finalement un alibi au SGA pour affirmer son autonomie dans la réalisation de cette nouvelle carte, alors que son rôle dans la première guerre mondiale permettait la reconnaissance définitive de son expertise technique.

3.4.1. La nouvelle carte de France au 1 : 50 000, entre tradition et modernité.

3.4.1.1. Nivellement et levés de précision, une base originale.

Les bouleversements conceptuels provoqués par la guerre entraînaient la multiplication des nouveaux projets dans de nombreux domaines connexes à la cartographie, au cours des décennies qui suivirent 1870. En 1878, le ministre des Travaux publics avait ainsi créé une Commission centrale du nivellement pour étudier non seulement l'exécution d'un nouveau nivellement général de la France, destiné à vérifier et compléter celui qu'avait dirigé Bourdalouë entre 1857 et 1864⁷⁰⁶, mais aussi d'une carte pour le représenter. Ce fut dans le cadre de cette Commission que le commandant de la Noë, chef de la brigade topographique du génie au Dépôt des fortifications, proposa la réalisation d'une carte au 1 : 50 000, en courbes de niveau et en couleurs, basée sur des levés de précision comme ceux qu'effectuait sa brigade⁷⁰⁷. Soutenu par le lieutenant-colonel Bugnot, directeur du Dépôt de la guerre, et le commandant Perrier, le projet fut adopté en même temps que celui d'une carte au 1 : 100 000 pour le ministère de l'Intérieur, étudiée par le capitaine du génie Prudent, et celui d'une carte au 1 : 10 000 rapportant les résultats du nivellement en y ajoutant la planimétrie, issue des levés de précision ou de révisions du cadastre par les corps d'armées, et le tracé de courbes de niveau appuyées sur le nivellement de détail.

⁷⁰⁶ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.1.1

⁷⁰⁷ *Le SGA. Op. cit.*, p. 53.

Cette carte au 1 : 10 000 devait constituer un répertoire pouvant servir à la réalisation de celles au 1 : 50 000 et au 1 : 100 000⁷⁰⁸.

L'exploitation du cadastre, l'utilisation des courbes, l'échelle de levé et de gravure rapprochaient ce projet de celui initialement proposé par la Commission royale de 1817. Ses rapporteurs insistèrent d'ailleurs systématiquement sur les liens avec le programme arrêté par cette « haute commission » et le prestige qu'il donnerait à la France, lui rendant « le rang que lui avait valu son initiative dans les premières années de ce siècle »⁷⁰⁹. Au contraire, je pense que la conception de cette nouvelle carte de France tranchait radicalement avec tous les précédents projets qui avaient toujours reposé sur de nouvelles opérations géodésiques et une éventuelle collaboration avec le cadastre. Basée sur le développement récent du nivellement et des levés de précision – ou à défaut *seulement* des révisions du cadastre –, cette carte confirmait en fait l'importance nouvelle prise par la représentation topographique géométrique du relief⁷¹⁰.

Cependant, la nécessité de toutes ces nouvelles entreprises ne semblait pas aussi évidente pour les autorités publiques que pour les spécialistes qui formaient les commissions : les crédits budgétaires ne furent débloqués en 1883 que pour les opérations de nivellement et la carte au 1 : 100 000 – qui finit par être dressée à partir de la carte d'état-major. Pourtant accepté par la Commission centrale du nivellement, le projet de nouvelle carte de France fut en définitive rejeté.

3.4.1.2. La nouvelle mesure de la méridienne de France, un projet strictement scientifique.

Parallèlement aux deux nivellements successifs, des considérations strictement scientifiques avaient amené le Bureau des longitudes et l'Observatoire de Paris à soutenir bien avant 1870 la révision de la méridienne de France de Delambre et Méchain, dont les erreurs avaient été démontrées après l'achèvement de la triangulation des ingénieurs géographes. Mais les crédits et le personnel qualifié manquaient au Dépôt de la guerre pour mettre en œuvre cette révision : la géodésie n'était plus enseignée aux officiers d'état-major, et les seuls officiers suffisamment compétents pour diriger de telles opérations, les capitaines d'état-major Versigny et Perrier, travaillaient alors à la triangulation primordiale de l'Algérie. La reprise de la méridienne fut finalement proposée au ministre de la Guerre lorsque Perrier, ayant aperçu à l'œil nu les sommets de quelques montagnes espagnoles depuis une station en Algérie, démontra par l'observation qu'il était possible, comme l'avaient déjà envisagé Biot et Arago et prouvé par calcul le colonel Levret, de relier le réseau africain au réseau européen constitué par les jonctions des triangulations anglaise, française et espagnole. Une telle opération permettrait aux scientifiques de disposer d'une chaîne trigonométrique « partant au Nord des îles Shetland, [traversant] l'Angleterre, le Pas-de-Calais, la France, l'Espagne, la Méditerranée et le nord de l'Afrique, offrant un développement de vingt-huit degrés et demi, soit presque le tiers de la distance du pôle à l'équateur. Un vaste champ d'études pour la détermination de la forme de la Terre se [trouverait] ainsi ouvert aux recherches des géomètres ».

⁷⁰⁸ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Deuxième fascicule : cartographie française moderne*. Paris : Institut géographique nationale, 1956, p. 48.

⁷⁰⁹ Projet de loi présenté à la chambre des députés le 7 juin 1881, cité par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 298.

⁷¹⁰ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.

Cependant, la jonction de ces triangulations nécessitait une nouvelle mesure de la méridienne de France, « afin que sa précision ne fût pas inférieure à celle des segments anglais et espagnol »⁷¹¹ réalisés plus tardivement. Commencée au printemps 1870 par le capitaine Perrier et deux collaborateurs, les capitaines Penel et Bassot, l'opération fut arrêtée par la guerre, puis reprise à l'automne 1871. La triangulation de la chaîne était achevée en 1888, la mesure des nouvelles bases exécutée entre 1890 et 1891 et les stations astronomiques pour appuyer les calculs entre 1891 et 1892⁷¹². La jonction Algérie-Espagne fut réalisée en 1879 par une collaboration entre les géodésiens espagnols et français. Les résultats obtenus se révélèrent beaucoup plus précis et satisfaisants que ceux de Delambre et Méchain, selon les différentes procédures de vérification employées, à la fois parce que les positions avaient été calculées sur l'ellipsoïde de Clarke 1880, jugée plus exacte, et parce que les méthodes géodésiques avaient connu des perfectionnements dans la deuxième moitié du 19^e siècle qui avaient été mis en pratique en Algérie et en Tunisie – parmi lesquelles la méthode de la réitération⁷¹³.

La nouvelle mesure de la méridienne de France avait été effectuée dans un but purement scientifique, sans projet de nouvelle triangulation. De nombreux spécialistes (dont le colonel Berthaut) ne jugeaient pas nécessaire de reprendre la triangulation des ingénieurs géographes ou d'en exécuter une nouvelle pour les levés d'une éventuelle carte au 1 : 50 000. Ils argumentaient que les erreurs de cette triangulation étaient bien connues et qu'elles pouvaient être rectifiées à partir de calculs basés sur les données de la nouvelle méridienne et de quelques corrections locales. Cette position fut unanimement partagée par tous les spécialistes jusqu'aux études sur la réfection du cadastre au début des années 1890.

3.4.1.3. Cadastre et triangulation, une base traditionnelle pour l'adoption du projet.

En 1891, une Commission du cadastre fut créée pour étudier la réfection du cadastre qui n'avait encore jamais été dressé de façon homogène. Elle conclut rapidement que la triangulation des ingénieurs géographes n'était pas suffisamment précise pour servir de base à des levés à très grande échelle : ceux-ci nécessitaient en effet l'établissement de triangulations complémentaires de 4^e et 5^e ordre qu'empêchait l'impossibilité de stationner sur les sommets de 3^e ordre de la triangulation des ingénieurs géographes, qui consistaient en de simples signaux déterminés depuis les stations de 1^{er} et 2^e ordre. En accord avec la Commission centrale des travaux géographiques et sous l'influence du général Bassot, nouveau directeur du SGA, la Commission du cadastre s'était donc prononcée pour une réfection de la triangulation de 1^{er} et 2^e ordre et la reprise complète du 3^e ordre, dont la réalisation confiée au SGA commença en 1898. Ces opérations constituaient une Nouvelle

⁷¹¹ « Rapport sur les travaux exécutés en 1888 (Section de Géodésie) », cité par BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*.

T.2. *Op. cit.*, p. 284.

⁷¹² Pour un historique plus détaillé, voir : BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 283-291 ; PERRIER Colonel. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Première partie*. Paris : Imprimerie Nationale, 1885, 230 p. ; BASSOT Général. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Deuxième fascicule*. Paris : Imprimerie Nationale, 1902, 195 p. (p. 231-426) ; BOURGEOIS Commandant, BERTHAUT Général dir. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Troisième partie*. Paris : Imprimerie Nationale, 1904, 798 p. (p. 427-1225).

⁷¹³ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.2.1.

triangulation de la France (NTF), en partie justifiée par des arguments d'un classicisme éprouvé sur la supériorité des nouvelles méthodes géodésiques, qui soulignaient leur « perfection » et leur « degré de précision pour ainsi dire absolu »⁷¹⁴.

A la faveur des études sur la réfection du cadastre, de la Noë proposa à nouveau le projet d'une carte de France basée sur des levés à grande échelle. Son soutien constant à ce projet était d'autant plus efficace qu'il était devenu, à la mort du général Perrier en 1888, sous-directeur du SGA, puis directeur en 1894 quand il eut enfin atteint l'ancienneté nécessaire et le grade de général. Le 17 mai 1897, la Commission centrale des travaux géographiques adoptait le projet, dont les grandes lignes étaient ainsi formulées :

« 1° La Commission centrale des Travaux géographiques émet le vœu qu'il soit procédé, à bref délai, à l'exécution du levé d'ensemble de la carte de France aux échelles du 10.000^e pour les régions de plaine et moyennement accidentées, du 20.000^e pour les pays de montagnes ; 2° La planimétrie sera fournie par les plans d'assemblage du cadastre réfectionné et le figuré du relief sera exprimé à l'aide de courbes de niveau équidistantes, s'appuyant sur les repères du nivellement général de la France en cours d'exécution ; 3° Le Service Géographique de l'Armée sera chargé de l'exécution du figuré du terrain ; 4° Les levés au 10.000^e et au 20.000^e serviront à la rédaction et à la publication d'une carte d'ensemble au 50.000^e en couleurs. Les minutes seront reproduites en vue de satisfaire aux besoins de la Science et de l'Industrie. »⁷¹⁵

La Commission centrale des travaux géographiques demanda l'exécution immédiate du projet, avec une répartition annuelle du budget estimé pour sa réalisation afin de « permettre l'achèvement en trente années de l'ensemble des travaux »⁷¹⁶. Le 13 juin 1898, le ministre de la Guerre donnait l'ordre d'étudier les modalités de sa réalisation. L'Académie des sciences avait également reconnu le projet et le soutenait dans un rapport présenté au ministère de la Guerre le 14 juin 1899⁷¹⁷. Pour ne pas se retrouver dans la même impasse qu'au début du siècle, les opérations de terrain devaient être uniquement effectuées par le SGA, avec les méthodes des levés de précision : la collaboration avec le cadastre n'était envisagée qu'avec beaucoup de précaution et uniquement « si cette entreprise venait à être entamée et dirigée de façon à prêter un utile concours à l'exécution de la carte au 50.000^e »⁷¹⁸.

Malgré ces réserves, l'adoption et la mise en route du projet de 1897 sont à interpréter, selon moi, comme un signe révélateur de l'inertie des changements conceptuels en cartographie. Alors que les levés de précision se développaient sur un renversement du rapport entre géodésie et topographie, la nouvelle carte de France ne fut acceptée qu'une fois adopté le principe d'une nouvelle triangulation. Surtout, même si la collaboration restait hypothétique, j'estime que le poids de la réfection du cadastre dans cette acceptation montrait comment la dimension utilitaire de la carte restait encore limitée à ses applications

⁷¹⁴ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 294.

⁷¹⁵ Cité dans *Rapp. SGA 1901*, p. 10-11.

⁷¹⁶ Cités dans *Le SGA. Op. cit.*, p. 67.

⁷¹⁷ *Rapp. SGA 1901*, p. 11.

⁷¹⁸ Vœu de la Commission centrale des Travaux géographiques, cité dans *Ibid.*, p. 12.

fiscales – tout comme l'insistance sur le caractère scientifique de l'entreprise soulignait la prédominance des politiques de prestige. Basée sur des méthodes de levé qui marquaient une évolution considérable de la cartographie⁷¹⁹, la nouvelle carte de France restait, dans sa conception initiale, ancrée dans les modèles traditionnels du développement cartographique.

3.4.2. L'affirmation opportuniste de l'autonomie du SGA.

3.4.2.1. Difficultés budgétaires et travail en autonomie.

Comme la carte d'état-major quatre-vingts ans plus tôt, le projet de nouvelle carte de France, soutenu par la plupart des administrations, fut remis en cause par la politique budgétaire du Parlement. Le ministre de la Guerre avait pourtant autorisé le SGA à préparer un projet de loi pour l'exécution de la nouvelle carte de France, dont le principe avait été accepté par le Conseil des ministres. Mais les récessions de 1901-1904 et 1907-1908 semblent avoir eu des conséquences particulièrement directes sur le financement de la carte. En 1902, le dépôt du projet de loi du SGA devant le Parlement fut ajourné, puis tout simplement annulé⁷²⁰ : la nouvelle carte de France se trouvait donc officiellement acceptée, mais sans allocation budgétaire spécifique. En 1907, les difficultés budgétaires entraînèrent la réduction des crédits du cadastre, remettant en cause sa réfection et donc son exploitation pour la carte de France, et le retrait total de ceux de la nouvelle triangulation – alors que les opérations avaient débuté dès 1898⁷²¹.

Ces mesures successives, alors que les projets avaient été acceptés et que les travaux avaient été officiellement engagés, montraient une nouvelle fois l'incapacité chronique des députés à concevoir et donc à soutenir des projets cartographiques qui se construisaient fondamentalement sur le long terme. La conjoncture économique entraînait des variations importantes dans les crédits alloués à des travaux qui auraient surtout nécessité, de l'avis de tous les spécialistes, des investissements plus réguliers que vraiment conséquents. La situation internationale jouait également un rôle central : les frontières de l'est avaient toujours été privilégiées dans les travaux cartographiques, si bien que leur couverture, relativement homogène au début du 20^e siècle, rendait moins pressant les travaux de la nouvelle carte, d'autant plus dans les Alpes que la politique de Delcassé avait favorisé un rapprochement avec l'Italie entre 1896 et 1902⁷²².

Mais les conclusions tirées de la défaite de 1870 avaient plus profondément marqué l'administration militaire que les autorités publiques. Après le refus du Parlement d'étudier le financement de la nouvelle carte de France, le ministre de la Guerre décida le 5 décembre 1903 « que le Service Géographique commencerait d'ores et déjà à développer ses levés de précision moyennant un léger ralentissement dans la progression des opérations sur le terrain relatives à la révision de la carte de France [au 1 :80 000] et aux levés d'Algérie »⁷²³ – un principe déjà adopté par le SGA qui depuis 1897 exécutait tous ses levés de précision

⁷¹⁹ Voir infra, partie 2, chapitre 4.

⁷²⁰ *Le SGA. Op. cit.*, p. 67.

⁷²¹ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.2.2.

⁷²² En 1896, un accord avait été trouvé entre les deux pays sur le problème du protectorat en Tunisie. En 1902, une promesse secrète assurait que l'Italie n'entrerait pas en guerre en cas de conflit entre l'Allemagne et la France. BERSTEIN Serge, MILZA Pierre. *Nationalismes et concert européen. Op. cit.*, p. 249.

⁷²³ Cité dans *Le SGA. Op. cit.*, p. 67.

dans la perspective de la nouvelle carte. De la même façon, suite à une décision du ministre de la Guerre en 1907, le SGA continua les opérations de la nouvelle triangulation sur ses seules subventions. Dans les faits, le SGA travaillait donc maintenant en autonomie sur ces nouvelles entreprises.

Malgré le soutien constant du ministère de la Guerre et des directeurs successifs du SGA, le général Berthaut (1903-1911) et le général Bourgeois (1911-1919), l'extrême insuffisance des crédits ralentit considérablement les travaux de la nouvelle carte. En 1912, leur durée était estimée à deux cent cinquante ou trois cents ans si aucune augmentation budgétaire n'était concédée – une durée dix fois supérieure à celle envisagée par le ministère de la Guerre en 1898. En 1914, seules quarante-deux feuilles sur plus de mille cent étaient publiées, soit une surface inférieure au vingtième du territoire français. En moyenne, trois ou quatre feuilles seulement étaient publiées chaque année, et une grande partie reposait sur l'exploitation des levés de précision effectués depuis 1872, c'est-à-dire longtemps avant l'acceptation du projet de la carte⁷²⁴. La Commission centrale des travaux géographiques décida alors de réduire le programme en ne dressant que la partie orientale de la carte.

Si le SGA dépendait bien toujours des commissions parlementaires ou ministérielles pour les choix fondamentaux, il assurait en fait en complète autonomie technique et budgétaire la réalisation des nouvelles triangulation et carte de France. Cette position favorisa la réaffirmation des volontés d'indépendance du Service qui n'avait été qu'en partie satisfaites lors de sa création, et dont la traduction institutionnelle fut permise à la veille de la guerre par l'action énergique du général Berthaut.

3.4.2.2. Un nouveau statut pour le SGA.

Depuis 1887, le SGA ne faisait plus appel aux imprimeries privées et assurait le tirage de ses cartes de manière totalement autonome. Dans ce double aspect d'organisme de direction et d'établissement producteur, le général Berthaut voyait une motivation pour une autonomie plus grande, assurée par un nouveau statut institutionnel. En 1910, il adressa au ministre de la Guerre un projet de réforme complète du service, rapidement accepté et mis en application par les décrets des 11 décembre 1911 et 20 avril 1912. Le premier article du décret de 1911 définissait le nouveau statut de l'organisme :

« Article 1. – Le Service Géographique de l'Armée est chargé du levé, de l'exécution et de la publication des cartes topographiques et géographiques. Il exécute les travaux de géodésie, de topographie et de cartographie nécessaires, il procède aux études et recherches scientifiques qui s'y rapportent. Il est classé parmi les établissements spéciaux et placé sous l'autorité immédiate du Ministre de la Guerre (Cabinet). »⁷²⁵

Le SGA cessait ainsi de faire partie de l'état-major général. Il s'affranchissait également des diverses commissions parlementaires et ministérielles pour la définition des orientations et l'organisation de son travail cartographique, ce qui marquait la reconnaissance de son autonomie en tant qu'établissement créateur et producteur de cartes. Cependant, toutes les opérations financières (approbations de marchés, délégations de crédits, etc.) devaient passer par l'état-major, dont la section administrative constituait un intermédiaire obligatoire

⁷²⁴ Les levés déjà effectués concernaient la région parisienne, les frontières du nord-est et des Alpes, le littoral méditerranéen, les environs de Lyon et de Soissons.

⁷²⁵ Cité dans *Le SGA. Op. cit., p. 75.*

entre le SGA et la Commission de contrôle. Dans les faits, la nouvelle autonomie du SGA était donc limitée à la direction scientifique et technique des travaux : c'était l'esprit même de la réforme envisagée par Berthaut, qui devait permettre au SGA « d'évoluer plus librement dans un sens réellement industriel »⁷²⁶ – le terme « industriel » étant bien sûr pris dans une acception plus technique que financière.

3.4.2.3. Le problème du personnel permanent.

Depuis la suppression du corps d'état-major en 1880, le Dépôt de la guerre puis le Service géographique de l'armée employaient majoritairement des officiers temporairement détachés d'autres armes pour assurer l'encadrement et les opérations de terrain⁷²⁷. Comme je l'ai déjà souligné à propos de la mise en place des révisions de la carte d'état-major⁷²⁸, la compétence des officiers ainsi employés posait de nombreux problèmes, si bien que le SGA s'était résolu à affecter de préférence ses officiers permanents pour les révisions⁷²⁹. Mais les effectifs du personnel permanent étaient singulièrement limités, puisqu'il ne pouvait comprendre que soixante-dix officiers d'après le décret de 1911 :

- 1 général ou colonel directeur ;
- 9 officiers supérieurs hors cadres ;
- 31 capitaines détachés de leur arme assurant l'encadrement et le travail géodésique ;
- 29 officiers d'administration du génie et sous-officiers détachés de toute arme comme chef de brigade et opérateurs de topographie.

Deux mesures avaient été prises pour compléter ce personnel permanent : la création en 1903 d'une brigade topographique de sous-officiers détachés d'autres armes pour développer les levés de précision⁷³⁰ (elle n'effectua aucune opération dans les Alpes), et la mise en place en 1907 d'une brigade d'instruction regroupant « les jeunes opérateurs novices, lieutenants détachés des corps de troupes à titre temporaire et spécial, qui [fournissaient] le recrutement annuel de ses brigades de levés »⁷³¹.

Cependant, ces mesures ne suffisaient pas à pallier l'absence d'un corps spécialisé depuis la suppression de celui des ingénieurs géographes. Si les officiers d'état-major avaient fourni jusqu'en 1880 des opérateurs relativement bien formés, leurs compétences limitées avaient posé ponctuellement des problèmes, comme dans la triangulation tardive des régions alpines annexées en 1859⁷³². En 1909, des fonctions jusque-là réservées aux officiers d'administration ou aux lieutenants du génie avaient dû être ouvertes aux corps des sous-officiers topographes, formés par huit sous-officiers détachés de façon permanente au SGA. Les compétences techniques demandées rendirent leur recrutement particulièrement

⁷²⁶ Préambule du décret du 4 décembre 1911, cité dans Rapp. SGA 1938-39, p. 7.

⁷²⁷ La rédaction et la reproduction des cartes étaient assurées par un personnel civil, séparé par le décret de 1912 en trois catégories : personnel artistique (graveurs, dessinateurs, employés des ateliers de reproduction, photographes, constructeurs, calculateurs), personnel d'exploitation (chefs d'atelier, imprimeurs géographes, ouvriers) et personnel administratif (employés de bureau, gardiens, concierges, etc.).

⁷²⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 3.2.2.

⁷²⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.2.3.1.

⁷³⁰ Rapp. SGA 1903, p. 16.

⁷³¹ Rapp. SGA 1907, p. 15.

⁷³² Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.3.2.

difficile, d'autant plus qu'ils avaient tendance à rejoindre leur arme quand leur ancienneté leur permettait d'atteindre les grades supérieurs d'adjudant ou d'adjudant-chef.

En l'absence d'un corps spécialisé d'officiers permanents, le SGA fut confronté jusqu'en 1939 à ce problème récurrent du recrutement des officiers topographes. L'instabilité de son personnel l'empêchait de mettre en place une politique de formation véritablement efficace. Une première tentative de fixation du personnel fut entreprise par le général Bourgeois juste avant la première guerre mondiale : accepté le 15 avril 1914 par le Parlement, son projet de loi augmentait à vingt l'effectif du corps des sous-officiers et les plaçait hors-cadre. Leur nouveau statut, défini dans un rapport du 2 juin 1914, permettait notamment aux sergents et maréchaux des logis d'obtenir après huit ans le grade d'adjudant tout en restant au SGA. Il n'apportait pourtant qu'une solution partielle au problème de recrutement et de stabilité du personnel, qui, selon moi, constituait un des fils directeurs de l'évolution institutionnelle du SGA, puis de l'IGN, au 20^e siècle⁷³³.

3.4.3. La première guerre mondiale et la reconnaissance de l'expertise technique du SGA.

3.4.3.1. Le rôle crucial de la cartographie.

Après le décret de mobilisation du 2 août 1914, la majeure partie du personnel du SGA intégra les corps ou états-majors auxquels il était affecté par les ordres de mobilisation. Le fonctionnement du service fut assuré par d'anciens officiers supérieurs en retraite, des officiers de compléments et des ingénieurs hydrographes, sous une direction stable pendant tout le conflit, assurée par le général Bourgeois secondé du colonel du génie Talon⁷³⁴. La conception que les états-majors se faisaient du rôle de la cartographie en temps de guerre était encore basée sur l'exemple de 1870. Elle consistait essentiellement en un approvisionnement massif en cartes dont l'actualité avait été assurée par des révisions plus ou moins récentes.

Mais la guerre de position qui s'instaura après la bataille de la Marne souligna l'inadaptation du dispositif mis en place par le SGA : il n'avait fourni aux armées que des exemplaires d'une carte tactique, la carte d'état-major, et d'une carte stratégique, la carte au 1 : 200 000 en couleurs, alors que la fixation du front imposait de développer les méthodes de tir d'après carte qui nécessitaient des plans détaillés et quadrillés indiquant la situation des objectifs. Comme une grande partie du front, qui s'étendait sur plus de huit cents kilomètres, n'était pas encore couverte par les levés de précision, des Groupes de canevas de tir (GCT) furent mis en place dès la fin du mois d'octobre 1914 pour dresser des plans directeurs de tir⁷³⁵. Constitués par d'anciens officiers du SGA et renforcés par des officiers ou soldats dont l'expérience civile était en rapport avec les travaux exécutés, les GCT furent peu à peu intégrés à un dispositif plus général contenant des sections topographiques dans les corps d'armées et dans les divisions d'infanterie. Le SGA assurait la direction technique de l'ensemble, coordonnant ainsi la production de toute l'information topographique utile aux armées françaises.

⁷³³ Voir infra, partie 4, chapitre 1.

⁷³⁴ Pour une histoire détaillée du SGA pendant la guerre, voir entre autres : Rapp. SGA 1914-19 ; BACCHUS Michel. L'établissement des plans directeurs pendant la guerre de 1914-1918. In *Du Paysage à la Carte, op. cit.*, p. 128-134.

⁷³⁵ Rapp. SGA 1914-19, p. 15-16.

Au cours de l'année 1915, les besoins de plans directeurs à grande échelle se généralisèrent à toutes les armes. L'instruction du 23 décembre 1915 mentionnait ainsi pour la première fois officiellement le plan directeur de guerre à grande échelle comme une carte générale appelée à se substituer au « plan directeur de tir » conçu pour l'artillerie seule⁷³⁶. Les attributions des GCT s'étendirent donc à la couverture de l'ensemble des fronts par des cartes à différentes échelles répondant aux divers besoins des armées. L'approvisionnement en cartes nouvelles fut assuré par les imprimeries du service intérieur et par deux trains-imprimeries à partir de fin 1917. L'évolution des quantités de plans directeurs imprimés à Paris est particulièrement révélatrice de l'effort fourni : 6 000 exemplaires en 1914, 913 000 exemplaires en 1915, 3 507 000 en 1916, 4 427 000 en 1917 et 4 460 000 de janvier à novembre 1918⁷³⁷. Le SGA prit ainsi une importance considérable, tant par son travail de direction et de production que par son effectif, constitué à la fin de la guerre de quelques cinq cents cinquante officiers et neuf mille hommes de troupes, formés et équipés pour répondre aux exigences cartographiques du conflit.

3.4.3.2. Diversification des activités et reconnaissance de l'expertise technique du SGA.

Au cours de la guerre, les capacités de direction technique du SGA furent mises à profit dans des domaines de plus en plus éloignés de la cartographie. En topographie, le SGA développa la formation des officiers orienteurs, publia des instructions pour la « bonne utilisation » des cartes qu'il produisait, et créa un service de fabrication d'optiques pour fournir aux armées des instruments de topographie et d'observation. Il participa également aux études menées pour permettre le repérage par le son ou par les lueurs des batteries ennemies, constituant un service du repérage au sein de son organisation. Pour gérer la réception, le stockage et la distribution du matériel, un service des expéditions fut également créé. S'éloignant encore davantage de la cartographie, le SGA instaura une Commission de géographie chargée d'établir des notices sur les divers théâtres d'opérations et un Bureau météorologique militaire.

Alors qu'entre 1817 et 1914, son autonomie croissante s'était construite sur une concentration autour des activités spécifiquement cartographiques, en excluant peu à peu toutes les activités annexes qui y étaient traditionnellement rattachées, la diversification de ses activités pendant la guerre marquait une évolution considérable de sa situation institutionnelle. En démontrant ses capacités de réaction et de direction technique, le SGA avait non seulement justifié sa récente autonomie, mais aussi imposé la reconnaissance de son expertise technique. Contrairement à la situation connue au 19^e siècle, ses nouveaux secteurs d'activité se trouvaient en situation annexe et l'activité cartographique restait clairement prioritaire.

Après l'armistice, le SGA se recentra d'ailleurs sur les activités cartographiques qui constituaient sa mission principale en temps de paix, mais il n'abandonna pas tous les secteurs développés pendant la guerre. Preuve de la reconnaissance de son expertise technique, il continua ainsi de diriger la recherche en matière de repérage et d'assurer la fourniture en matériel optique pour les armées. La Commission de géographie fut temporairement détachée du SGA, mais elle fut réintégré en 1927 sous le nom de Bureau des notices, au sein de la section de cartographie. Le Service cinématographique de

⁷³⁶ *Ibid.*, p. 23.

⁷³⁷ *Le SGA. Op. cit.*, p. 82.

l'armée, autonome pendant la guerre, fut aussi placé en 1920 sous le contrôle technique du SGA.

3.4.3.3. L'achèvement de la concentration des activités topographiques.

Malgré ses nouvelles attributions⁷³⁸, le SGA vit ses effectifs et ses crédits notablement réduits après la guerre. Son potentiel fut diminué par la suppression rapide de la plupart des sections topographiques et des annexes de province. Pour permettre la reprise du travail normal et son extension aux nouvelles nécessités soulignées par la guerre, le colonel Bellot, directeur du SGA depuis 1919⁷³⁹, entreprit une réorganisation profonde pour supprimer la décentralisation mise en place pendant le conflit. En particulier, il reconstitua l'effectif du service qui avait souffert d'une double hémorragie causée d'un côté par les nombreux morts au front, de l'autre côté par les promotions qui avaient conduit de nombreux survivants à réorienter leur carrière. Après avoir réuni entre 1919 et 1920 les rares anciens officiers et sous-officiers encore susceptibles de servir dans les brigades de travaux sur le terrain, il mit en place la formation des nouvelles recrues⁷⁴⁰. Il assura également l'installation du service dans de nouveaux locaux, sans trouver de solution définitive permettant d'assurer la réunion des différentes sections.

Mais malgré les efforts du colonel Bellot, des reliquats de l'organisation décentralisée perdurèrent pendant les années vingt et trente et s'opposèrent à la dynamique globale de concentration du travail cartographique qui avait dominé l'évolution institutionnelle du service officiel depuis le début du 19^e siècle. En particulier, deux sections topographiques furent maintenues dans les secteurs fortifiés des Alpes sans relever pour autant du SGA⁷⁴¹.

Rattachées au commandement des 14^e et 15^e Corps, leur mission était d'assurer la réfection des « cartes de secteur », établies en 1914 sur les fonds de la carte d'état-major, en employant cette fois le fonds des nouvelles cartes de France au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000, qui couvrait déjà la majeure partie de la frontière des Alpes. Leur compétence limitée poussa les corps à demander le soutien du service géographique, qui mit alors à leur disposition du matériel et un petit crédit annuel, en même qu'il organisa des instructions spécifiques.

Je pense que cet investissement relevait autant de la volonté de maîtriser toute la production topographique militaire que du besoin de mettre en place des organes annexes pour servir de liaison avec les commandements militaires. Le SGA souhaitait d'ailleurs généraliser le principe de ces sections topographiques : après un premier projet rejeté par l'état-major en 1926, le SGA dirigea les travaux photographiques pour l'équipement des observatoires des organisations défensives qui aboutirent à la création de plusieurs sections photographiques entre 1933 et 1936. En octobre 1938, l'état-major accepta finalement la création de sections topographiques de région : le personnel, les locaux et le mobilier étaient

⁷³⁸ En plus de ses nouvelles activités, le SGA devait assurer la cartographie de nouveaux territoires (les états du Levant sous mandat français, le Sahara) et la production de nouveaux types de cartes (cartes aéronautiques pour l'armée de l'air).

⁷³⁹ Après avoir assisté le général Bourgeois pendant la guerre en organisant et dirigeant les Groupe de canevas de tir et les Sections topographiques des armées, le colonel Bellot lui succéda à la direction du SGA qu'il conserva jusqu'en 1935, après avoir été nommé général de brigade en 1924 puis de division en 1930.

⁷⁴⁰ Un programme de levé des plans directeurs de tous les camps militaires et champs de tir de France servit de formation aux nouveaux officiers topographes, en même qu'il fournit des documents utilisables pour l'instruction des troupes aux nouvelles méthodes tactiques. Parallèlement, le colonel Georges Perrier, fils de l'ancien directeur du SGA, fut chargé de réorganiser la section de géodésie, notamment par la formation de nouveaux officiers géodésiens.

⁷⁴¹ *Le SGA. Op. cit.*, p. 86.

fournis par la Région qui gardait le commandement des sections ; le SGA apportait le matériel technique, les produits photographiques et sa direction technique ; l'état-major de l'armée assurait l'attribution des crédits⁷⁴². Les mises à jour devaient être communiquées au SGA qui restait le seul à pouvoir effectuer toute modification importante des fonds de carte : il disposait ainsi de ce qui pouvait être considéré comme des brigades permanentes de révision dans les régions frontalières.

Grâce à son autorité technique gagnée pendant la guerre, le SGA avait ainsi réussi à s'assurer rapidement le contrôle total de la production d'information topographique dans les armées, et donc de l'information topographique de base pour tous les services officiels français : à partir des années vingt, la nouvelle carte de France commença à être désignée par le terme très révélateur de *carte de base*. Je considère que cette concentration des activités topographique fut la conséquence majeure des activités du service pendant la première guerre mondiale. Avec la question de l'existence d'un corps d'officiers spécialisés, elle constitue même à mon avis l'un des fils directeurs de toute l'évolution institutionnelle du service cartographie militaire depuis les premières tentatives de réunion des organismes topographiques pendant la Révolution. Comme la diversification des activités du SGA, elle confirmait l'adoption de la conception utilitariste de la cartographie, dans le sens où elle constituait une reconnaissance de la spécificité du travail cartographique et de l'expertise technique qu'elle nécessitait, autant qu'elle en était une conséquence.

Conclusion

La défaite française de 1870 constitua un bouleversement profond qui entraîna la remise en cause de la conception *fixiste* de la cartographie. Non seulement l'utilisation que les armées prussiennes avaient faite des documents cartographiques démontrait qu'ils pouvaient avoir un intérêt utilitaire considérable, mais l'obsolescence des renseignements fournis par les rares cartes dont disposaient les armées françaises soulevait la question fondamentale de l'actualité d'une carte. Cette prise de conscience de la dimension utilitaire de la carte constituait une mutation conceptuelle considérable, qui marquait l'évolution fondamentale vers une conception de la cartographie que j'ai qualifiée d'*utilitariste*. D'un point de vue institutionnel, cette mutation favorisa la reconnaissance de la spécificité du travail cartographique qui permit la réalisation du projet ancien d'un service militaire *uniquement* cartographique : la création du Service géographique de l'armée (SGA) en 1887 marquait l'exclusion de toutes les activités non cartographiques de l'ancien Dépôt de la guerre, considérées comme indissociables dans la tradition *fixiste*. D'un point de vue technique, elle entraîna un important effort de recherche sur les nouvelles techniques de reproduction plus souple et rapide que permettait la photographie, aboutissant à la mise en place d'une nouvelle édition de la carte de France au 1 : 80 000, dite « type 1889 ».

L'accent mis sur la problématique de l'actualité de la carte fut à l'origine des premières révisions régulières de la carte de France. La formalisation des méthodes de révision fut cependant retardée pendant plus d'une décennie par l'inertie des changements conceptuels, qui se traduisit notamment par des limites budgétaires constantes imposés par les autorités publiques encore peu sensibles aux nouvelles problématiques de la cartographie. Parallèlement, la conjonction des nouveaux procédés de reproduction et d'une relative autonomie du SGA, passé d'une instrumentation totale (produire des cartes *pour* les militaires) à une certaine indépendance (produire des cartes *pouvant servir* aux militaires), provoqua une diversification de sa production. Avec différentes cartes dérivées du 1 : 80

⁷⁴² Rapp. SGA 1938-39, p. 28.

000, le service affirmait vouloir répondre à tous les besoins, mais se concentrait encore essentiellement sur les utilisations militaires, particulièrement dans les Alpes où les années 1880 furent marquées par des tensions entre la France et l'Italie. Amalgame entre les besoins pratiques et les ambitions de prestige scientifique et politique, la plupart de ces cartes n'eurent qu'un succès très limité, mais elles permirent d'expérimenter l'utilisation des couleurs et des courbes de niveau, prémisses à leur adoption pour une nouvelle carte de France.

En effet, après plusieurs projets abandonnés, l'idée d'une nouvelle carte au 1 : 50 000, en couleurs et en courbes de niveau, fut finalement acceptée en 1897, dans un contexte très classique de réfection du cadastre et de réalisation d'une nouvelle triangulation, malgré l'exploitation originale des levés de précision. Sur le plan institutionnel, les difficultés budgétaires qui marquèrent le début de l'entreprise permirent au SGA d'imposer de façon opportuniste une autonomie plus grande, puisqu'il exécutait seul et sur ses propres crédits de fonctionnement tous les travaux de la nouvelle carte depuis 1902 et de la nouvelle triangulation depuis 1907. Les révisions de la carte d'état-major et les nouveaux travaux posèrent de façon plus aiguë le problème récurrent du recrutement d'un personnel compétent – premier fil directeur de l'évolution institutionnelle du service cartographique depuis la suppression du corps des ingénieurs géographes –, qui ne fut que très partiellement réglé avant la guerre par l'extension du personnel militaire permanent du SGA. Malgré tout, le service réussit à s'adapter au rôle central et aux nouvelles utilisations de la cartographie pendant la première guerre mondiale : sa direction technique efficace permit la reconnaissance définitive de son expertise, qui se traduit par une diversification de ses activités dans laquelle la cartographie restait dominante, contrairement à la situation connue au 19^e siècle. La réorganisation de l'après-guerre permit d'achever la concentration des organismes topographiques – deuxième fil conducteur de l'évolution du service cartographique –, faisant du SGA l'unique producteur officiel de l'information topographique.

Entre 1870 et 1914, l'affirmation de la conception utilitariste fut dominée par une approche plurielle de la dimension utilitaire de la cartographie. Elle donna un aspect original à la mutation de la topographie qui marqua l'adoption d'une représentation entièrement géométrique du relief à la fin du 19^e siècle, incarné dans l'entreprise de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Contrairement à la géométrisation partielle qui avait provoqué au début du siècle l'abandon définitif de la carte de Cassini au profit de la carte d'état-major, cette nouvelle mutation n'entraîna pas le rejet de l'ancienne carte, mais la mise en place jusqu'aux années vingt ou trente d'une publication parallèle et complémentaire des deux cartes. Cette complémentarité ne constituait pas une mesure fonctionnelle négative, comme les feuilles de la carte de Cassini encore utilisées en attendant la publication de celles de la carte d'état-major, mais au contraire une réponse positive à la multiplicité des besoins : la carte d'état-major servaient pour certaines utilisations et la nouvelle carte au 1 : 50 000 pour d'autres.

Chapitre 4. Le tournant méthodologique des levés de précision : une représentation entièrement géométrique du relief.

Parallèlement aux bouleversements conceptuel et institutionnel provoqués par la défaite de 1870, la cartographie topographique officielle connut une mutation méthodologique considérable dans le dernier quart du 19^e siècle, qui s'incarna dans la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 au début du 20^e siècle. Malgré les prémisses du nivellement topographique, les travaux de la carte d'état-major avaient impliqué une géométrisation seulement partielle de la représentation du relief, essentiellement basée sur les données géodésiques. Au sein du Dépôt des fortifications d'abord, puis du nouveau Service géographique de l'armée ensuite, les militaires développèrent pour les levés de place forte une méthode radicalement différente reposant sur une mesure systématique du terrain. Étroitement liée à une recherche instrumentale qui suivait le schéma classique de l'innovation technique en cartographie, mais avait été intégrée à la structure institutionnelle du service cartographique, cette méthode permit l'essor d'une représentation entièrement géométrique du relief basée sur l'emploi des courbes de niveau. En mettant l'accent sur les pratiques instrumentales dans les levés topographiques eux-mêmes, elle redéfinissait radicalement les rapports entre topographie et géodésie qui avaient dominé l'évolution de la cartographie scientifique depuis la fin du 17^e siècle. Ce faisant, elle inscrivait définitivement la cartographie topographique dans un paradigme de développement scientifique pour lequel l'amélioration de la mesure instrumentale était la seule voie d'évolution possible.

4.1. Une évolution méthodologique et structurelle autour de l'instrumentation des méthodes.

Sous l'influence dominante du Dépôt de la guerre, la carte de France au 1 : 80 000 avait été conçue pour répondre aux seuls besoins des administrations centrales civiles et militaires. En tant que carte tactique encore fortement imprégnée par la conception fixiste de la cartographie – comme le prouva son inutilité pratique pendant la guerre de 1870 –, elle s'insérait plus dans la tradition figurative des théâtres de la guerre que dans la tradition utilitaire des plans détaillés de place forte. Tout au long du 19^e siècle, les ingénieurs militaires continuèrent donc de lever des plans topographiques à grande échelle des environs de places fortes, qui répondaient à un véritable besoin pratique du Génie.

Depuis la fin du 18^e siècle, mais surtout après les travaux du chef de bataillon Haxo en 1801, ces plans utilisaient des courbes de niveau filées sur le terrain⁷⁴³, une technique que la Commission de topographie de 1802 avait acceptée pour les échelles supérieures au 1 : 10 000⁷⁴⁴. Après la défaite de 1870, des *levés de précision* furent développés pour dresser les *plans directeurs* des places fortes frontalières. La méthode de levé reprenait le principe de la planchette déclinée mais en généralisant la mesure instrumentale du terrain pour le nivellement et les distances. Cette nouvelle approche instrumentale se traduisit par une recherche technologique dominée par les travaux du colonel Goulier au sein du Dépôt d'instruments de précision, véritable laboratoire de recherche au sein du Dépôt des fortifications, puis du Service géographique de l'armée.

4.1.1. Les plans directeurs, un prolongement des levés de places fortes.

⁷⁴³ C'est-à-dire levée par nivellement direct en suivant ces courbes sur le terrain par la détermination de points successifs de même altitude, suffisamment rapprochés et généralement choisis aux endroits où la courbe change de direction afin de pouvoir être reliés sans erreur d'interprétation.

⁷⁴⁴ Voir supra, partie 1, chapitre 1.3.2.1.

4.1.1.1. Le Dépôt des fortifications.

J'ai montré comment le refus des autorités publiques de réunir toutes les services s'occupant de cartographie sous une même direction s'inscrivait dans un refus plus général de reconnaître la spécificité du travail cartographique, refus qui procédait lui-même de la domination de la conception fixiste et figurative de la cartographie comme une activité annexe au même titre que les disciplines historiques⁷⁴⁵. Jusqu'à la fin du 19^e siècle, malgré la récurrence de projets d'unification des services cartographiques, divers organismes continuaient de produire des cartes en fonction de leur besoins particuliers, comme l'administration du Cadastre ou le ministère de l'Intérieur qui publiait depuis 1878 une carte au 1 : 100 000 dérivée de la carte d'état-major. Dans le domaine plus strictement topographique, le Dépôt de la guerre n'était concurrencé que par le Dépôt des fortifications, le seul organisme à faire exécuter par ses ingénieurs du génie de véritables levés topographiques dont l'orientation différait radicalement de celles des levés du Dépôt de la guerre.

Chargé de gérer la collection des plans reliefs, le Dépôt des fortification exécutait également depuis 1871 une réduction au 1 : 500 000 en couleur de la carte d'état-major, sous la direction du lieutenant-colonel Prudent, en concurrence directe avec la carte au 1 : 600 000 du Dépôt de la guerre. Mais son activité principale restait le levé des plans topographiques de places fortes. Sous l'impulsion des besoins affirmés pendant la guerre de 1870, ces levés se développèrent pour dresser les « plans directeurs des places fortes du territoire et de leurs abords dans un rayon de cinq kilomètres », exécutés par « la Brigade topographique du Génie [...], reformée après la guerre sous les ordres du Commandant Wagner, puis du Capitaine de la Noë »⁷⁴⁶. Depuis 1878, le Dépôt des fortifications disposait aussi d'un Dépôt d'instruments de précision, dirigé par le colonel Goulier, à l'origine d'un nombre important d'innovations dans l'instrumentation topographique⁷⁴⁷.

4.1.1.2. Les plans directeurs dans les Alpes.

Les plans directeurs de la défense que levait la brigade topographique du génie, puis la section des levés de précision, consistaient en un ensemble de plans topographiques couvrant les places fortes et les camps retranchés. Initialement exécutés à l'échelle du 1 : 2 000 ou du 1 : 5 000, ces levés s'étaient peu à peu étendus au-delà des abords immédiats des places fortes, en employant des échelles inférieures pour maintenir le rythme des opérations et permettre de dessiner le plan sur une unique feuille. A partir de 1875, le 1 : 10 000 était ainsi systématiquement employé, sauf dans les régions montagneuses des Alpes et des Pyrénées où le 1 : 20 000 s'était imposé parce que la raideur des pentes rendait inutile une telle précision et compliquait les cheminements en-dehors des vallées⁷⁴⁸.

En raison de leur utilisation militaire à but strictement défensif, ces plans furent d'abord levés dans les régions frontalières de l'est et du sud-ouest. Leur objectif était de donner une cartographie détaillée de toute la zone longeant la frontière. Dans la région des Alpes du nord couverte par mon corpus, les plans directeurs de Savoie et du Dauphiné concernèrent avant 1900 en priorité les régions stratégiques riches en infrastructures défensives de Grenoble, d'Albertville (débouchée de la Maurienne) et de Briançon (carte 8). Malgré leur

⁷⁴⁵ Voir supra, partie 1, chapitre 2.3.1.1.

⁷⁴⁶ *Le SGA. Op. cit.*, p. 52.

⁷⁴⁷ Voir infra, partie 2, chapitre 4.1.3.

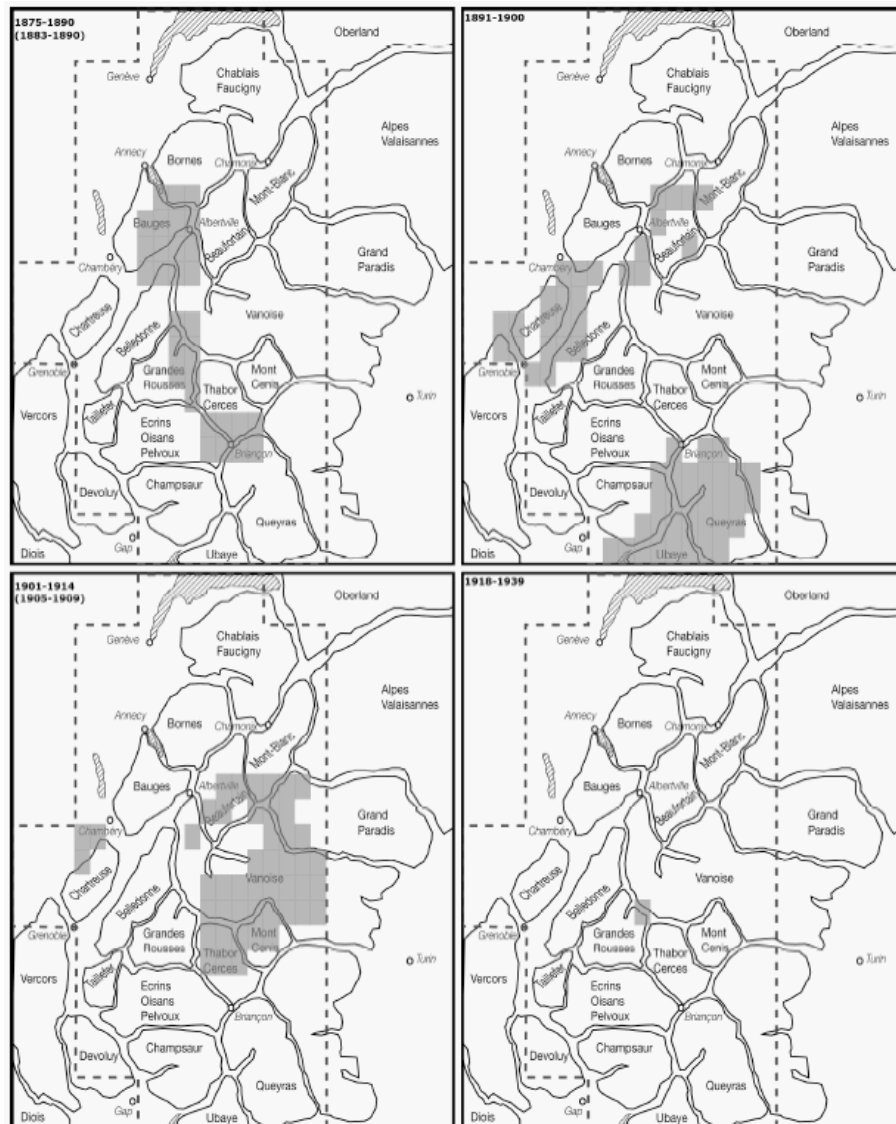
⁷⁴⁸ Rapp. SGA 1889, p. 12.

orientation militaire manifeste dans le choix des zones couvertes, les plans directeurs furent mis à la disposition du public dès la fin du 19^e siècle, en réponse à des besoins techniques spécifiques qui nécessitaient des plans détaillés dressés en courbes de niveau. Toutefois, leur diffusion resta beaucoup plus confidentielle que celle de la carte au 1 : 80 000 ou de son amplification au 1 : 50 000, en particulier dans les Alpes où les projets industriels susceptibles d'utiliser de tels plans restaient encore rares.

4.1.1.3. Intégration au Service géographique de l'armée.

La situation de concurrence entre le Dépôt de la guerre et le Dépôt des fortifications ne dura que quelques années après la remise en cause radicale de l'activité cartographique qui suivit la défaite de 1870. A partir de 1872, Perrier mena une intense activité de « lobbying » qui rappela aux autorités les projets anciens de formation d'un unique service cartographique officiel⁷⁴⁹. Si celles-ci ne réalisèrent pas l'unification de tous les services producteurs de cartes, elles réunirent toutefois les deux organismes topographiques : en mai 1885, le Dépôt des fortifications était rattaché au Service géographique du Dépôt de la Guerre. La brigade et le dépôt d'instruments furent intégrés au dispositif du Dépôt de la guerre, puis du Service géographique de l'armée en mai 1887, sous les noms respectifs de Section des levés de précision et de Dépôt d'instruments de précision. Dans ce nouveau cadre institutionnel, ces deux sections continuèrent d'appliquer leur nouvelle méthode instrumentale au levé des plans directeurs.

⁷⁴⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.1.2.



Carte 8 : Levés des plans directeurs dans les Alpes du nord, 1875-1939*.

* Les dates entre parenthèses marquent la période effective de levé des plans directeurs dans les Alpes du nord, au sein de la période plus large considérée.

4.1.2. L'instrumentation de la méthode de levé topographique.

4.1.2.1. La méthode de la planchette déclinée au 19^e siècle.

La méthode employée par les topographes du génie au Dépôt des fortifications dérivait directement de la méthode de la planchette déclinée qu'avaient utilisée les ingénieurs géographes dès la fin du 18^e siècle⁷⁵⁰. Basée sur l'emploi de la planchette topographique et d'une boussole ou d'un déclinatoire, cette méthode constituait les fondements du levé topographique. Le Dépôt de la guerre lui-même l'avait utilisée pour le levé de la planimétrie de la carte de France. Mais malgré les diverses améliorations apportées à la boussole à

⁷⁵⁰ Voir supra, partie 1, chapitre 1.2.2.2.

éclimètre au cours du 19^e siècle⁷⁵¹, aucune méthode de nivellement topographique n'était suffisamment efficace et précise pour permettre une mesure instrumentale du relief à des échelles inférieures ou égales au 1 : 10 000 sans accroître considérablement la durée des opérations.

Les principales améliorations instrumentales avaient donc porté sur la stabilité de la planchette : le modèle « à la Cugnot », fixé au pied par un système de genou s'avérant parfois trop flexible, fut ainsi remplacé par la planchette à calotte sphérique, un peu plus lourde mais plus stable⁷⁵². Dans ces conditions, les levés à la planchette déclinée s'avéraient toujours supérieurs à ceux simplement effectués à la boussole à éclimètre, parce que le déclinatoire était moins sujet à variation que la boussole et parce que la visée était plus stable, donc plus précise, puisqu'elle pouvait s'appuyer sur toute la longueur de la planchette.

4.1.2.2. Règle à éclimètre et alidade holométrique : les premiers instruments efficaces de nivellement topographique.

La méthode de la planchette déclinée étant unanimement reconnue comme supérieure, le problème du nivellement topographique se posait dans un cadre méthodologique clairement défini : pour assurer le nivellement, il fallait disposer d'un modèle d'éclimètre à fixer sur la planchette pour mesurer les angles de pente. L'adoption du nivellement topographique à la planchette déclinée s'inscrivait donc dans le schéma d'innovation technique classique en cartographie, que j'ai déjà décrit pour les développements du théodolite ou de la boussole à éclimètre : le développement, puis le perfectionnement par l'usage d'instruments adaptés à une méthode préexistante.

Ainsi, une *alidade nivelatrice* fut rapidement mise au point. Utilisée par le génie pour les reconnaissances ou les levés expédiés⁷⁵³, et pour une partie des levés de détails en Algérie à partir de 1886⁷⁵⁴, sa conception très simple, avec un dispositif de visée à pinnule⁷⁵⁵, n'assurait pas une précision suffisante. Pour la remplacer, le colonel Goulier conçut la *règle à éclimètre*, mise en service en 1875 à l'école d'application de l'Artillerie et du Génie et en 1879 à la brigade topographique du Génie (figure 4). Constituée d'une règle biseautée pour le tracé des directions, d'une lunette coudée pour les visées et d'un éclimètre pour la mesure des angles d'inclinaison, elle était à la fois simple, robuste, légère et d'encombrement réduit : elle convenait donc bien aux travaux sur le terrain pour lesquels elle fournissait des résultats d'une précision suffisante à grande échelle. Par contre, la lunette n'était pas adaptée aux visées longues ou fortement inclinées, comme elles se présentent pour les levés aux échelles moyennes ou dans les régions montagneuses. Les changements nécessaires aboutirent finalement à la conception d'un nouvel instrument, dans lequel la lunette n'était plus solidaire de la règle pour permettre une inclinaison plus forte : l'*alidade holométrique*, dont les premiers modèles furent mis en service en 1893 (figure 5).

⁷⁵¹ Par exemple avec les modèles Rosier (1870), Parent (1880), Messiat (1882) ou Brosset (1882). Voir BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 303-307.

⁷⁵² *Ibid.*, p. 301-302.

⁷⁵³ Levés expédiés : levés topographiques exécutés avec moins de précision que les levés *réguliers* ou *de détails*, généralement au cours de reconnaissance ou dans des régions difficiles à parcourir comme la haute montagne.

⁷⁵⁴ Jusqu'en 1886, la carte d'Algérie avait été levée avec les mêmes méthodes que la carte de France.

⁷⁵⁵ Pinnules : plaques percées de trous placées aux extrémités d'une alidade pour servir aux visées topographiques.

4.1.2.3. La méthode tachéométrique, une mesure instrumentale des distances.

La mesure des angles de pente à l'aide d'un éclimètre ne constituait que la moitié des mesures nécessaires à une détermination instrumentale du nivellement. Pour permettre le calcul des altitudes, il fallait également disposer de mesures de distance. Au Dépôt de la guerre, la mesure au pas était presque toujours utilisée de préférence à la mesure à la chaîne, plus longue à mettre en œuvre, mais sa précision était insuffisante dans le cadre de levés de détail. Le seul autre procédé topographique permettant une mesure instrumentale des distances était la méthode stadimétrique, qui consistait à observer avec une lunette munie d'échelles stadimétriques un jalon-mire tenu par un aide-opérateur. La règle à éclimètre et l'alidade holométrique, tout comme la boussole nivelante du génie, étaient d'ailleurs munies de lunettes stadimétriques pour permettre une telle mesure.

L'emploi de la mesure stadimétrique des distances dans les levés topographiques de détail avait été formalisée par le major du génie piémontais Porro en 1839. Ce dernier avait utilisé un instrument qu'il avait appelé *tachéomètre*, en fait un théodolite à deux cercles dont le cercle horizontal était muni d'un déclinatoire pour pouvoir l'orienter, et le cercle vertical d'une lunette stadimétrique. Sans rien modifier dans les principes du levé topographique, la méthode tachéométrique remplaçait la mesure aux pas par la mesure stadimétrique des distances. Elle permettait donc d'effectuer des mesures de distance à toutes les étapes du travail, même aux petites et moyennes échelles, alors que dans la méthode traditionnelle, les mesures directes de distance ne concernaient que la mesure des bases géodésiques au début des opérations et quelques mesures aux pas dans les levés de détails à la fin des opérations, toutes les autres déterminations de distance reposant sur des procédés d'intersection, c'est-à-dire des mesures d'angles. Non seulement les mesures de distance par tachéométrie étaient plus faciles et plus rapides, l'opérateur n'ayant pas besoin de parcourir systématiquement ces distances, mais leur multiplication apportait de nombreux moyens de vérification⁷⁵⁶.

Dans les levés de précision, l'utilisation de la mesure stadimétrique se développa rapidement pour l'étape de levé topographique à proprement parler – les mesures de distance effectuées lors des cheminements de la triangulation complémentaire étant toujours exécutées à la chaîne ou au ruban d'acier étalonné⁷⁵⁷. Remplaçant la traditionnelle mesure au pas, elle s'inscrivait, tout comme la généralisation du nivellement topographique, dans la dynamique d'instrumentation des levés topographiques qui caractérise la méthode des levés de précision.

4.1.3. Usage et innovation : l'institutionnalisation de la recherche technologique en topographie.

4.1.3.1. Un schéma d'innovation classique, basé sur les perfectionnements liés à l'usage.

Dans le dernier quart du 19^e siècle, le développement d'une méthode presque entièrement instrumentale de levé topographique du terrain fut intimement liée à une recherche technologique dominée par la figure du colonel du génie Charles-Moyse Goulier

⁷⁵⁶ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 313-316.

⁷⁵⁷ Voir infra, partie 2, chapitre 4.2.1.2.

(1818-1891)⁷⁵⁸. Pour permettre un nivellement instrumental, il mit au point la règle à éclimètre en 1875 et l'alidade holométrique juste avant sa mort en 1891, ainsi qu'un modèle de tachéomètre dès 1873. Comme je l'ai déjà montré, la conception de ces instruments ne s'écartait pas du schéma habituel de l'innovation technique en topographie. En particulier, l'importance des modifications imposées par l'usage s'inscrivait dans la tradition du perfectionnement perpétuel des techniques par la pratique, à l'image des instruments de géodésie du 18^e et du début du 19^e siècle dont chaque nouveau modèle intégrait de nouvelles modifications⁷⁵⁹.

Le développement de l'alidade holométrique est exemplaire de l'influence des besoins pratiques sur l'innovation technique. La règle à éclimètre elle-même avait déjà été mise au point par Goulier pour pallier à l'insuffisante précision de l'alidade nivelatrice pour les levés à grande échelle. Mais le colonel de la Noë, commandant de la brigade topographique du Dépôt des fortifications, avait rapidement signalé à Goulier que le grossissement et la puissance de la lunette étaient trop faibles pour les visées lointaines, comme l'avaient révélé la triangulation complémentaire de régions montagneuses ou les levés aux échelles moyennes en Algérie. De 1884 à sa mort en 1891, Goulier étudia alors les modifications nécessaires qui aboutirent à la conception de l'alidade holométrique.

4.1.3.2. L'intégration institutionnelle de l'innovation technologique.

Dans une perspective plus large, la particularité de l'innovation technique dans les levés de précision ne tient pas au « génie technique » du colonel Goulier si souvent souligné par les historiens traditionnels. L'implication des officiers dans le développement d'instruments topographiques n'était pas nouvelle. Depuis longtemps déjà, les fabricants d'instrument n'étaient plus les seuls à leur apporter des perfectionnements. En 1822 par exemple, le capitaine d'état-major de Lostende avait élaboré une boussole à éclimètre employée avec une stadia⁷⁶⁰. Les archives du génie débordent d'ailleurs de projets et de descriptions de nouveaux instruments de mesure ou d'observation.

A mes yeux, le véritable changement consistait dans l'intégration institutionnelle de l'innovation technologique, marquée par la création en 1878 d'un Dépôt d'instruments de précision au sein du Dépôt des fortifications. L'histoire officielle la rattache encore à une question de personne, puisque ce Dépôt aurait été créé « pour y retenir le colonel Goulier atteint par l'âge de la retraite, [... qui] le [dirigea] jusqu'en 1891 »⁷⁶¹. J'estime pourtant qu'elle témoigne d'une évolution structurelle qui dépasse largement un seul individu. Dans son objet et son fonctionnement même, le Dépôt d'instruments de précision constituait un véritable laboratoire de recherche et de fabrication. Son intégration à la structure même du service cartographique montrait l'importance nouvelle donnée non seulement à la mise au point des instruments, mais aussi à leur diffusion et à leur entretien, c'est-à-dire à la place de la mesure instrumentale dans la méthode des levés topographiques. L'innovation et le

⁷⁵⁸ Charles-Moyse Goulier (1818-1891) : « Professeur de topographie à l'Ecole d'application de l'artillerie et du génie de 1844 à 1875, il codifia en quelque sorte dans ses "Instructions pratiques" les règles à suivre par les opérateurs topographes. Nommé en 1875 chef du dépôt central des instruments de précision, il occupa ce poste jusqu'à sa mort. » *La Nouvelle carte de France*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1923, p. 85.

⁷⁵⁹ Voir supra, partie 1, chapitre 1.4.3.1.

⁷⁶⁰ Voir supra, partie 1, chapitre 3.2.1.3.

⁷⁶¹ *Le SGA. Op. cit.*, p. 54-55.

perfectionnement techniques menés au sein de ce laboratoire joua d'ailleurs un rôle crucial dans la précision et l'amélioration de l'efficacité de cette méthode.

A l'image du développement à peu près contemporain des laboratoires de recherche et développement dans l'industrie chimique ou électrique, l'intégration de la recherche technologique au service cartographique montrait le refus de tout déterminisme technique. La conception des instruments devait pouvoir être programmée en réponse à des besoins pratiques précis. J'ai déjà montré que l'innovation technologique fonctionnait ainsi dans le domaine de la topographie, avec une primauté systématique des méthodes sur les techniques nécessaires à l'application de ces méthodes. La création du Dépôt d'instruments de précision systématisait et institutionnalisait ce fonctionnement, dans une volonté nouvelle de privilégier l'aspect utilitaire de la cartographie en se donnant les moyens de développer les techniques nécessaires pour répondre aux besoins pratiques.

Il m'apparaît évident que la personnalité du colonel Goulier n'avait donc qu'une influence mineure dans la création du Dépôt. Celle-ci s'inscrivait en fait beaucoup plus dans la remise en cause générale de la conception fixiste de la cartographie, mais aussi dans la prise de conscience par les autorités de la spécificité du travail cartographique et de l'expertise technique que cette spécificité sous-entendait⁷⁶². Sous des formes et des appellations différentes, le Dépôt d'instruments de précision fut maintenu au Service géographique de l'armée, puis à l'Institut géographique national. Ainsi, le Service des fabrications d'optique et de topographie, qui assura la fabrication et la diffusion d'instruments pour toutes les armes pendant la première guerre mondiale⁷⁶³, joua un rôle essentiel dans l'affirmation des compétences de direction technique du SGA. L'arrêté du 20 septembre 1918 le transformait d'ailleurs en « un *Laboratoire central d'études et de recherches*, théoriques et pratiques, d'optique et d'instruments d'optique »⁷⁶⁴. La persistance même de ce service consacré aux instruments démontre l'importance du changement que sa création marquait, bien au-delà d'une simple histoire de personne.

4.2. Le renversement du rapport entre géodésie et topographie.

Jusqu'à la fin du 19^e siècle, la représentation partiellement géométrique du relief reposait essentiellement sur les données géodésiques, pour les raisons intimement liées de la prédominance de l'influence scientifique et de l'insuffisance du développement des techniques de nivellement topographique⁷⁶⁵. Seuls les points géodésiques donnaient des altitudes déterminées à partir de mesures instrumentales précises et les courbes de niveau qui structuraient le tracé des hachures sur la carte de France au 1 : 80 000 étaient extrapolées à partir d'un très faible nombre de points. Même si l'affirmation des préoccupations topographiques avait provoqué une certaine instrumentalisation de la géodésie, les levés restaient entièrement dépendants des données trigonométriques pour la détermination instrumentale des altitudes et donc la représentation géométrique du relief. La décision de baser non seulement les plans directeurs, mais aussi la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 sur les levés de précision imposa définitivement une

⁷⁶² Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.

⁷⁶³ Il fabriqua notamment 35 alidades holométriques, 9 250 alidades nivelatrices, ou encore environ 337 500 boussoles diverses. Pour un historique plus détaillé, voir Rapp. SGA 1914-19, p. 192-200.

⁷⁶⁴ Cité dans *Ibid.*, p. 197.

⁷⁶⁵ Voir supra, partie 1, chapitre 3.2.1.

nouvelle méthode dans les travaux à grande échelle du Service géographique de l'armée. En mettant l'accent sur les pratiques instrumentales dans les levés topographiques eux-mêmes, cette méthode remettait en cause la prédominance de la géodésie qui avaient structuré l'évolution de la cartographie scientifique depuis la fin du 17^e siècle. Son impact fut particulièrement important dans les Alpes, où la triangulation des ingénieurs géographes avait été singulièrement limitée dans sa précision par l'excentricité de la région couverte, ainsi que les conditions et l'urgence de sa réalisation après les annexions de 1860⁷⁶⁶. Les levés de précision imposèrent un complément systématique des données de la triangulation jugées insuffisantes pour les levés à grande échelle. Même si elles furent exécutées plus tôt dans les Alpes que dans la plupart des autres régions françaises, les opérations de la Nouvelle triangulation de la France, prometteuses du point de vue méthodologique, se trouvèrent rapidement limitées par les restrictions budgétaires. Dans ce contexte, la généralisation du nivellement topographique et du filage des courbes dans les levés de précision affirmèrent que la géométrisation complète du relief passait nécessairement par une indépendance instrumentale des levés topographiques.

4.2.1. L'insuffisance de la triangulation des ingénieurs géographes.

Les vérifications exécutées à l'achèvement de la nouvelle description géométrique de la France avaient démontré la précision inférieure de la triangulation par rapport aux attentes du milieu scientifique. Ces imprécisions bien identifiées et corrigées ne posaient cependant pas de véritables problèmes dans l'exploitation topographique des données géodésiques pour les levés au 1 : 40 000 de la carte de France⁷⁶⁷. Mais dans le dernier quart du 19^e siècle, le développement de levés topographiques à des échelles bien supérieures, que ce soient les levés de précision du Dépôt des fortifications ou les levés exécutés en complément des minutes de la carte d'état-major pour l'aménagement industriel, avait souligné certaines insuffisances de la triangulation des ingénieurs géographes. En particulier, les cotes d'altitude étaient trop espacées pour ces applications et présentaient une précision limitée par leur détermination à l'aide de visées très longues de plusieurs kilomètres. Les nivellements de précision, les triangulations complémentaires des levés de précision ou le projet d'une nouvelle triangulation pour les levés du cadastre et de la nouvelle carte de France répondaient tous au même besoin de compléter la triangulation officielle pour les levés de détails.

4.2.1.1. Les nivellements de précision : une réponse au nombre insuffisant de cotes géodésiques.

D'un point de vue topographique, l'industrialisation avait généré des besoins très différents de ceux qui avaient été pris en compte pour la définition des spécifications de la triangulation et de la carte de France au début du 19^e siècle. La précision du nivellement était particulièrement problématique pour les grands travaux d'infrastructure comme les chemins de fer ou les modifications de cours d'eau. Le conducteur des Ponts et Chaussées Paul Adrien Bourdalouë (1798-1868) avait montré la supériorité d'un nivellement du terrain effectué uniquement par des visées très courtes et répétées d'une centaine de mètres. Il avait ainsi « fondé » le nivellement moderne en formalisant la méthode d'observation par portées égales, consacrée par les opérations menées au canal de Suez. En France, elle

⁷⁶⁶ Voir supra, partie 1, chapitres 4.1 et 4.2.

⁷⁶⁷ Voir supra, partie 1, chapitre 3.1.2.

fut appliquée pour la réalisation du premier nivellement général afin d'appuyer l'essor des travaux publics lié à l'extension des voies navigables et au développement des chemins de fer. Exécuté entre 1857 et 1864 sous la direction de Bourdalouë, dont le nom fut d'ailleurs utilisé pour désigner le réseau ainsi déterminé, ce premier nivellement était formé de trente-huit polygones et long de quinze mille kilomètres⁷⁶⁸.

La réalisation rapide de ce nivellement montrait non seulement l'insuffisance critique de la triangulation des ingénieurs géographes pour les travaux à grande échelle dans un contexte technique radicalement différent de celui du début du 19^e siècle, mais aussi l'importance nouvelle prise par la détermination instrumentale de l'altitude. La même problématique dominait les opérations de levés de précision du Dépôt des fortifications : le réseau Bourdalouë fut donc naturellement utilisé comme base altimétrique pour ces levés, de préférence aux données trigonométriques de la nouvelle description géométrique de la France.

Le rôle fondamental des cotes d'altitude dans les grands travaux d'infrastructure favorisa une révision et une extension très précoce du nivellement Bourdalouë. Dès 1878, le ministre des Travaux publics créait une Commission centrale du nivellement dont la vocation était d'étudier l'exécution d'un nouveau réseau pour vérifier et compléter celui existant. Bien que fonctionnant depuis 1884 au ministère des Travaux publics, le Service du nivellement général de la France ne fut officiellement instauré qu'en 1891. Sa direction fut assurée depuis sa création officielle jusqu'en 1928 par l'ingénieur en chef des mines Charles Lallemand. Le réseau de 1^{er} ordre fut ainsi réalisé en neuf campagnes, entre 1884 et 1892. Il comprenait trente-deux polygones et plus de onze mille sept cent kilomètres de cheminements. Le niveau zéro du nouveau réseau, dit « zéro normal », fut déterminé par des observations marégraphiques à Marseille entre 1885 et 1897 : il correspondait à la cote 0,329 mètre de l'échelle du fort Saint-Jean, soit soixante et onze millimètres au-dessous du « zéro Bourdalouë » qui avait été fixé par une décision ministérielle de 1860 à la cote 0,40 de la même échelle⁷⁶⁹. Les nivellements du 2^e au 3^e ordre furent exécutés entre 1891 et 1922, donnant un réseau d'environ soixante-treize mille repères⁷⁷⁰, généralement répartis le long des cours d'eau et des voies de communication.

L'existence de ces nivellements, totalement indépendants des triangulations générales, permettait d'appuyer les levés topographiques sur d'autres cotes d'altitudes que celles déterminées par les opérations géodésiques. En acceptant le projet de nouvelle carte de France en 1897, la Commission centrale des travaux géographiques avait ainsi clairement spécifié que « le figuré du relief [serait] exprimé à l'aide de courbes de niveau équidistantes, s'appuyant sur les repères du nivellement général de la France en cours d'exécution »⁷⁷¹. Dans la pratique, les repères du nouveau nivellement ne furent utilisés qu'à partir de 1906 : les nouveaux levés de précision se basaient sur ces repères au fur et à mesure de leur détermination, puis les anciens levés furent peu à peu ramenés au nouveau nivellement. – c'est-à-dire que les données altimétriques étaient modifiées *a posteriori* à partir de la comparaison des données de la géodésie et du nivellement.

4.2.1.2. Le canevas général dans les levés de précision.

⁷⁶⁸ MONGOE Henri. Le système d'altitude IGN 1969. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 1980, 41, p. 10.

⁷⁶⁹ *Ibid.*.

⁷⁷⁰ *La Nouvelle carte de France. Op. cit.*, p. 82.

⁷⁷¹ Cité dans Rapp. SGA 1901, p. 10.

S'il satisfaisait les besoins limités de la représentation partiellement géométrique du relief sur la carte de France au 1 : 80 000, le réseau des points géodésiques de la triangulation des ingénieurs géographes s'avérait insuffisant pour appuyer les levés de précision, principalement au niveau du nombre de cotes. En raison des échelles employées, du 1 : 10 000 au 1 : 20 000, ceux-ci nécessitaient toujours des opérations trigonométriques locales au 4^e, voire 5^e ordre. La méthode employée au Dépôt des fortifications innovait donc en intercalant entre les opérations géodésiques et les levés topographiques proprement dits, la détermination d'un canevas général – parfois aussi appelé « de détail » ou « complémentaire » – pour appuyer ces levés, c'est-à-dire un réseau de points déterminés par des méthodes non géodésiques, mais dont la fonction était analogue aux points géodésiques dans la structuration du levé.

Selon l'échelle des levés et la nature du terrain, c'est-à-dire s'il s'agissait ou non d'une région montagneuse, ce canevas complémentaire était déterminé en une ou deux étapes. Dans les zones de parcours facile, les officiers établissaient un canevas général en complétant le réseau de la triangulation des ingénieurs géographes par des cheminements au tachéomètre entre les points géodésiques. Les cheminements étaient exécutés le long des voies de communication afin de pouvoir utiliser les repères du nivellement, qui donnaient des cotes plus précises et plus nombreuses que la triangulation des ingénieurs géographes⁷⁷² :

« La première [opération] consiste dans l'établissement d'un canevas général obtenu en partant de points géodésiques et dans des cheminements exécutés le long des côtés des polygones qui suivent généralement les routes et les principaux chemins. Sur ces voies de communication, on rencontre les repères des nivellements de précision, auxquels on les rattache pour le calcul des altitudes. On obtient ainsi un réseau de 10 à 16 kilomètres carrés, partagé en petits polygones dont la surface varie entre 600 et 1200 hectares. Sur leur périmètre on détermine, par une opération tachéométrique, les coordonnées géographiques et les cotes d'une série de stations repérées, distantes en moyenne de 200 mètres. Ce travail préliminaire est accompli au moyen de boussoles nivelantes ou de tachéomètres qui donnent les angles à 1' près. »⁷⁷³

Le colonel Goulier avait d'ailleurs spécialement conçu un modèle léger et maniable de tachéomètre, mis en service dès 1873, qui permettait une mesure précise des distances jusqu'à deux cents mètres⁷⁷⁴.

Dans les levés au 1 : 20 000 de régions montagneuses, les cheminements au tachéomètre n'étaient généralement possibles que dans le fond des vallées. Pour les zones d'accès difficile ou impossible, le canevas général était donc complété par « une triangulation graphique, s'appuyant sur des bases brisées constituées par des parties de cheminements, cette opération [se faisant] en stationnant aux sommets des cheminements et en relevant par intersection tous les objets qui [formaient] des signaux naturels ou artificiels »⁷⁷⁵. La planchette à calotte sphérique, plus stable, était utilisée avec une règle à éclimètre de grand modèle, puis avec une alidade holométrique après 1893.

⁷⁷² Réseau Bourdaloué jusqu'en 1906, puis Lallemand ensuite.

⁷⁷³ Rapp. SGA 1889, p. 12.

⁷⁷⁴ Le SGA. Op. cit., p. 53.

⁷⁷⁵ Rapp. SGA 1889, p. 14.

Le canevas général était ensuite « reporté sur une planchette, qui [recevait] en outre une réduction du cadastre à l'échelle »⁷⁷⁶ quand elle était disponible. Les levés topographiques proprement dits s'appuyaient alors sur le canevas général, mais par l'intermédiaire d'un canevas de détail exécuté par des procédés graphiques de relèvement. Le figuré du relief était assuré par le procédé du filage des courbes, ou par l'extrapolation de leur tracé à partir de nombreux points d'intersection pour les zones inaccessibles, et le dessin de la minute exécuté au crayon sur le terrain même « en vue d'en assurer la fidélité absolue »⁷⁷⁷.

4.2.1.3. Les triangulations complémentaires parfois nécessaires.

Dans les Alpes, la nature et l'état du réseau géodésique rendaient la situation encore plus complexe. D'une façon générale, la densité des points de la triangulation des ingénieurs géographes sur tout le territoire et la précision du 2^e et 3^e ordre dans la région alpine, très excentrée par rapport aux chaînes primordiales, étaient jugées insuffisantes pour établir directement un canevas de détail à partir de ces points. A cause des opérations réalisées dans l'urgence dans les territoires annexés en 1860, le réseau de points disponibles était particulièrement peu dense dans les Alpes du nord, en Savoie et Haute-Savoie. De plus, de nombreux signaux avaient disparu ou étaient trop détériorés pour être utilisés. Dans ces régions, les officiers topographes étaient donc régulièrement obligés d'exécuter de véritables triangulations complémentaires avant de pouvoir déterminer le canevas général. Réalisées au théodolite de reconnaissance ou au tachéomètre, leur méthode se différenciait radicalement de celle employée par les officiers géodésiens.

L'entreprise de la nouvelle triangulation, qui visait justement à compléter le réseau des ingénieurs géographes pour permettre les levés à grande échelle, ne modifia pas l'organisation des levés de précision, en grande partie à cause du retard pris dans les opérations de 2^e et 3^e ordre à la suite de la suppression des crédits spécifiques.

4.2.2. Le retard de la Nouvelle triangulation de la France.

4.2.2.1. La réitération, une nouvelle technique plus efficace.

Bien que présentées comme « parfaites » au début du 19^e siècle, les méthodes géodésiques employées pour la nouvelle description géométrique de la France avaient en fait montré certaines limites dans une triangulation générale de grande ampleur⁷⁷⁸. La géodésie avait donc connu de nouveaux perfectionnements dans la deuxième moitié du siècle, toujours poussés par l'intérêt constant des scientifiques pour la détermination des dimensions de la Terre. Ceux-ci avaient été mis en pratique par les officiers géodésiens du Dépôt de la guerre pour la triangulation primordiale de l'Algérie et de la Tunisie, puis appliqués à la nouvelle mesure de la méridienne exécutée dans le cadre d'une jonction entre les réseaux européens et africains⁷⁷⁹. L'utilisation de l'ellipsoïde de Clarke 1880,

⁷⁷⁶ *Ibid.*, p. 12.

⁷⁷⁷ *La Nouvelle carte de France. Op. cit.*, p. 87.

⁷⁷⁸ Voir supra, partie 1, chapitre 3.1.2.1.

⁷⁷⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.1.2.

jugée « plus exacte »⁷⁸⁰, avaient permis d'augmenter la précision de l'ensemble des calculs de la triangulation, alors que l'emploi de signaux héliotropiques⁷⁸¹ pour les observations diurnes, puis dès 1875 le recours à des observations nocturnes utilisant des collimateurs optiques⁷⁸², avaient amélioré la précision des mesures. Mais le principal perfectionnement résidait dans l'emploi de la méthode de la réitération, qui affinait les techniques géodésiques sans toutefois en changer les principes fondamentaux.

La triangulation des ingénieurs géographes avait marqué la généralisation de la méthode de la répétition en France⁷⁸³, mais au cours du 19^e siècle, une méthode jugée plus efficace avait été adoptée dans d'autres pays européens : la réitération. Introduite et enseignée en France par Faye, membre de l'Institut, elle fut utilisée pour la première fois au Dépôt de la guerre par le capitaine Perrier en Algérie (1861-1869), qui réussit malgré les résistances « traditionalistes » à se faire fabriquer en 1867 un petit cercle azimutal réitérateur.

La méthode de la réitération consistait, comme celle de la répétition, à mesurer plusieurs fois l'angle, mais au lieu d'ajouter ces mesures les unes à la suite des autres sur le limbe et de n'en faire qu'une seule lecture, les mesures étaient effectuées de façon indépendante à partir de différents traits équidistants sur le limbe. Chaque mesure pouvant ainsi être vérifiée, une erreur importante était aussitôt corrigée, alors qu'elle se répercutait sur l'ensemble des mesures avec la méthode de la répétition. De plus, la réitération limitait les mouvements du limbe, d'autant plus que les mesures étaient effectuées alternativement dans un sens puis dans l'autre pour éviter les erreurs d'entraînement. Il en résultait une exécution plus simple et plus sûre, qui permettait une construction moins complexe des instruments et limitait donc les possibilités d'erreurs mécaniques.

Les premiers instruments réitérateurs utilisés en France furent des cercles azimutaux construits par Brunner, d'abord pour les opérations de Perrier en Algérie, puis perfectionnés pour celles de la méridienne de France. Conçus pour des opérations primordiales, ces cercles étaient beaucoup plus simples que les cercles ou théodolites répéteurs, d'abord parce que la réitération ne nécessitait pas une construction aussi complexe que la répétition, mais aussi parce que pour les opérations primordiales, l'usage avait finalement préféré l'emploi d'instruments spécifiques pour chaque type de mesure. Ces cercles azimutaux ne comportaient donc ni cercle vertical ni cercle horizontal pivotants pour les mesures zénithales qui étaient effectuées avec un théodolite réitérateur. Ce même instrument servait pour les mesures zénithales et azimutales des opérations de 2^e ordre. Deux modèles furent successivement employés, le premier construit par Brunner, le deuxième par l'atelier de précision de la section de géodésie du Service géographique de l'armée, décliné en un grand modèle et un modèle de campagne et de reconnaissance, dont le cercle horizontal

⁷⁸⁰ Les géodésiens appellent géoïde la surface de référence de la Terre, comprenant le relief. Très irrégulière, elle ne permet pas une manipulation mathématique facile, si bien qu'ils utilisent de préférence une ellipsoïde dont les caractéristiques sont choisies pour qu'elle soit le plus proche possible du géoïde. Le Dépôt de la guerre adopta l'ellipsoïde de Clarke 1880 dit « français » parce qu'il diffère de l'ellipsoïde de Clarke 1880 utilisé en Angleterre. Le taux d'aplatissement admis pour l'ellipsoïde de Clarke 1880 français était de 1/293, contre 1/308 pour l'ellipsoïde utilisé précédemment (l'aplatissement est la valeur $(a-b)/a$, où a est le grand axe et b le petit axe de l'ellipsoïde).

⁷⁸¹ Signaux réfléchissant et concentrant la lumière solaire.

⁷⁸² Les collimateurs optiques étaient formés d'une lampe placée au foyer principal d'une lentille convergente envoyant un signal lumineux avec une très faible dispersion.

⁷⁸³ Voir supra, partie 1, chapitre 1.4.3.2.

ne mesurait que 14,5 cm et qui pouvait être transporté à dos d'homme dans une petite boîte de 24 x 36 cm.

4.2.2.2. La lente réalisation de la nouvelle triangulation.

Même si de nombreux spécialistes ne la jugeaient pas indispensable – en grande partie grâce à la généralisation des canevas complémentaires dans les levés de précision –, la nouvelle triangulation de la France fut commencée immédiatement après son acceptation par la Commission du cadastre en 1898⁷⁸⁴, afin d'appuyer les levés cadastraux et les levés de précision. Complétant la nouvelle mesure de la méridienne, les opérations primordiales furent reprises sous la direction du colonel Bassot, chef de la section de géodésie du SGA, juste avant sa nomination à la direction du service. Si les signaux des ingénieurs géographes avaient été entretenus, une compensation d'ensemble à partir de quelques nouvelles mesures (notamment le parallèle moyen et celui de Rodez) aurait pu être envisagée pour les 1^{er} et 2^e ordres, mais la plupart de ces signaux avaient disparu⁷⁸⁵. Le nouveau réseau s'appuyait donc sur huit nouvelles chaînes primordiales : les méridiennes de Paris, Lyon et Bordeaux ; les parallèles de Paris, Lyon (de Clermont à la Savoie), Rochefort (de Guéret à la Rochelle), Avignon (de Castres à Nice), Toulouse (d'Albi à Bayonne)⁷⁸⁶.

Après la suppression des crédits spécifiques en 1907, les travaux furent continués sur le seul budget du SGA⁷⁸⁷ et connurent un ralentissement important. Au déclenchement de la première guerre mondiale, seules quelques portions des chaînes primordiales avaient pu être établies : « la partie des parallèles de Paris et de Lyon, à l'est de la grande méridienne, une courte portion du parallèle d'Amiens, la méridienne de Lyon, entre les parallèles de Paris et de Marseille, et la partie du parallèle d'Avignon, située entre cette dernière chaîne et la frontière des Alpes ainsi que son rattachement à la triangulation italienne »⁷⁸⁸.

Après la guerre, la situation était encore compliquée par la dévastation d'une partie du territoire à laquelle n'avaient pas échappé les signaux géodésiques, et par le manque de géodésiens, sept étant morts au front et les autres ayant souvent obtenu des grades supérieurs les entraînant vers une autre carrière. Directeur de la section de géodésie depuis 1919, le lieutenant-colonel Georges Perrier⁷⁸⁹, fils du général Perrier, forma un nouveau corps de géodésiens, dont l'instruction fut assurée par les travaux dans les pays d'outre-mer, et reprit la nouvelle triangulation à partir de 1924. « Le parallèle d'Amiens fut poussé jusqu'à la frontière de Belgique et relié à la triangulation de ce pays, le parallèle d'Avignon achevé [...] la méridienne de Lyon [...] prolongée vers le nord, le parallèle de Paris [...] prolongé vers l'est jusqu'au Rhin et vers l'ouest, enfin la partie orientale du parallèle de Bourges [...] établie. »⁷⁹⁰ Mais l'avancée des travaux restait très lente faute de crédits, et « il n'existait en 1940, 42 ans après le début des travaux, que le 1^{er} ordre de chaîne de la moitié Est

⁷⁸⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.1.3.

⁷⁸⁵ Le SGA. *Op. cit.*, p. 66.

⁷⁸⁶ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 53.

⁷⁸⁷ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.2.1.

⁷⁸⁸ Le SGA. *Op. cit.*, p. 90.

⁷⁸⁹ Georges Perrier (1872-1946) : géodésien français, il enseigna notamment la géodésie et l'astronomie à l'École polytechnique.

⁷⁹⁰ Le SGA. *Op. cit.*, p. 90.

et le 1^{er} ordre complémentaire des régions Nord-Est et Est »⁷⁹¹, alors que le réseau de détail n'avait été établi que dans une partie des régions où avaient été exécutés les levés topographiques de la nouvelle carte de France.

4.2.3. Les Alpes, une région privilégiée pour les opérations géodésiques.

Contrairement à la triangulation des ingénieurs géographes dont la réalisation avait montré le désintérêt des militaires et des scientifiques pour les régions alpines⁷⁹², la nouvelle triangulation de la France fut exécutée en priorité dans les régions frontalières de l'est de la France, afin d'appuyer les levés de précision nécessaires aux militaires, notamment dans les Alpes du nord. Cet intérêt nouveau se traduisit par l'adoption d'une méthode adaptée aux conditions de travail en haute montagne et par la réalisation rapide des opérations de 1^{er} ordre, soutenue par l'intégration du réseau « indépendant » de Paul Helbronner pour remédier au ralentissement des travaux provoqué par les restrictions budgétaires – qui touchèrent d'ailleurs surtout les opérations de 2^e et 3^e ordre.

4.2.3.1. Une méthode adaptée aux conditions de la haute montagne.

Le désintérêt des scientifiques et des militaires pour les régions montagneuses s'était traduit dans la réalisation du 1^{er} ordre de la triangulation des ingénieurs géographes par un rythme de travail et une méthode totalement inadaptés aux conditions de la haute montagne⁷⁹³. Au contraire, les opérations de la nouvelle triangulation dans les Alpes montrèrent l'évolution considérable du rapport à la haute montagne : non seulement elles pouvaient compter sur une connaissance très nettement accrue des régions alpines, mais la direction du SGA était plus inclinée à concevoir les difficultés du travail dans de telles régions et accepta facilement les multiples adaptations de la méthode employée sur le reste du territoire que développèrent les officiers géodésiens.

Pour les ascensions, les porteurs étaient pratiquement toujours issus des troupes alpines, mais l'emploi d'un guide était obligatoire. Comme dans l'alpinisme classique, celui-ci faisait autorité pour l'itinéraire et la technique alpine, et porteurs comme officiers devaient lui obéir strictement. La reconnaissance et la construction de signaux étaient autant que possible effectuées en même temps, pour éviter la répétition des ascensions. Mais le mauvais temps retardait souvent les travaux et surchargeait des programmes trop optimistes, qui se trouvaient régulièrement aménagés en fonction des conditions météorologiques, remettant à plus tard ou à l'année suivante les stations impraticables à cause de la neige ou de la brume. La plupart du temps, l'officier principal et l'officier adjoint travaillaient parallèlement sur un même signal, en station haute et en station basse, pour limiter le nombre d'ascensions et profiter du beau temps. Cette organisation spéciale fut maintenue pendant toutes les opérations primordiales dans les Alpes.

Le matériel utilisé était standard : cercle azimutal et théodolite réitérateur pour le 1^{er} ordre, théodolite réitérateur seul pour le 2^e et 3^e ordre. Mais le transport des instruments posa rapidement des problèmes lors des ascensions à des altitudes supérieures à trois mille ou quatre mille mètres, durant lesquelles les mulets ne pouvaient pas servir. Une

⁷⁹¹ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 54.

⁷⁹² Voir supra, partie 1, chapitre 4.1.

⁷⁹³ Voir supra, partie 1, chapitre 4.1.

boîte à bretelle légère de seulement neuf kilogrammes fut par exemple bricolée par les officiers pour remplacer la boîte réglementaire du théodolite qui pesait quarante-deux kilogrammes⁷⁹⁴. Seules les techniques de construction furent modifiées par la direction elle-même pour répondre aux difficultés de transport : les piliers de maçonnerie, dont le matériau était trop difficile à acheminer aux signaux, furent remplacés par des piliers démontables spécialement mis au point dans les ateliers du SGA.

L'utilisation des miroirs en des points élevés nécessitait le plus souvent deux hommes, mais les bonnes conditions de lisibilité, liées à l'atmosphère et au relief accidenté, permettaient de se contenter des mires quadrangulaires jusqu'à des distances de soixante-dix kilomètres⁷⁹⁵. Une fois les ascensions réussies, les visées entre sommets élevés étaient donc relativement faciles. La véritable difficulté technique des opérations en haute montagne résidait en fait dans la détermination des points de 3^e ordre dans les vallées, essentiels pour les levés, qui nécessitait de nombreuses stations auxiliaires⁷⁹⁶ : ces points « répartis sur les sommets et les fonds de vallée, souvent près de l'origine du thalweg de petits affluents, sur les cols et les changements de pente, [rendaient] le travail difficile, long et pénible », mais aussi le « différenciat de tous les travaux primitivement exécutés dans cette région » qui se limitaient aux sommets élevés. Les programmes d'opération se trouvèrent ainsi souvent simplifiés, le nombre de points étant réduit par la nécessité.

4.2.3.2. Les opérations de 1^{er} ordre et les jonctions avec les triangulations étrangères et indépendantes.

Les opérations primordiales furent exécutées assez rapidement dans les régions alpines. Dans sa portion qui concernait les Alpes, la mesure de la méridienne de Lyon fut achevée avant 1914. La reconnaissance ayant été effectuée en 1904, deux officiers géodésiens menèrent en même temps la construction des signaux et les stations jusqu'à hauteur du parallèle moyen entre 1905 et 1907. Les mesures étaient réalisées avec un cercle azimutal de trente centimètres de diamètre et un grand théodolite réitérateur de Brunner pour les distances zénithales, les visées étant faites soit avec une mire en bois, soit avec des miroirs qui demandaient plus de personnel mais assuraient une plus grande précision. La mesure de la méridienne fut reprise en 1910 puis en 1912 par deux officiers travaillant toujours en parallèle, et des stations furent ainsi effectués à la Charpenne, au Taillefer, au Granier et au Grand Colombier⁷⁹⁷.

Pendant ces opérations, et en vue de la jonction des triangulations française, italienne et suisse, des signaux avaient été construits en 1906 à la Tournette et au Bellachat et des observations effectuées en 1912 à partir de la station du Grand Colombier. Le SGA monta un projet de rattachement en 1914, suite à la demande du Bureau topographique fédéral suisse de pouvoir exécuter quelques stations sur le territoire français pour la triangulation appuyant les levés cadastraux suisses. Les sommets de rattachement entre les triangulations française et suisse se trouvant tous sur le territoire français, les ingénieurs suisses purent l'effectuer sans problème. D'un point de vue politique, le projet de rattachement avec la triangulation italienne fut facilité par le rapprochement entre la France et l'Italie depuis la fin

⁷⁹⁴ Rapp. SGA 1909, p. 8.

⁷⁹⁵ Rapp. SGA 1908, p. 2-3.

⁷⁹⁶ Rapp. SGA 1909, p. 6.

⁷⁹⁷ Le côté joignant ces deux derniers sommets était commun à la méridienne et au parallèle de Lyon.

du 19^e siècle. Mais de nombreux signaux avaient été détruits et les opérations déjà difficiles furent compliquées par la neige très tardive et des problèmes de localisation des sommets employés par les Piémontais et les Autrichiens lors du précédent rattachement au début du 19^e siècle⁷⁹⁸. Finalement, les événements politiques empêchèrent d'achever les opérations sur le terrain⁷⁹⁹.

Après la guerre, la disparition de nombreux officiers-géodésiens et les importantes destructions causées par le conflit dans les régions du nord-est focalisèrent les travaux sur la formation de nouveaux officiers et la reconstruction des signaux. Les opérations dans les Alpes ne reprirent qu'à la fin des années vingt. Le parallèle de Lyon fut ainsi compensé dans sa partie est en 1927, et les opérations primordiales sur le parallèle moyen achevées en 1928. Le rattachement avec les réseaux suisse et italien put enfin être réalisé, entre Annecy et le Val d'Aoste pour l'Italie, avec des visées depuis les « stations extrêmes du parallèle [vers] les sommets, situés dans le Piémont, de la Grande Rochère (3.326 mètres) et de Becca di Tos (3.302 mètres) », et pour la Suisse « au sud du lac de Genève, sur deux côtés, Cuerme-Trélod et Trélod-Colloney, reliés directement au parallèle moyen »⁸⁰⁰.

Les sommets choisis pour la jonction avec le réseau suisse permirent également de réaliser dans d'excellentes conditions le rattachement avec le réseau primordial du « géodésien-alpiniste » Paul Helbronner⁸⁰¹. Les possibilités de stations intéressantes étaient certes limitées, mais des deux côtés s'exprimait une volonté de favoriser un éventuel raccordement. Helbronner avait ainsi stationné sur plusieurs sommets de la triangulation des ingénieurs géographes, également employée par le SGA pour la nouvelle triangulation. De son côté, le SGA prévoyait « d'incorporer au réseau primordial officiel une partie de la triangulation de 1^{er} ordre qui, dans l'œuvre de M. Helbronner, [constituait], sous le nom de méridienne des Alpes, un large enchaînement depuis le lac de Genève jusqu'à la côte méditerranéenne, entre Toulon et la frontière italienne », « en vue notamment de l'utilisation future, pour les levés topographiques, des nombreux points de 3^e ordre dont ce géodésien [avait] déterminé les coordonnées »⁸⁰². Entre 1927 et 1928, le Service choisit donc spécialement les sommets de la méridienne d'Helbronner les plus aptes à s'insérer dans son réseau avant d'effectuer ses opérations en Savoie. Les cinq sommets stationnés par les officiers géodésiens en 1928 appartenaient ainsi aux deux réseaux, notamment le Colloney utilisé pour le raccordement avec la Suisse. La triangulation d'Helbronner se trouvait ainsi rattachée à la nouvelle triangulation française par six sommets communs dans les Alpes du nord, cinq dans les Alpes du sud, ainsi qu'un sommet de 1^{er} ordre complémentaire au Pelvoux, situé à mi-distance entre les parallèles de Lyon et d'Avignon, qui servait de centre aux deux triangulations⁸⁰³.

Sur le terrain, les opérations primordiales de la nouvelle triangulation française s'achevèrent ainsi dans les Alpes en 1928, vingt-quatre ans après leur commencement. Un

⁷⁹⁸ Voir supra, partie 1, chapitre 4.1.1.2.

⁷⁹⁹ Rapp. SGA de 1907, 1910, 1912, 1914.

⁸⁰⁰ Rapp. SGA 1928-29, p. 9-10.

⁸⁰¹ Paul Helbronner réalisa, grâce à la fortune de sa belle famille, une description géométriques des Alpes françaises, essentiellement dans le cadre de la Commission de topographie du CAF. Voir infra, partie 3, chapitre 1.3.1.

⁸⁰² Rapp. SGA 1926-27, p. 15.

⁸⁰³ *Ibid.*, p. 15-17.

ajustement général du 1^{er} ordre d'Helbronner fut toutefois effectué en 1934-35 pour assurer davantage encore son rattachement au réseau primordial du SGA⁸⁰⁴.

4.2.3.3. Les opérations de 2^e et 3^e ordre : un réseau de détail dépendant des besoins topographiques.

Dans le projet initial, les 1^{er} et 2^e ordre de la nouvelle triangulation ne devaient consister qu'en une réfection de la triangulation des ingénieurs géographes. Le 3^e ordre devait par contre être entièrement repris et former ainsi la majeure partie du travail. Mais en plus de la suppression des crédits, les conditions de conservation des signaux obligèrent à refaire une grande partie des opérations de 1^{er} et 2^e ordre, dont la réfection se révéla impossible dans de nombreuses régions. Les travaux s'en trouvèrent considérablement ralentis, particulièrement pour les opérations de détail (2^e et 3^e ordre) : elles furent effectuées jusqu'en 1907 en fonction des besoins très limités du cadastre, puis à partir de 1908 uniquement et spécialement en vue de l'établissement de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Elles concernèrent donc principalement les frontières de l'est privilégiées pour les levés de précision, et notamment les Alpes du nord.

Pour appuyer la révision des plans directeurs et les nouveaux levés de précision, des triangulations de détail, rattachées à la méridienne de Lyon, furent ainsi exécutées, d'abord dans la région de Grenoble en 1908, puis dans le massif de l'Oisans entre 1909 et 1912, la jonction entre les deux réseaux étant assurée pour le 2^e ordre en 1913⁸⁰⁵. L'extension de la triangulation de l'Oisans vers le sud fut commencée en 1914, mais ralentie par le mauvais temps et interrompue par la guerre, elle ne fut achevée que dans les années vingt. Finalement, ces triangulations de détail ne couvraient pas toutes les zones des Alpes du nord concernées par des levés de précision, notamment dans le massif des Bauges entre Chambéry et Annecy, et dans le massif de la Vanoise. Les brigades géodésiques des années vingt et trente tentèrent de réduire le retard tout en fournissant les données pour les nouveaux levés, en opérant dans les régions de Thonon et de Bonneville (1932-33), d'Annecy et de Chambéry (1934).

Théoriquement, le réseau de détail ne devait donc être « poursuivi qu'en vue de la nouvelle carte de France, au fur et à mesure des besoins de la topographie »⁸⁰⁶. J'interprète ce changement dans la hiérarchisation des travaux comme une évolution fondamentale de la cartographie topographique : elle ne servait plus seulement à « remplir les triangles » pour tirer partie des travaux géodésiques, pour reprendre la formule de Picard à la fin du 17^e siècle, mais elle devenait l'objet principal du service cartographique officiel, auquel étaient annexées des opérations géodésiques toujours fondamentales pour structurer les travaux topographiques, mais perçues dans une perspective nettement plus

⁸⁰⁴ Rapp. SGA 1934-35, p. 72.

⁸⁰⁵ Curieuse ironie de l'histoire, parmi les officiers géodésiens qui travaillèrent dans l'Oisans et notamment au Grand-Pelvoux, se trouvait en 1909, 1910 et 1911, un capitaine Durand, semble-t-il sans lien familial avec l'officier géodésien du Dépôt de la guerre. Le silence du SGA sur cette coïncidence confirme d'ailleurs mon hypothèse d'une négation officielle des difficultés des opérations de 1^{er} ordre de la triangulation des ingénieurs géographes – et donc du mérite des officiers géodésiens comme Durant (voir supra, partie 1, chapitre 4.1). Rapp. SGA 1914, p. 8.

⁸⁰⁶ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 54.

utilitaire. Les opérations de levés topographiques étaient ainsi affirmées comme l'étape centrale du processus cartographique, au cours de laquelle se construisait véritablement la représentation géométrique du terrain.

4.2.4. Le rôle central des levés topographiques dans la généralisation d'une représentation entièrement géométrique du relief.

4.2.4.1. Des levés topographiques détachés de leur base géodésique.

Dans la carte de France au 1 : 80 000, les points géodésiques structuraient fortement les levés topographiques, en particulier au niveau de l'altimétrie où ils constituaient pratiquement les seuls points dont l'altitude avait été déterminée par des méthodes instrumentales. Dans une certaine mesure, je considère que les levés topographiques constituaient une sorte d'habillage du réseau trigonométrique – ce que Picard appelait « remplir les triangles » – dans lequel la mesure instrumentale, et donc la représentation géométrique, intervenait en définitive très peu. Même si la réalisation des 2^e et 3^e ordre de la triangulation des ingénieurs géographes, qui n'intéressait pas les savants, démontrait une certaine instrumentalisation de la géodésie au profit de la topographie⁸⁰⁷, les levés restaient totalement dépendants des opérations géodésiques.

Au contraire, les levés de précision se concevaient dans une relative indépendance de la triangulation, qui se manifestait dans le développement des triangulations complémentaires et surtout la réalisation systématique d'un canevas général précédant les levés proprement dits. Ainsi, les plans directeurs levés avant le début des travaux de la nouvelle triangulation en 1898 représentaient une surface équivalente à un douzième du territoire français⁸⁰⁸ en se basant sur une triangulation des ingénieurs géographes notoirement inadaptée aux levés à grande échelle. La méthode des levés de précision avait donc évolué pour tenir compte de cette inadaptation. Le canevas général dont la détermination précédait les levés topographiques n'était pas seulement un complément du réseau trigonométrique : il incorporait les corrections des irrégularités locales de la triangulation, définies notamment par l'étude de Louis Puissant, et de nouvelles cotes d'altitude déterminées par le nivellement Bourdalouë. Non seulement les levés topographiques n'étaient plus un simple « remplissage » des triangles déterminés par les opérations géodésiques, mais ils apparaissaient aussi comme une opération indépendante de la géodésie, dans le sens où une appréciation pouvait être portée sur la valeur des données géodésiques, et entraînait des modifications significatives. Selon moi, ce changement marquait le début d'une évolution fondamentale des levés topographiques qui se détachaient ainsi de leur base strictement géodésique.

J'estime que la meilleure preuve de cette séparation entre les opérations géodésiques et topographiques reste l'exploitation de différentes triangulation pour les levés de précision destinés à la nouvelle carte de France après 1897. Elle fut d'ailleurs particulièrement développée dans les Alpes, où le réseau des ingénieurs géographes avait une précision et une densité très insuffisantes pour les levés à grande échelle. Dans certains cantons, les officiers topographes utilisèrent « les abondantes triangulations cadastrales », opérations récentes « rattachées à des sommets de la triangulation de la carte de l'Etat-Major »⁸⁰⁹.

⁸⁰⁷ Voir supra, partie 1, chapitre 3.1.2.

⁸⁰⁸ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 294-295.

⁸⁰⁹ Rapp. SGA 1906, p. 21.

Ils employèrent également avec profit les triangulations exécutés par les topographes-alpinistes les plus compétents, essentiellement celle que Paul Helbronner était en train d'exécuter sur toute la chaîne des Alpes françaises, et dans une moindre mesure celle qu'Henri et Joseph Vallot avaient réalisée pour leur carte du massif du Mont Blanc, parce que très peu de levés concernèrent le massif du Mont Blanc avant la fin des années trente.

L'exploitation de données géodésiques externes au SGA pour les levés topographiques témoignait de la place moins importante occupée par les opérations géodésiques dans le projet et le processus de réalisation de la nouvelle carte de France. Contrairement à celles de la carte d'état-major, les feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 furent souvent levées et dressées sans l'appui de la nouvelle triangulation ou à partir de résultats provisoires. Dans les Alpes, ce ne fut qu'à partir de 1909-1910 que les premiers résultats de la nouvelle triangulation, dans la région de Grenoble et le massif de l'Oisans, permirent peu à peu au canevas de détail des levés de ces zones de s'appuyer sur des opérations géodésiques spécialement exécutées pour la nouvelle carte de France. Mais dans de nombreuses régions, des triangulations complémentaires importantes étaient toujours effectuées avec des calculs provisoires, comme par exemple dans l'Oisans en 1910 et le Taillefer en 1911.

Comme pour le nivellement Lallemand qui fut intégré aux anciens levés de précision après 1906, les levés déjà exécutés de la nouvelle carte de France furent ramenés à la nouvelle triangulation quand les opérations et calculs concernant les régions qu'ils couvraient étaient achevés. Ainsi, pour les régions levées avant d'avoir été atteintes par la réfection du réseau géodésique, un système de transformation entre les bases géodésiques anciennes utilisées lors des levés sur le terrain et les nouvelles bases déterminées par les opérations géodésiques, fut mis au point en 1922 : « des formules théoriques, complétées par des comparaisons empiriques locales, [permettait] de transformer les coordonnées des points de l'ancien réseau pour les ramener au nouveau, en tenant compte de la différence des éléments de départ et des ellipsoïdes. »⁸¹⁰ Puis quand les opérations primordiales furent achevées, les données définitives servirent à reprendre les calculs des triangulations de détail plus anciennes dont les résultats étaient provisoires, comme celles de l'Oisans et du Pelvoux⁸¹¹.

Les opérations géodésiques et topographiques étaient ainsi de plus en plus souvent exécutées non seulement en parallèle, mais surtout en différé, dans le sens inverse du processus cartographique « classique ». Selon moi, cette nouvelle organisation confirmait la plus grande indépendance des levés topographiques vis-à-vis de la triangulation. A l'image de ce qui fut effectuée pour la nouvelle triangulation dans les Alpes, celle-ci devenait un simple système de référence qui pouvait parfaitement être intégrée *a posteriori*, en ramenant les données trigonométriques utilisées pour les levés au nouveau réseau. Cette nouvelle indépendance des levés topographiques était possible, d'abord parce que le canevas de détail pouvait être déterminé en n'utilisant que les données géodésiques de 1^{er} ordre, grâce à la généralisation des triangulations complémentaires, ensuite parce que l'essentiel des mesures instrumentales nécessaires à une représentation entièrement géométrique du relief était effectuée par des méthodes topographiques.

4.2.4.2. La préparation : triangulation complémentaire et canevas général.

Les limites de la triangulation des ingénieurs géographes, en particulier dans les Alpes, puis l'exploitation de plusieurs réseaux trigonométriques plus ou moins avancés nécessitent

⁸¹⁰ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 54.

⁸¹¹ Rapp. SGA 1934-35, p. 72-73.

de modifier la méthode des levés de précision pour adopter une nouvelle organisation, qui reproduisait à une échelle temporelle et spatiale moindre l'organisation traditionnelle en deux étapes géodésique et topographique distinctes – à la seule différence, de taille, que l'étape de triangulation n'était plus à proprement parler *géodésique* compte tenu des méthodes employées. Au début du 20^e siècle, les brigades de levé topographique du SGA systématisèrent rapidement la division de leur travail entre une phase dite de *préparation*, durant laquelle étaient exécutés les triangulations complémentaires éventuelles et les canevas de détail des régions dont le levé était programmé pour les années suivantes, et une phase de levés topographiques s'appuyant sur les préparations exécutées les années précédentes.

Les opérations de préparation étaient généralement menées par les officiers expérimentés du SGA qui assuraient également l'encadrement des brigades. L'expérience de la première décennie du 20^e siècle montra que l'absence de compensation générale de la triangulation des ingénieurs géographes pouvait provoquer des écarts importants (jusqu'à six ou sept mètres) entre les positions relatives de signaux dont la position avait été déterminée à partir de bases différentes⁸¹². Dans les années vingt, les *triangulations complémentaires* se transformèrent donc en une « véritable révision d'ensemble de la triangulation des Ingénieurs-Géographes »⁸¹³ : le réseau primordial étant le seul considéré « exact », les points du 2^e et 3^e ordre étaient successivement compensés par la méthode graphique du point approché, afin de constituer « un réseau bien homogène [...] dont les points [étaient] en concordance »⁸¹⁴ avec une précision suffisante pour les levés topographiques en attendant les résultats de la nouvelle triangulation.

Ce canevas géodésique servait de base à la détermination des points du 4^e et 5^e ordre nécessaires aux levés de précision : effectuée par cheminements au tachéomètre (méthode tachéométrique) ou par intersection à l'alidade holométrique (méthode graphique), cette opération était selon le cas appelé *préparation tachéométrique* ou *triangulation graphique*, plus généralement *triangulation de remplissage*.

L'étape de préparation permettait ainsi que, « grâce aux précautions spéciales prises depuis 1922 par la Section de Topographie, les levés dressés dans les régions non encore atteintes par le nouveau réseau [aient] une valeur définitive »⁸¹⁵. Au cours des années trente, avec le développement des levés photographiques terrestres et aériens⁸¹⁶, la séparation entre les phases de préparation et de levé se systématisa au point qu'au sein du service des levés aux grandes échelles du SGA (section de topographie) furent formées des brigades uniquement consacrées à la préparation, comme par exemple la 3^e brigade de triangulation complémentaire et préparation tachéométrique qui travailla sur les feuilles de St-Julien-en-Genevois (XXXIII-29) et Seyssel (XXXIII-30) sous la direction du capitaine Prudhon en 1934⁸¹⁷.

⁸¹² Rapp. SGA 194-25, p. 22-23.

⁸¹³ *Ibid.*, p. 22.

⁸¹⁴ *Ibid.*, p. 23-24.

⁸¹⁵ *Ibid.*, p. 21-26.

⁸¹⁶ Voir infra, partie 3, chapitre 3, et partie 4, chapitre 2.

⁸¹⁷ Rapp. SGA 1934-35, p. 75.

4.2.4.3. Une représentation géométrique du relief fondée sur des méthodes topographiques.

Dans les levés de précision, les officiers exécutaient le levé de détail à la planchette déclinée pour déterminer la planimétrie (ou la compléter si le cadastre avait pu fournir des réductions) et figurer le relief en courbes de niveau équidistantes. Ils procédaient essentiellement par *cheminements* et *rayonnements* à partir de stations sur les points du canevas général, sauf en montagne où le levé se faisait principalement par des *relèvements* : ce procédé, qui consistait à déterminer graphiquement la position et l'altitude d'un point en traçant sur la minute les directions indiquées par l'alidade, donnait une précision jugée suffisante. Les courbes de niveau étaient *filées* sur le terrain comme la planimétrie, c'est-à-dire que les officiers les levaient par nivellement direct en les suivant par points successifs quand le cheminement était possible. La méthode du filage en elle-même ne différait pas de celle employée lors des premiers levés en courbes de niveau exécutés par le génie au début du 19^e siècle, sauf que les points de base n'étaient pas déterminés par des mesures barométriques mais tachéométriques. Pour les zones inaccessibles, les courbes étaient tracées sur la minute à partir d'un grand nombre de points déterminés par relèvement.

Dans la méthode employée pour les levés de la carte d'état-major, seule la planimétrie était déterminée par intersection graphique ; le figuré du relief se fondait essentiellement sur les seuls points géodésiques, complétés par des observations et de rares mesures d'angles de pente. Au contraire, la méthode des levés de précision déterminait la position et l'altitude de nombreux points par une accumulation de mesures instrumentales ou d'intersections graphiques : points géodésiques des triangulations générales, cotes d'altitude des nivellements, points déterminés au tachéomètre ou à l'alidade holométrique de la triangulation complémentaire et du canevas général, points nivelés sur le terrain lors du filage des courbes ou obtenus par des relèvements toujours plus précis que l'extrapolation effectuée au bureau. La représentation du relief en elle-même ne reposait que sur des points déterminés par des méthodes topographiques. En particulier, les courbes de niveau n'étaient plus seulement extrapolées à partir de points géodésiques, elles étaient filées sur le terrain ou tracées à partir d'intersections graphiques – donc géométriques. En ce sens, les levés de précision marquaient l'adoption d'une représentation entièrement géométrique du relief, basée principalement sur les levés topographiques.

Je considère que la souplesse du rapport qui se mit en place au début du 20^e siècle entre les levés de précision et la triangulation sur laquelle il s'appuyait – au point que celle-ci pouvait être intégrée *a posteriori* – reposait essentiellement sur cette méthode instrumentale de levé de la planimétrie et du relief qui permettait une représentation géométrique relativement indépendante des données géodésiques. Plus encore, en particulier avec son adoption pour les opérations topographiques de la nouvelle carte de France, la méthode des levés de précision achevait une mutation commencée au début du 19^e siècle, quand la Commission de topographie de 1802 avait souligné l'impossibilité d'utiliser les courbes de niveau faute de techniques de nivellement topographique efficace. Cette méthode concluait ainsi ce que j'appellerai le *siècle de la carte d'état-major* : soutenue par l'émergence de la conception utilitariste de la cartographie et de nouveaux regards sur le relief, elle confirmait définitivement l'adoption du paradigme du développement scientifique de la cartographie, fondée sur l'amélioration constante de la mesure instrumentale.

4.3. L'affirmation du paradigme du développement scientifique de la cartographie.

A propos de l'évolution de la cartographie depuis la fin du 17^e siècle, John Brian Harley parlait d'un paradigme de développement scientifique, basé sur l'idée que la mesure et la normalisation permettrait une représentation toujours plus précise et objective de la surface terrestre⁸¹⁸. J'ai montré que la triangulation avait constitué la base méthodologique de cette cartographie scientifique⁸¹⁹, mais aussi comment la géodésie avait perdu son importance au profit de la topographie à la fin du 19^e siècle – sans pour autant que soit remise en cause la fonction de la triangulation, intégrée aux levés topographiques dans l'étape de préparation. L'adoption de la méthode des levés de précision pour la nouvelle carte de France généralisa la mesure instrumentale systématique du terrain, pratique qu'avait accentuée l'intégration institutionnelle de la recherche technique⁸²⁰. Cette généralisation d'une approche scientifique de la cartographie, c'est-à-dire basée sur des mesures instrumentales et sur une représentation géométrique, ne peut pas s'expliquer par la seule apparition de nouvelles techniques – dont j'ai montré le développement systématiquement postérieur et conséquent à une volonté de développement méthodologique –, ni par le seul essor de nouveaux besoins en partie liés à l'industrialisation – dont j'ai déjà souligné les limites, en particulier dans les Alpes. D'autres éléments témoignent des racines plus profondes de cette évolution scientifique, ce que John Harley désigne fort justement par le terme de *paradigme* emprunté à Thomas Kuhn, notion d'attachement irrationnel à un corpus de connaissances, ou dans le cadre de la cartographie à une certaine conception de sa pratique. L'augmentation constante des échelles dites topographiques constituait-elle seulement une réponse aux nouveaux besoins ou une dynamique indépendante d'accroissement de la précision liée à l'idéologie du progrès technique ? Comment l'apparition d'une conception *topométrique* des levés topographiques, c'est-à-dire de stricte mesure instrumentale du terrain, s'inscrivait-elle dans la volonté scientifique d'objectivité ? S'opposait-elle ou complétait-elle l'approche *topologique*, c'est-à-dire d'interprétation scientifique du terrain ? Enfin, dans quelle mesure l'évolution de la représentation plastique du relief des hachures aux courbes de niveau marquait-elle la « scientificisation » de la représentation du terrain ?

4.3.1. L'accroissement de l'échelle et de la précision, une dynamique en partie autonome.

4.3.1.1. L'évolution des échelles topographiques employées dans les Alpes.

Etudier l'évolution des échelles employées sur les feuilles de mon corpus soulève de nombreux problèmes, que j'ai déjà en partie soulignés dans la présentation de mon approche méthodologique⁸²¹. D'abord, les informations contenues dans ma base de données ne me permettent d'étudier que l'évolution de l'échelle des feuilles publiées chaque année, sans pouvoir prendre en compte les feuilles toujours à la disposition du public – en cela, elles reflètent plus l'évolution de la production cartographique que de son utilisation.

⁸¹⁸ HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.*, p. 67.

⁸¹⁹ Voir supra, partie 1, chapitre 1.1.4.

⁸²⁰ Voir supra, partie 2, chapitre 4.1.

⁸²¹ Voir supra, « Historiographie... », 3.2.2.

Ensuite, une forte disproportion existe entre les productions des services officiels et des éditeurs indépendants : dans la zone couverte par mon corpus, le service cartographique officiel publia six cent quatre-vingt-dix feuilles entre 1870 et 1930, alors que les éditeurs indépendants n'en publièrent que vingt-six, soit environ vingt-six fois moins (tableau 7). Il faut donc représenter séparément l'évolution des deux types de production. Enfin, l'effet sériel des publications des services officiels tend à biaiser l'analyse de l'échelle elle-même par la variation du nombre de feuilles nécessaires pour couvrir une même surface à des échelles différentes. Le tableau suivant indique la répartition des échelles sur la même période 1870-1930 (tableau 7). L'échelle du 1 : 50 000 est sous-représentée à cause du retard rapidement pris dans la publication de la nouvelle carte de France⁸²². Par contre, l'effet sériel est particulièrement net entre les échelles du 1 : 20 000 et du 1 : 80 000, avec trois fois plus de feuilles publiées à la plus grande échelle, alors même que les cartes au 1 : 20 000 (plans directeurs, première feuille de la carte de France au 1 : 20 000) couvraient une zone plus limitée de mon corpus que celles au 1 : 80 000 (carte d'état-major, frontière des Alpes) entre 1870 et 1930.

Tableau 7 : Répartition des échelles des feuilles publiées entre 1870 et 1930.

Classe d'échelles*	Nombres de feuilles publiées			
	Editeurs indépendants		Services officiels	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Supérieures ou égales à 1 : 25 000	15	57,69 %	452	65,51 %
Entre 1 : 60 000 et 1 : 40 000	9	34,62 %	72	10,43 %
Supérieures à 1 : 60 000	2	7,69 %	166	24,06 %
Total	26	100 %	690	100 %

* Les classes d'échelles sont celles définies pour l'analyse globale de ma base de données (voir supra, « Historiographie... », 3.2.2).

Le graphique suivant, dans lequel la période 1830-1870 a été représentée pour permettre la comparaison, doit donc être interprété avec précaution (graphique 7). J'ai représenté l'échelle moyenne, une variable qui n'a aucune « réalité » en elle-même, mais qui est très signifiante pour analyser l'évolution de la production cartographique, spécialement quand l'importance de celle-ci permet de limiter les variations ponctuelles. Pour souligner la tendance globale, j'ai toutefois employé la méthode du lissage de courbes⁸²³.

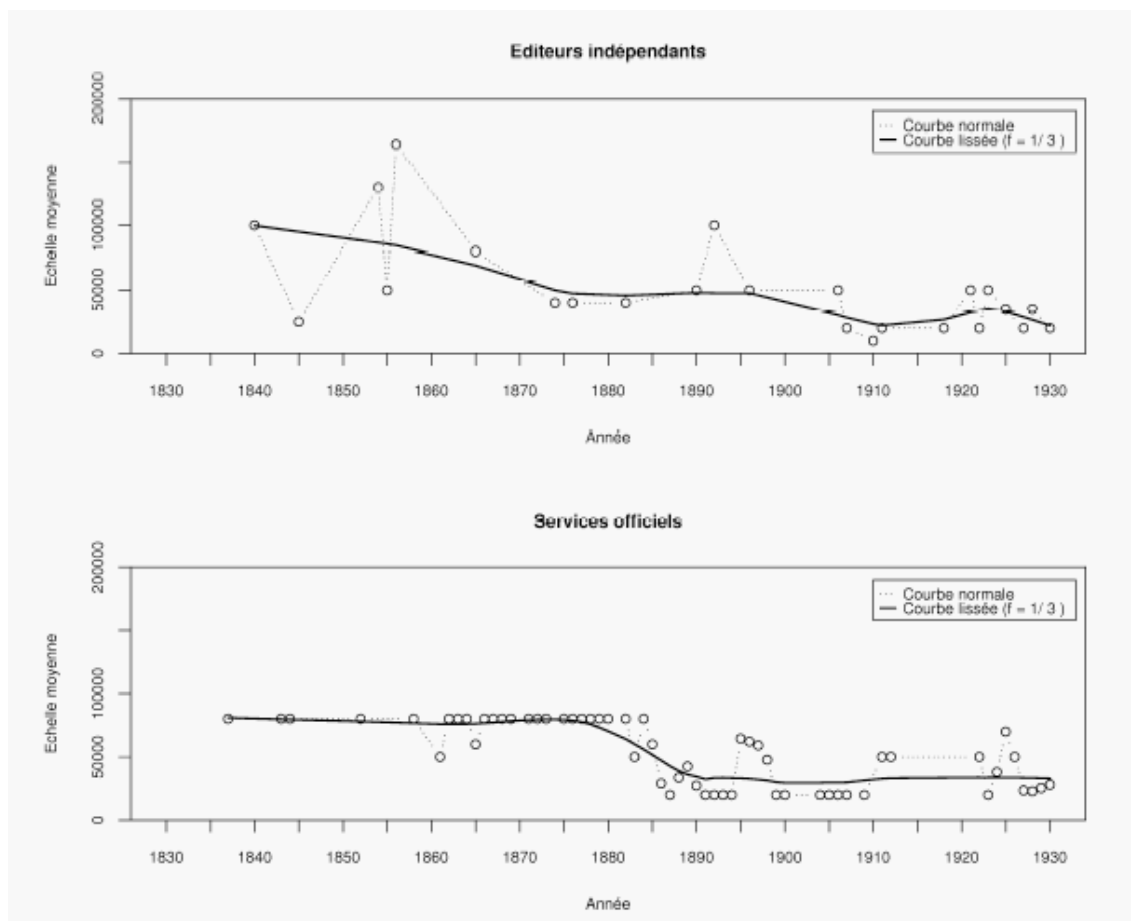
Pour les éditeurs indépendants, le graphique montre surtout la grande hétérogénéité de la production. Elle se caractérise néanmoins par l'emploi privilégié d'échelles supérieures à celle de la carte d'état-major, ce qui s'explique par la construction de cette cartographie alpine indépendante sur la critique des insuffisances de la carte de France⁸²⁴. Dans les trois premières décennies du 20^e siècle, les variations ponctuelles de la moyenne des échelles entre des valeurs proches du 1 : 50 000 et d'autres proches du 1 : 20 000 témoignent d'une opposition entre deux pratiques de la topographie indépendante, l'une privilégiant les

⁸²² Voir infra, partie 3, chapitre 2.2.1.1.

⁸²³ Voir supra, « Historiographie... », 2.3.4.

⁸²⁴ Voir notamment supra, partie 2, chapitre 2.2.1.

grandes échelles, l'autre les échelles moyennes⁸²⁵. Au-delà de l'hétérogénéité, la courbe lissée montre une tendance nette à l'accroissement des échelles employées⁸²⁶.



Graphique 7 : Evolution de l'échelle moyenne des feuilles publiées entre 1830 et 1930.

Le volume et l'uniformité supérieurs de la production des services officiels donne un graphique dans lequel les variations ponctuelles sont beaucoup plus limitées que pour les éditeurs indépendants, et l'évolution donc plus marquée. La courbe est particulièrement révélatrice de la rupture formée par les premiers levés de précision dans les Alpes au début des années 1880. L'importance des publications de plans directeurs est seulement contrebalancée par l'édition du type 1889 entre 1894 et 1897, puis par le début de la publication de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 en 1911. Entre 1870 et 1910, la production officielle fut donc caractérisée par une très forte augmentation des échelles employées. Comme pour la production indépendante, les variations périodiques dans les années vingt soulignent l'équilibre global entre les publications au 1 : 20 000 et au 1 : 50 000.

⁸²⁵ Voir infra, partie 3, chapitre 3.3.

⁸²⁶ Une courbe descendante correspond à un dénominateur descendant, donc à une échelle augmentant.

J'interprète l'augmentation plus marquée des échelles dans la production officielle comme la conséquence directe de sa remise en cause plus tardive de l'insuffisance de l'échelle adoptée pour la carte d'état-major. Alors que dans la cartographie indépendante, l'accroissement des échelles commença dès les années 1860-1870, il fallut attendre les deux dernières décennies du 19^e siècle pour la cartographie officielle. La rupture est donc beaucoup plus nette que dans la production indépendante, mais dans les deux cas, le développement des feuilles publiées à une échelle supérieure au 1 : 25 000 (généralement le 1 : 20 000) traduit une augmentation significative des échelles, surtout par rapport à la production antérieure à 1870.

4.3.1.2. Une estimation impossible de la réponse aux besoins réels.

Après la mainmise des militaires sur le projet de carte de France assurée en 1824, la question de l'adéquation de l'échelle employée avec les utilisations potentielles de la carte passa à l'arrière-plan jusqu'à l'émergence de nouveaux besoins et l'affirmation de la conception utilitariste de la cartographie dans la deuxième moitié du 19^e siècle. Nous avons vu comment l'échelle du 1 : 80 000 fut alors unanimement critiquée comme insuffisante, pour la plupart des applications industrielles, administratives, scientifiques, touristiques ou militaires – même si elle conservait un intérêt tactique indéniable pour ces derniers. Le développement de nouveaux besoins nécessitant une échelle supérieure se manifesta dans le relatif succès des reproductions de minutes de la carte d'état-major au 1 : 40 000, de l'amplification de la même carte au 1 : 50 000, des différentes cartes indépendantes ou encore des premiers plans directeurs mis à la disposition du public. Alors que la plupart des utilisateurs se contentait encore d'échelles topographiques que je qualifierai de *moyennes*, certains domaines très particuliers comme l'aménagement industriel, les travaux publics ou le génie militaire exploitèrent des échelles de plus en plus grandes, supérieures ou égales au 1 : 20 000.

Pourtant, il ne semble pas si évident que l'augmentation sensible des échelles soit strictement ou même uniquement liée au développement de ces nouveaux besoins. J'ai déjà montré comment, dans la diversification de la production des services officiels, se mêlaient souvent une réponse à des besoins plus ou moins justement perçus et une volonté de prestige politique ou scientifique⁸²⁷. Une analyse analogue peut être faite pour cette accroissement des échelles. Le succès public des nouvelles publications ne peut justifier à lui seul la nécessité d'échelles plus grandes : entre une carte d'état-major en hachures au contenu non révisé et un plan directeur récent en courbes de niveau filées sur le terrain, le choix ne se limitait pas à une question d'échelle et il manquait d'alternatives. La production cartographique étant limitée, un utilisateur choisissait la publication la mieux adaptée à ses besoins et à ses moyens. A partir de ce constat, il convient de se poser la question des autres déterminants à cet accroissement des échelles.

4.3.1.3. L'influence de l'idéologie du progrès technique.

La plupart des argumentaires pour de nouvelles cartes soulignant – plus ou moins opportunément – le « retard » de la France sur d'autres pays européens, je pense que la notion de prestige scientifique restait une motivation centrale dans les entreprises cartographiques. Sa force résidait dans les multiples interprétations possibles du retard cartographique, en terme de couverture du territoire, de qualité graphique des cartes ou de précision des levés. Elle était particulièrement efficace entre 1870 et 1914, quand l'idéologie

⁸²⁷ Voir supra, partie 2, chapitre 3.3.2.

du progrès technique était à son apogée en France, soutenue par la volonté de revanche sur la science allemande dont la supériorité avait été désignée comme l'un des facteurs fondamentaux de la défaite de 1870. Cette idéologie trouvait un écho très favorable dans le domaine de la cartographie dont l'évolution témoignait déjà d'une domination de la notion de progrès technique, comme le montraient les argumentations récurrentes – bien que partiellement infondées – de l'amélioration des techniques pour justifier de nouvelles entreprises.

Mon hypothèse est que l'accroissement des échelles n'était que partiellement dépendant des applications pratiques, et qu'il reflétait en fait la tendance scientifique à rechercher une perpétuelle amélioration des mesures – particulièrement sensible en géodésie par exemple –, accentuée par une sorte de compétition internationale dans laquelle l'échelle jouait un rôle central en tant que facteur facilement comparable. Cet accroissement s'inscrivait dans un processus global : une échelle supérieure diminuait la marge d'erreur graphique, nécessitant des levés et donc des instruments plus précis. L'affirmation de la conception utilitariste joua certes un rôle déclencheur pour le Dépôt de la guerre, mais ce rôle était plus lié à la conjoncture institutionnelle que technique. Dès 1817, la Commission royale avait envisagé des levés au 1 : 10 000 et une carte au 1 : 50 000 : seuls la mainmise des militaires sur le projet de carte de France et les problèmes budgétaires contrarièrent la tendance scientifique à chercher une précision plus grande.

Je considère donc qu'à la fin du 19^e siècle, l'accroissement des échelles participait surtout d'une influence scientifique qui dominait encore les préoccupations pratiques, comme en témoigne le développement de l'approche scientifique de la topographie.

4.3.2. Topologie et topométrie, les deux aspects d'une approche scientifique de la topographie.

4.3.2.1. Naissance de la tentation topométrique.

Les levés de précision avaient systématisé la mesure instrumentale du terrain – planimétrie et relief – dans les levés topographiques. Ils constituaient donc une rupture fondamentale avec la tradition d'interprétation figurative qui avait dominé jusqu'aux levés de la carte d'état-major, et furent d'ailleurs perçus comme telle par les spécialistes de la topographie et en premier lieu leurs promoteurs. Ainsi, le colonel Goulier créa le mot *topométrie* pour « désigner l'ensemble des opérations de mesure qui se rencontrent dans tout levé »⁸²⁸.

En transférant le recueil des données sur le terrain du domaine de l'interprétation au domaine de la mesure, l'instrumentation ne permettait pas seulement de donner une représentation entièrement géométrique du relief, mais aussi d'inscrire le levé topographique dans un processus d'objectivation scientifique. Le colonel Berthaut publia son livre sur la carte de France en 1898, c'est-à-dire *après* la formalisation de la méthode des levés de précision et leur adoption pour la nouvelle carte de France, mais *avant* les adaptations pragmatiques aux conditions techniques et financières des travaux, ce qui en fait un témoin particulièrement révélateur des fantasmes que faisait naître cette instrumentation. Il distinguait strictement les levés à grande échelle, domaine privilégié de la topométrie, et les levés à moyenne échelle, dans lesquels la part de la topométrie se trouvait très réduite et laissait la place à l'interprétation du topographe⁸²⁹.

⁸²⁸ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 326.

⁸²⁹ *Ibid.*, p. 324-328.

En appliquant cette distinction aux qualités et compétences nécessaires à un opérateur topographique, il exprimait explicitement ce que j'appellerai la *tentation topométrique* qui domina l'évolution des techniques topographiques durant tout le 20^e siècle : à la conjonction du désir scientifique d'objectivité, incarnée dans l'idée traditionnelle de perfection des instruments utilisés⁸³⁰, et de la volonté pragmatique de limiter l'influence de l'opérateur pour pouvoir employer des officiers avec une formation topographique limitée⁸³¹, cette tentation se traduisait par le fantasme d'un levé topographique presque *mécanique* – Berthaut employant lui-même ce terme.

Le texte de Berthaut est si explicite de cette tentation qu'il mérite d'être cité plus longuement :

« [les levés instrumentaux permettent] de simplifier la tâche de l'opérateur [...] par l'application d'une méthode uniforme et certaine, une sorte de routine, pour ainsi dire indépendante de l'opérateur et ne laissant rien à son appréciation.

[...] Dans les levés au 10.000^e et au 20.000^e même, si le coup d'œil intervient déjà, ce n'est que dans une mesure restreinte, et si l'expérience du travail est indispensable, il n'en est pas moins vrai que le figuré du terrain lui-même, en courbes filées, se construit en quelque sort mécaniquement. Il n'est pas nécessaire que l'opérateur soit lui-même géologique, pour que son levé, consciencieusement fait, révèle au géologue la structure du sol et l'histoire de sa surface ; il suffit que les méthodes précises et l'outillage dont il dispose, judicieusement utilisés, lui aient permis de produire une image géométrique fidèle de la nature. Alors, les formes réelles apparaissent sur les dessins [...] Les traces des érosions, les anciennes vallées abandonnées par les rivières, les niveaux successifs des eaux, etc..., y sont plus visibles et plus faciles à comprendre que sur le terrain, où ils échappent souvent par leurs dimensions et en raison des obstacles créés par la végétation, les constructions et les effets de perspective. Parfois, l'opérateur qui a obtenu ces intéressants et curieux résultats ne s'en est pas douté. Il a tout mesuré, angles et distances, tout rapporté à l'échelle, et le reste s'en est suivi. »⁸³²

En limitant l'appréciation de l'opérateur, dont seules les compétences purement techniques importaient, le levé *topométrique* à grande échelle devait ainsi permettre de faire de la carte topographique l'outil scientifique que les spécialistes avaient toujours voulu voir en elle. Il devait permettre de produire des données géométriques *vraies* au sens scientifique du terme, c'est-à-dire parfaitement fidèles au terrain, sans nécessité d'interprétation préalable de celui-ci.

⁸³⁰ Berthaut affirmait lui-même que « les instruments actuels [remplissaient] toutes les conditions de précision requises, même au delà des limites pratiques de leur emploi ». *Ibid.*, p. 325-326.

⁸³¹ Berthaut affirmait également que « puisqu'il [était] question d'opérer au 10.000^e et au 20.000^e et de faire, par conséquent, des levés *topométriques*, plutôt que *topographiques*, alors la solution [paraissait] être de recruter les brigades à l'aide de sous-officiers et même de caporaux et de soldats, pris parmi ceux qui dessinent convenablement et possèdent des connaissances suffisantes en mathématiques élémentaires » – sans exiger un quelconque « talent » cartographique. *Ibid.*, p. 328.

⁸³² *Ibid.*, p. 326.

4.3.2.2. Topométrie et topologie, les limites pragmatiques à la « scientificisation ».

Les mêmes spécialistes qui participaient à l'émergence de cette tentative topométrique, insistaient également sur l'importance de la *topologie*, c'est-à-dire de l'interprétation du terrain, dans l'approche théorique de la topographie⁸³³ : même s'ils ne la jugeaient fondamentale que dans les levés aux échelles moyennes, elle conservait dans ceux à grande échelle une place dont l'importance variait fortement entre le discours théorique (la topométrie la plus pure) et la pratique (un mélange de topométrie, de topologie et d'approximation). Au niveau conceptuel, la topologie et la topométrie avaient des conséquences radicalement opposées, puisqu'elles faisaient de la cartographie, l'une un outil pour la science, l'autre une production de la science. Mais leur rapprochement dans la pratique n'était pas aussi paradoxale qu'il pouvait le paraître : si de nos jours, la topologie et la topométrie sont définitivement perçus comme les deux éléments de la topographie⁸³⁴, elles étaient déjà présentées, dès la fin du 19^e siècle, comme des approches complémentaires dont l'importance variait selon l'échelle des levés.

Pour les levés topographiques à grande échelle qui m'intéressent, les spécialistes reconnaissaient à la méthode des levés de précision une objectivité instrumentale qui en faisait presque de la topométrie pure. Pourtant, l'enthousiasme topométrique de Berthaut en 1898 ne reposait pas sur une analyse des travaux existants, mais sur une approche prospective – il employait d'ailleurs le futur. Dans la pratique, le Service géographique de l'armée se trouvait confronté à des problèmes pragmatiques liés aux traditionnelles difficultés de recrutement du service cartographique officiel⁸³⁵. Dans une certaine mesure, j'interprète son insistance pour obtenir un personnel permanent, compétent et stable, comme un signe de l'échec partiel de la conception quasi-industrielle des levés à grande échelle que la tentation topométrique supposait. Dans l'ouvrage de « lobbying » pour la nouvelle carte de France publié en 1923, le SGA reconnaissait d'ailleurs que les opérations de terrain nécessitaient une compétence certaine, en particulier « le dessin de la minute au crayon [...] qui [demandait] beaucoup d'expérience »⁸³⁶.

D'un autre côté, les difficultés financières et les besoins réels influençaient considérablement l'orientation pratique des travaux. Si Berthaut jugeait encore en 1898 que les instruments dépassaient la précision nécessaire aux levés au 1 : 10 000 ou au 1 : 20 000 et qu'ils permettaient de donner une image géométrique fidèle du terrain, l'expérience montra que la précision effective, même dans le cadre plus exigeant de la nouvelle carte de France, était limitée par les utilisations potentielles des levés. Si les textes officiels insistaient sur l'exécution de mesures d'une précision seulement *strictement* suffisante pour que les « erreurs soient inappréciables dans une représentation graphique au 10.000^e »⁸³⁷ – ce qui constituait déjà un recul par rapport aux ambitions d'objectivité scientifique de la topométrie –, l'exemple de la méthode employée dans les régions de haute montagne, à

⁸³³ Voir supra, partie 2, chapitre 1.2.3.

⁸³⁴ *Trésor de la Langue Française informatisé. Op. cit.*

⁸³⁵ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.2.3.

⁸³⁶ *La Nouvelle carte de France. Op. cit.*, p. 87.

⁸³⁷ *Ibid.*, p. 89.

base d'intersections graphiques à visées lointaines, montre que l'intérêt pratique pour la région couverte jouait un rôle crucial⁸³⁸.

Ainsi, l'ambition scientifique, qui constituait un des aspects de la tentation topométrique, se heurtait à la réalité pragmatique dans laquelle le prestige scientifique était plus un argument-moteur pour les travaux cartographiques qu'une nécessité se traduisant dans la pratique. Selon moi, la conséquence principale de cette tentation topométrique se situe paradoxalement moins dans les levés topographiques eux-mêmes que dans la représentation plastique de ces levés, avec la généralisation rapide des courbes de niveau justifiée par la volonté scientifique d'étendre la pratique de la mesure dans l'utilisation même de la carte.

4.3.3. Des hachures aux courbes de niveau, une « scientificisation » de la représentation plastique du relief.

4.3.3.1. Un changement rapide.

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la production cartographique connut une évolution considérable des procédés de reproduction⁸³⁹ qui permit non seulement d'augmenter la diffusion des cartes, mais aussi d'utiliser des procédés de représentation plastique du relief différents des hachures qui restaient intimement liées à la gravure en taille-douce. Ainsi, les diverses cartes dérivées de la carte d'état-major, qu'elles soient réalisées par le Dépôt de la guerre lui-même ou par d'autres organismes publics, remplaçaient la plupart du temps les hachures normalisées par d'autres procédés plus lisibles, dans le sens où ils chargeaient moins le dessin cartographique en traits, essentiellement les courbes de niveau.

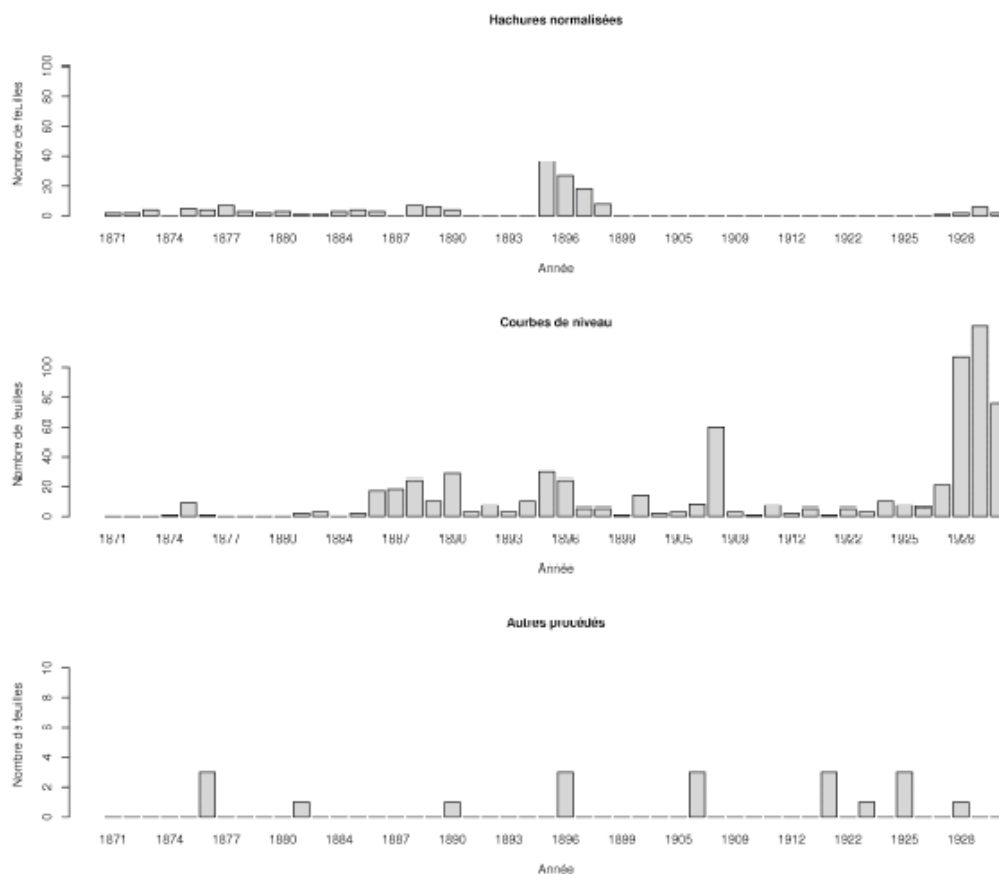
Le graphique suivant montre l'évolution des procédés de représentation du relief employés sur les feuilles de mon corpus publiées entre 1870 et 1930 (graphique 8). Les procédés autres que les hachures normalisées ou les courbes de niveau furent toujours marginaux, au point que j'ai dû employer une échelle des ordonnées différentes pour que les barres restent lisibles sur le graphique. Seules quelques cartes indépendantes ou les zones non représentées en détail sur les cartes officielles utilisaient de tels procédés, comme les lignes de faîtes qui ne furent employées que dans quelques croquis cartographiques et dans les zones étrangères de la carte de France au 1 : 20 000. L'évolution de l'utilisation des hachures normalisées et des courbes de niveau montre un changement rapide à la fin du 19^e siècle : les hachures étaient majoritairement employées dans les feuilles publiées avant 1885, puis l'utilisation des courbes de niveau se développa rapidement, au point que la majorité des feuilles publiées au 20^e siècle utilisait ce procédé de représentation du relief – à l'exception de quelques éditions révisées de la carte d'état-major dans les années vingt.

Ainsi, quatre-vingts ans après son adoption unanime par la Commission de topographie de 1802, confirmée par la Commission de 1828, le procédé des hachures normalisées était abandonné pour toutes les nouvelles réalisations cartographiques et remplacé par celui des courbes de niveau. Dans toute l'histoire de la cartographie, les hachures normalisées constituent le procédé de représentation du relief dont l'utilisation fut la plus brève, puisque

⁸³⁸ D'ailleurs, le SGA augmenta sensiblement la qualité de ces levés topographiques dans les régions de haute montagne à la suite du développement des troupes alpines et de la concurrence avec les topographes-alpinistes du CAF (voir infra, partie 3, chapitre 2.2.2).

⁸³⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.1.3.

les courbes de niveau, adoptées dès la fin du 19^e siècle, sont encore majoritairement utilisées aujourd'hui.



Graphique 8 : Evolution des procédés de représentation du relief utilisés sur les feuilles publiées entre 1870 et 1930.

4.3.3.2. La transition vers une représentation scientifique du relief.

Dans son remarquable essai sur les procédés de représentation du relief, Jean-Pierre Nardy rapproche les hachures normalisées et les courbes de niveau au niveau conceptuel : ces deux procédés, représentant le relief par un effet d'extrusion d'une vision verticale (par traits dans le sens de la pente pour les hachures, par niveaux équidistants pour les courbes), s'adaptaient particulièrement bien aux nouvelles théories orogéniques de la fin du 19^e siècle, qui privilégiaient l'action sculpturale de l'érosion sur l'explication architecturale de

l'édification des montagnes⁸⁴⁰. Mais il les différencie au niveau pratique : les hachures normalisées donnent « une représentation remarquables des reliefs en jouant sur des effets de modelé [...] au détriment de la précision de la carte », alors que les courbes de niveau permettent « d'atteindre cette précision », mais avec un résultat « totalement inexpressif sur le plan visuel »⁸⁴¹.

Si cette différenciation reprend les arguments généralement avancés pour l'un et l'autre procédés par les cartographes du 19^e siècle, elle se heurte à l'écueil traditionnel en histoire de la cartographie d'une acception trop vague du terme « précision ». D'une façon générale, j'estime que ce concept devrait être manié avec plus de précaution dans une perspective d'histoire des sciences et des techniques. Dans le cas particulier des hachures normalisées, le procédé en lui-même n'interdit pas fondamentalement une représentation *précise*, c'est-à-dire basée sur des mesures détaillées du terrain dont la marge d'erreur à l'échelle de représentation est inférieure à la finesse de rédaction, d'impression et de lecture de la carte (généralement un demi millimètre). Si les hachures normalisées de la carte d'état-major n'avaient pas atteint une telle précision de la représentation, c'était pour de multiples raisons que j'ai déjà évoquées, qui n'avaient aucun lien strict avec le procédé des hachures normalisées lui-même. Celui-ci pouvait parfaitement être utilisé pour représenter les données entièrement géométriques issues des levés de précision.

L'analyse de Jean-Pierre Nardy mérite d'être clarifiée. A mes yeux, le facteur de différenciation entre les hachures normalisées et les courbes de niveau ne se trouve pas dans la précision de la carte, mais dans la précision de son utilisation. Si dans une brochure de 1818, l'ingénieur géographe Bonne avait sous-entendu que les hachures normalisées rehaussées d'un éclairage vertical permettait la mesure⁸⁴², tout le monde reconnaissait dans la pratique qu'il n'était pas possible de mesurer facilement l'angle d'une pente ou un dénivelé sur une carte en hachures, contrairement à une carte en courbes de niveau. La mutation ne se situait donc pas dans la précision intrinsèque à un procédé de représentation du relief, mais dans la possibilité d'effectuer des mesures du relief sur la carte, c'est-à-dire dans une *géométrisation de l'utilisation de la carte*. Couplée à la généralisation de la mesure instrumentale du relief – d'ailleurs exigée pour le tracé précis des courbes de niveau –, celle-ci marquait la géométrisation complète de la représentation cartographique du relief, depuis le recueil des données jusqu'à leur utilisation, c'est-à-dire la généralisation d'une cartographie *scientifique* dans le sens de basée sur la mesure.

A mes yeux, les hachures normalisées constituaient un procédé de transition entre les approches figuratives et géométriques de la représentation du relief. Leur emploi relativement bref, leur inscription à la fois dans la fin du système technique de l'impression en taille-douce et dans le début de la géométrisation de la représentation du relief, l'utilisation pour leur tracé même du nouveau procédé des courbes de niveau, sont autant d'éléments confirmant mon hypothèse. Mais cette nature de transition supposait aussi une certaine proximité entre les deux procédés qui, bien que dissimulée par l'abandon rapide des hachures, se manifesta dans la problématique de l'expressivité de la représentation cartographique du relief.

⁸⁴⁰ Ce rapprochement peut d'ailleurs être étendu à la généralisation de la vision verticale du relief dans la cartographie à la fin du 18^e siècle, contemporaine de l'affirmation des premières théories fluvialistes.

⁸⁴¹ NARDY Jean-Pierre. Cartographies de la montagne. *Op. cit.*, p. 78-79.

⁸⁴² Voir supra, partie 1, chapitre 3.3.1.4, et BONNE Chevalier. *Considérations... Op. cit.*

4.3.3.3. Les limites de la représentation géométrique : la nécessité reconnue d'une figuration expressive du relief.

L'adoption des courbes de niveau à la fin du 19^e siècle constituait une mutation considérable dans la pratique de la lecture des cartes. La représentation en hachures s'inscrivait dans la tradition des cartes en perspective et des plans reliefs. Elle reproduisait le modelé du terrain par un effet pictural imitant la sculpture d'un bas-relief et donnait en trompe-l'œil l'impression de regarder un plan relief à la verticale. Elle permettait ainsi de *percevoir* la configuration du relief dans une lecture *générale* de la carte. Les commissions de 1802 et 1828 avaient d'ailleurs adopté les hachures aux échelles inférieures au 1 : 10 000 en raison de ces qualités d'expression plastique. Au contraire, la représentation en courbes de niveau permettait de *mesurer* le relief dans une lecture *en détail* de la carte.

La généralisation rapide des courbes de niveau dans le dernier quart du 19^e siècle s'expliquait autant par le développement de nouveaux besoins pour une lecture géométrique du relief que par la généralisation d'une conception scientifique de la cartographie, mais elle ne signifiait pas pour autant que les utilisateurs de carte jugeaient ce procédé parfait, ni que le changement fondamental que son adoption représentait était facile. En particulier, son inexpressivité, qui rendait la perception du relief délicate, était souvent critiquée par les utilisateurs et les topographes eux-mêmes, en partie à cause d'un manque d'habitude dans la lecture des cartes en courbes. Le nombre d'articles et de notices militaires consacrés à la lectures de telles cartes rappelle la nouveauté de ce procédé de représentation du relief, et la difficulté rencontrée par certains utilisateurs pour lire le modelé du terrain et les accidents topographiques à partir des seules courbes de niveau. Les cartographes se trouvaient face à un problème qui tenait de la quadrature du cercle : trouver un mode de représentation du relief qui soit à la fois précis, c'est-à-dire permettant la mesure, et expressif, c'est-à-dire rendant bien compte du modelé du terrain et donc utilisant des artifices qui diminuaient la lisibilité des mesures (hachures, teintes, estompages).

Dans les principales cartes alpines dressées en courbes de niveau à la fin du 19^e siècle, les cartographes ne prenaient pas position et favorisaient uniquement la lisibilité : la carte de la frontière des Alpes au 1 : 80 000 et les plans directeurs au 1 : 20 000, publiés directement à partir des minutes des levés de précision, adoptaient tous deux des courbes de niveau sans estompage ni effet de teinte pour suggérer le modelé. Si un tel procédé pouvait se justifier dans une carte fonctionnelle, comme les plans directeurs dont la publication répondait surtout à la nécessité de diffuser les minutes de levé, il fut sévèrement critiqué pour la carte de la frontière des Alpes, dont la représentation du relief fut jugée certes très lisible, mais trop plate. Le développement de l'approche topométrique, favorisée par de nouvelles techniques partiellement mécaniques de levé topographique, et l'affirmation d'une topographie alpiniste soucieuse de glorifier la haute montagne par sa représentation cartographique, contribuèrent à faire de la question de l'expressivité des courbes de niveau une des problématiques centrales de la cartographie de montagne au 20^e siècle.

Conclusion

Dans la tradition des plans topographiques militaires détaillés des 17^e et 18^e siècle, le Dépôt des fortifications développa après la défaite de 1870 des levés de précision à grande échelle des environs de place fortes. D'abord conçus dans un but strictement militaire, ils ne couvrirent dans les Alpes que les régions stratégiques de Grenoble,

d'Albertville et de Briançon, puis, après leur intégration au Dépôt de la guerre en 1885, connurent une publication destinée aux utilisations techniques avant de servir de base à la nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Leur développement marqua la généralisation d'une méthode de levé topographique dérivée de la planchette déclinée, reposant sur la mesure instrumentale systématique du terrain et une instrumentation poussée, soutenue par l'intégration institutionnelle de la recherche technologique en topographie avec la création d'un Dépôt des instruments de précision sous la direction du colonel Goulier.

La méthode des levés de précision représentait surtout un renversement du rapport entre géodésie et topographie : pour pallier aux insuffisances de la triangulation des ingénieurs géographes, puis au retard de la nouvelle triangulation de la France dont le but était pourtant de fournir un réseau trigonométrique de détails pour les levés de précision, cette méthode se formalisa en une phase de préparation, durant laquelle était exécutée une véritable triangulation complémentaire, et une phase de levé proprement dit. En corrélation avec une détermination des courbes de niveau par filage directement sur le terrain ou par intersection pour les zones inaccessibles, cette méthode des levés de précision affirmait une représentation entièrement géométrique du relief sur des fondations *topographiques*, transformant le canevas géodésique en un système de référence pouvant parfaitement être appliqué *a posteriori* aux levés topographiques – comme ce fut notamment le cas dans une grande partie des Alpes.

La généralisation des levés de précision constituait donc une mutation méthodologique fondamentale de la cartographie topographique, parallèle à la mutation conceptuelle qui voyait s'imposer une conception utilitariste de la carte. Cette nouvelle méthode confirmait l'insertion de la cartographie dans un paradigme de développement scientifique basé sur l'accroissement de la précision de la mesure instrumentale et de la représentation graphique. L'absence d'alternative ou de choix plus vaste ne permettant pas d'estimer si les cartes diffusées répondaient efficacement aux besoins réels, je considère que l'augmentation de l'échelle des cartes à la fin du 19^e siècle s'inscrivait essentiellement dans une influence scientifique qui dominait encore les préoccupations pratiques et imposait la recherche d'une perpétuelle amélioration de la précision des mesures. Cette influence se traduisit également par l'affirmation d'une volonté d'objectivité dans la cartographie, à travers ce que j'ai appelé la *tentation topométrique* qui ambitionnait – et ambitionne encore – de supprimer l'appréciation de l'opérateur par la systématisation des mesures instrumentales aux grandes échelles. Au niveau *cartographique*, l'abandon rapide des hachures normalisées au profit des courbes de niveau procédait d'une volonté d'imposer une représentation du relief entièrement géométrique et donc scientifique, dans le sens où elle généralisait la mesure dans l'utilisation même de la carte. Mais la domination d'une conception encore figurative de la carte, les difficultés de transition vers une pratique de lecture radicalement différente et l'influence croissante de la cartographie alpiniste limitèrent cette tentation topométrique et firent de l'expressivité de la représentation du relief une question centrale de la cartographie topographique au 20^e siècle⁸⁴³.

Conclusion

⁸⁴³ Voir infra, partie 3, chapitre 4, et partie 4, chapitre 4.2.

Au cours du 19^e siècle, l'essor de la connaissance scientifique directe et d'une découverte touristique à tendance scientifique de la montagne renouvela les regards sur des régions longtemps ignorées. Alors que la cartographie officielle restait dominée par les préoccupations géodésiques des savants de l'Académie des sciences et les besoins administratifs et militaires des organismes publics centraux, cette nouvelle approche de la montagne provoqua la naissance d'une cartographie touristique et scientifique indépendante, dont la production, encore limitée à la fin du siècle, se définit et se fixa dans la figure originale du topographe-alpiniste, à la fois savant et excursionniste, particulièrement au sein du Club alpin français créé en 1874. Au sein de cette cartographie encore dominée par l'approche figurative s'affirma une tendance géométrique fondée sur l'emploi des courbes de niveau et la représentation détaillée du relief, en accord avec les théories de nouvelles disciplines scientifiques, la glaciologie et la géomorphologie, qui servaient la cartographie mais ne l'utilisaient pas comme source documentaire.

Les nouveaux besoins auxquels tentait de répondre la cartographie alpiniste restèrent marginaux tout au long du 19^e siècle, seulement reconnus par le Dépôt de la guerre quand ils rejoignaient sa volonté de prestige scientifique, comme au moment de la publication de la carte du massif du Mont Blanc dressée d'après les minutes de la carte d'état-major. Suivant l'orientation confirmée par l'ordonnance royale de 1824, la cartographie officielle ne se préoccupait que des militaires et des administrations centrales, dans une conception *fixiste* de la cartographie qui envisageait la carte comme un tableau figé du territoire. Mais la défaite de 1870 provoqua une remise en cause brutale de cette conception : l'inutilité de la carte d'état-major pendant la guerre de manœuvre entraîna l'affirmation d'une conception *utilitariste* de la cartographie, dominée par la problématique de l'actualité de la carte. Cette remise en cause favorisa la reconnaissance des spécificités du travail cartographique au sein d'un Service géographique de l'armée créé en 1887 pour remplacer le Dépôt de la guerre, ainsi que le développement de techniques de reproduction plus rapides et la diversification des publications cartographiques officielles. Dans le prolongement de cette dynamique, la réduction du budget alloué à la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, basée sur les levés de précision à grande échelle développés au Dépôt des fortifications puis au SGA, permit l'affirmation opportuniste de l'autonomie du SGA qui continua la réalisation de la carte sur ses propres crédits. S'il continuait d'être confronté aux difficultés pour recruter et conserver son personnel permanent – problèmes récurrents depuis la suppression du corps des ingénieurs géographes –, le SGA confirma ses capacités de direction technique pendant la première guerre mondiale, favorisant la reconnaissance de son expertise technique et la concentration des organismes topographiques faisant de lui l'unique producteur officiel de l'information topographique.

Parallèlement à cette mutation conceptuelle et institutionnelle, le dernier quart du 19^e siècle connut également une mutation méthodologique fondamentale avec la généralisation de la méthode des levés de précision. En systématisant la mesure instrumentale dans les levés topographiques et en utilisant des courbes de niveau filées sur le terrain, cette méthode adoptait une représentation entièrement géométrique du relief, depuis le recueil des données jusqu'à la lecture de la carte. En généralisant le recours à des triangulations complémentaires dans la phase dite de préparation des levés topographiques, elle marquait aussi un renversement du rapport entre géodésie et topographie dans lequel les opérations géodésiques ne constituaient plus qu'un système de référence quasi-interchangeable. Surtout, elle confirmait l'inscription de la cartographie topographique dans un paradigme de développement scientifique défini par l'accroissement de la précision des mesures et de la représentation, qui se traduisait par la domination de l'idéologie du progrès technique

et l'émergence d'une ambition d'objectivité instrumentale que j'ai qualifiée de *tentation topométrique*. Mais la tradition figurative de la cartographie restait forte, en particulier pour les régions de haute montagne dans lesquelles l'influence des topographes-alpinistes imposait un mariage entre arts et sciences dans la représentation topographique. Le développement de techniques de levé photographique d'abord uniquement utilisable dans les régions accidentés et l'opposition structurelle entre le SGA et les topographes-alpinistes pour la représentation des Alpes participèrent à une convergence des problématiques militaires et alpinistes autour de la question de l'expressivité de la représentation du relief, au cours des premières décennies du 20^e siècle.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).

Dans le dernier quart du 19^e siècle, la cartographie topographique avait connu une mutation fondamentale avec l'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie et de son caractère scientifique, c'est-à-dire fondé sur une mesure systématique du terrain et une représentation entièrement géométrique. Alors que le Service géographique de l'armée voyait son expertise technique reconnue, cette mutation avait pris corps dans le projet d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000 basée sur les levés de précision. Dans les régions montagneuses – et en particulier dans les Alpes du nord –, l'essor de nouvelles approches scientifique et touristique avait participé à la naissance d'une véritable cartographie indépendante. A la fin du 19^e siècle, cette double évolution aboutit à une situation si originale dans l'histoire de la cartographie qu'elle mérite amplement que j'y consacre une partie entière, dans laquelle nous verrons comment l'activité cartographique croissante des alpinistes, institutionnalisée dans la Commission de topographie du Club alpin français, provoqua la cohabitation forcée entre des topographes civils « amateurs » et des topographes militaires « professionnels » – la distinction entre leur niveau de compétences s'avérant parfois difficile. Partagé entre la multiplicité des relations personnelles et institutionnelles entre les deux groupes et une opposition structurelle liée à la nature symbolique et politique de l'acte cartographique, le Service géographique de l'armée surinvestit la représentation des Alpes, pourtant déjà privilégiée dans les levés de précision en raison des tensions frontalières, au point de voir se former un groupe d'officiers spécialistes de la topographie alpine. Ce dynamisme participait des derniers feux d'une cartographie encore majoritairement artisanale : si l'adoption précoce des levés photographiques par les topographes-alpinistes favorisait encore les compétences individuelles, leur développement au Service géographique de l'armée permit l'émergence d'une mécanisation encore limitée, mais qui préfigurait l'industrialisation des années quarante à soixante. Cette évolution technique renouvela aussi la problématique ancienne de l'expressivité du relief, dans laquelle s'incarna particulièrement la cohabitation originale entre alpinistes et militaires.

Chapitre 1. La Commission de topographie du Club alpin français et l'apogée des topographes-alpinistes.

Entre 1890 et 1930, la cartographie topographique des Alpes fut profondément marquée par l'importante activité des *topographes-alpinistes*. Apparue dans les Pyrénées avec

Franz Schrader dans les années 1870, puis transposée sous une forme plus scientifique dans les Alpes avec Henri et Joseph Vallot, elle s'illustra dans les premières décennies du 20^e siècle avec des entreprises ambitieuses, tant par les zones couvertes que par les techniques mises en œuvre, qui se rapprochaient de celles utilisées par le Service géographique de l'armée, voire innovaient en matière d'utilisation de la photographie. Cette cartographie topographique indépendante fut institutionnalisée par la création au sein du Club alpin français d'une Commission de topographie, qui favorisa la formation topographique des alpinistes à travers un véritable prosélytisme technique participant à une certaine professionnalisation et normalisation de leurs travaux. Active entre 1903 et 1914, puis reconstituée en 1923 dans une forme amoindrie, la Commission présida à des réalisations relativement nombreuses et influentes, dont la publication ne commença véritablement qu'après la première guerre mondiale, marquant l'apogée des topographes-alpinistes jusqu'au déclin de leur activité dans les années trente.

1.1. La Commission de topographie : de la fédération des topographes-alpinistes au rôle d'expert en cartographie de montagne.

Jusqu'à la fin du 19^e siècle, l'activité topographique des ascensionnistes se limitait aux levés effectués par les pyrénéistes sous la direction de Franz Schrader et aux premiers travaux d'Henri et Joseph Vallot pour leur carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000. Mais les chefs de file de ce mouvement exprimaient leur volonté de développer la topographie indépendante pour réaliser les cartes dont les alpinistes avaient besoin. En plus de fixer le terme de *topographe-alpiniste* pour désigner les ascensionnistes menant une activité cartographique, Henri Vallot participa ainsi à l'institutionnalisation de cette pratique au sein de la Commission de topographie du Club alpin français. Créée en 1903 sur une idée de Paul Helbronner, soutenue par Schrader, les Vallot, la direction centrale du Club alpin français et certains militaires du Service géographique de l'armée, cette commission devint le cœur d'un développement sans précédent de la cartographie topographique indépendante. Inscrite dans le modèle de l'excursionnisme cultivé, elle passa en une décennie du statut de simple fédération des topographes-alpinistes au statut autoproclamé – plus ou moins explicitement – d'expert et d'autorité en matière de cartographie topographique de la haute montagne en France.

1.1.1. Une création favorisée par le modèle de l'excursionnisme cultivé.

1.1.1.1. Constitution dans un contexte favorable.

L'idée de la création d'une Commission de topographie au Club alpin français est généralement attribuée à Paul Helbronner, jeune polytechnicien passionné de montagne et membre actif du club. Dans une lettre adressée en décembre 1902 à Henri Vallot, en réponse à une demande de don pour la caisse d'action en montagne récemment créée, il soumettait l'idée « d'inscrire dans le programme général des études du CAF, un ensemble de travaux tendant à l'établissement d'une carte à grande échelle (40 000 ou 50 000) de cette région »⁸⁴⁴. Henri Vallot lui répondait qu'il pensait aussi qu'« une carte à grande échelle de nos massifs montagneux [devait] être considérée comme une œuvre *désirable* et *possible*, à exécuter avec les ressources techniques de l'initiative privée »⁸⁴⁵.

⁸⁴⁴ Lettre citée dans MAURY Colonel Léon éd. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*, p. 128.

⁸⁴⁵ Lettre citée dans *Ibid.*, p. 131.

Ils réunirent rapidement un petit groupe de géodésiens et topographes expérimentés : le colonel Prudent, qui avait déjà encadré et dirigé les travaux cartographiques des pyrénéistes, le commandant Bourgeois, chef de la section de géodésie du SGA depuis 1898, Franz Schrader et Joseph Vallot. Ensemble, ils décidèrent de demander l'intégration du groupement parmi les commissions permanentes de la Direction centrale du Club alpin français. Le contexte était extrêmement favorable à une telle initiative : la Direction centrale s'inscrivait encore dans le modèle de l'excursionnisme cultivé qui soutenait les entreprises d'accroissement de la connaissance scientifique et le président en exercice du CAF n'était autre que Franz Schrader lui-même.

Ainsi, le 6 janvier 1903, la direction du club acceptait la création d'une Commission de topographie, qui se réunit pour la première fois le 2 février, élisant Prudent comme président et Henri Vallot comme secrétaire. Aux membres permanents déjà cités fut adjoint Emmanuel de Margerie, éminent géologue. La Commission décida également d'accepter des membres correspondants qui pourraient participer à son œuvre par leurs travaux ou leur soutien – financier principalement⁸⁴⁶. Parmi les premiers membres correspondants se trouvaient des représentants de toutes les régions montagneuses françaises, comme Robert Perret pour la Savoie, Henri Duhamel pour le Dauphiné, le comte de Saint-Saud pour les Pyrénées, et des scientifiques comme le géographe Paul Girardin⁸⁴⁷.

1.1.1.2. Un parfait exemple de l'excursionnisme cultivé.

Avec son objet qui participait à la volonté d'augmentation de la connaissance scientifique de la montagne, la Commission de topographie constituait un parfait exemple du modèle de l'excursionnisme cultivé que décrit Olivier Hoibian⁸⁴⁸. Sa constitution même reflétait celle de l'élite parisienne qui imposait ce modèle à l'ensemble des sections du Club alpin français⁸⁴⁹. Si lors du dixième anniversaire de la création de la Commission, Franz Schrader disait des membres qu'ils avaient « été attirés les uns vers les autres, non par des origines ou par une éducation identiques, bien loin de là, mais par un sentiment commun et une orientation d'esprit également commune », je pense qu'il sous-estimait fortement la proximité socioculturelle des membres de la Commission. En effet, parmi les huit membres titulaires et les trente-sept membres correspondants (tableau 8) se retrouvait la même surreprésentation des professions intellectuels que dans le milieu des alpinistes en général et dans les instances dirigeantes du CAF en particulier⁸⁵⁰, avec seulement une proportion encore plus importante de professions techniques ou scientifiques qui représentaient un peu plus de la moitié des professions des membres (23 sur 45, soit 51 %).

Tableau 8 : Professions des membres de la Commission de topographie du CAF.

⁸⁴⁶ PV Com. Topo. CAF 1903-1906, p. 1.

⁸⁴⁷ BROCC Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 119.

⁸⁴⁸ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

⁸⁴⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 1.3.3.

⁸⁵⁰ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 18-23.

Catégorie « professionnelle »	Nombre	Proportion
Officiers militaires (souvent supérieurs)	9	20 %
Nobles	3	6,5 %
Universitaires	8	18 %
Autres professions intellectuelles (écrivains, etc.)	1	2 %
Ingénieurs	6	13,5 %
Hauts fonctionnaires	2	4,5 %
Professions libérales (médecins, notaires)	3	6,5 %
<i>Professions inconnues</i>	13	29 %
Total	45	100 %

La Commission de topographie était ainsi formée par les membres d'une élite intellectuelle, scientifique et technique. Parfaitement représentatifs de la composition d'une société savante à caractère technique, ils partageaient une culture commune beaucoup plus importante que ne l'envisageait Schrader, dont les traits significatifs, pour l'objet de la commission, étaient une croyance totale dans le progrès technique et une passion pour la haute montagne. Cette proximité socioculturelle fut fortement accentuée par une vision « commune » des orientations de la Commission, forgée par Henri Vallot et imposée par les membres titulaires parisiens à l'ensemble des membres correspondants, qui se traduit d'un point de vue institutionnel par l'affirmation du rôle d'expert de la Commission dans le domaine de la topographie de haute montagne.

1.1.2. Un statut autoproclamé d'autorité dans la topographie de montagne.

1.1.2.1. L'orientation initiale : fédérer l'activité des topographes-alpinistes.

A sa création, l'objet de la Commission de topographie du Club alpin français était de développer « l'étude topographique de la haute montagne »⁸⁵¹. Henri Vallot lui imposa rapidement son credo selon lequel les cartes existantes étaient insuffisantes et devaient être complétées par des cartes à grande échelle que seuls les alpinistes pouvaient dresser en adéquation avec les besoins touristiques et scientifiques. Dans ce but, la Commission de topographie était pensée comme un organisme favorisant le regroupement et la formation des « bonnes volontés » – pour reprendre le terme employé par Vallot lui-même – désireuse de participer à une meilleure couverture topographique de la haute montagne française. Il s'agissait donc de fédérer l'activité des topographes-alpinistes, autant pour la faciliter que pour la canaliser dans ce qui devint un véritable prosélytisme technique⁸⁵².

1.1.2.2. L'affirmation du rôle d'expert de la Commission.

Cependant, l'approche technicienne insufflée par Henri Vallot entraîna l'ouverture de la Commission à des explorateurs cherchant des conseils sur les méthodes topographiques, comme Louis Gentil pour ses expéditions au Maroc ou le norvégien Isachsen au Spitzberg, puis aux pôles. La tradition de critique de la carte d'état-major se développait parallèlement dans le but de définir ce qu'était une « bonne » carte de haute montagne, mais elle tendait

⁸⁵¹ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie du Club Alpin Français. *La Montagne*, avril 1905, 1^{ère} année, 4, p. 193.

⁸⁵² Voir infra, partie 3, chapitre 1.2.

à conserver la forme plus ou moins stérile de la critique pure. Ces « études connexes »⁸⁵³, pour reprendre le terme que Vallot et Prudent employaient pour désigner les études qui ne concernaient pas directement la réalisation de nouvelles cartes des régions montagneuses – but premier de la Commission –, prirent rapidement une place si importante dans les réunions qu'une partie des membres s'y opposèrent. Ainsi, à la fin de 1907, le colonel Bourgeois « [exprimait] le désir qu'on ne perde pas de vue la *topographie*, le but de la Commission, à son début, ayant été d'arriver à dresser des cartes à grande échelle des hautes cimes, à partir de la zone où la petitesse des échelles ordinaires rend les cartes des *Services publics inutiles à l'alpiniste* »⁸⁵⁴. Les travaux de levés n'ayant finalement que peu avancé, Henri Vallot reprenait cette position dans son rapport publié dans la *Montagne* en 1907 et appelait à de nouvelles vocations de topographes-alpinistes.

Mais cette mise au point n'affecta pas vraiment l'évolution de la Commission, d'un rôle purement pratique de fédération des volontaires vers un rôle plus symbolique d'expert en topographie de haute montagne. Dirigée par l'ambition scientifique démesurée d'Henri Vallot, la Commission de topographie confirma rapidement sa volonté d'incarner l'autorité française en matière de cartographie de haute montagne. En plus des conseils donnés aux explorateurs, elle signala régulièrement au SGA les erreurs ponctuelles que ses membres trouvaient dans les cartes officielles, ce qui donnait parfois lieu à des enquêtes coordonnées entre les deux organismes, comme par exemple en 1910 pour déterminer l'altitude du sommet de l'aiguille de Polset ou la position et l'altitude de la pointe de Tanneverge⁸⁵⁵.

A mon sens, cette expertise implicite de la Commission s'affirma définitivement lors de la séance du 8 mars 1912, durant laquelle ses membres critiquèrent la feuille *Tignes* de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000⁸⁵⁶. Dans son organisation même, cette séance ressemblait à une réunion d'experts, avec la participation de personnalités extérieures spécialement compétentes (le géographe Emmanuel de Martonne et le géologue Emmanuel de Margerie), l'exposition successive des avis des membres les plus qualifiés par leur connaissance géographique de la région (Paul Engelbach, Emile Gaillard, Paul Girardin, René Godefroy, Emmanuel de Margerie, Léon Maury, Henri Mettrier, Maurice Paillon), puis la mention de l'opinion de certains membres ou invités prestigieux (Robert Perret, Emmanuel de Martonne, Henri Barrère, Franz Schrader, Paul Helbronner, et bien sûr Henri Vallot).

Cette réunion du 8 mai 1912 constitue un moment crucial dans l'évolution de la Commission de topographie : dans le ton des critiques – et même des louanges –, impérieux et plein de supériorité, s'affirmait pour la première fois l'ambition des membres de la Commission de représenter non plus seulement une alternative à la cartographie officielle, mais bien l'autorité absolue en matière de topographie de la haute montagne. Les participants ne se positionnaient pas seulement comme des experts – dont l'avis reste seulement consultatif –, mais émettaient de véritables condamnations, jugeant du « bon » ou du « mauvais » emploi des méthodes et des éléments cartographiques. La présence prestigieuse des plus grands noms de la géomorphologie française, Emmanuel de Martonne et Emmanuel de Margerie, donnait d'ailleurs un poids considérable aux jugements émis.

⁸⁵³ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie du CAF. *La Montagne*, avril 1906, 2^{ème} année, 4, p. 191.

⁸⁵⁴ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 novembre 1907, p. 7.

⁸⁵⁵ PV Com. Topo. CAF. Séance du 5 janvier 1911, p. 2

⁸⁵⁶ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 3-31. Pour une étude détaillée de cette séance, voir infra, partie 3, chapitre 1.2.3.

Dans une conclusion remarquable de suffisance, alors qu'il avait pourtant rappelé les différences de conception entre les cartes du service officiel et les cartes d'alpinistes à l'origine d'un certain nombre de défauts critiqués, Henri Vallot annonçait que la Commission était prête à apporter son concours à l'*amélioration* des feuilles de montagne de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, s'il lui était demandé⁸⁵⁷ - comme si ses membres étaient les seuls à pouvoir apporter les éléments indispensables à une « bonne » carte de haute montagne. D'une certaine façon, en s'autoproclamant l'autorité française dans le domaine de la topographie alpine, la Commission répétait le développement du Club alpin français qui s'était affirmé dans le dernier quart du 19^e siècle comme la référence principale et l'interlocuteur privilégié des autorités dans le domaine de la montagne en général⁸⁵⁸.

1.1.2.3. Une réforme structurelle pour refléter le nouveau statut.

L'évolution du rôle de la Commission incita Henri Vallot à envisager une réforme de son organisation. D'après Robert Perret⁸⁵⁹, il prévoyait de supprimer la différence entre membre titulaire et membre correspondant. Si Perret présentait cette mesure comme un nouveau signe des qualités humaines de Vallot, je l'interprète plus comme une réaction aux modifications des statuts du CAF en 1913, qui avaient introduit une part de proportionnalité dans l'élection des membres de la Direction Centrale pour limiter la prépondérance de la section parisienne⁸⁶⁰.

Mais les autres mesures envisagées reflétaient plus certainement la nouvelle orientation de la Commission. Henri Vallot voulait ainsi doter l'organisme d'un règlement intérieur plus précis, imposant notamment aux candidats-membres d'avoir fait la preuve de leur compétence. Perret y voyait la volonté d'adapter la Commission à l'évolution de la topographie indépendante, dans laquelle l'expérience acquise par les membres anciens justifiait plus la recherche de perfectionnements communs que la mise en place d'un véritable enseignement. A mon avis, cette réforme traduisait plutôt la nouvelle conception du travail de la Commission, qui ne consistait plus à fédérer les « bonnes volontés » pour dresser des cartes locales à l'usage des alpinistes et des scientifiques, mais bien à réunir des spécialistes de la topographie de haute montagne au sein d'une commission qui effectuerait un travail quasi-professionnel et jouerait le rôle d'autorité en France dans ce domaine.

Cependant, la réforme envisagée par Henri Vallot ne fut pas mise en place, puisque la Commission de topographie fut dissoute au moment de la déclaration de guerre et seulement reformée en 1923, dans une organisation moins ambitieuse.

1.1.3. La place déclinante de la topographie dans la Commission des travaux scientifiques du CAF.

1.1.3.1. Une commission amoindrie par la mort d'Henri Vallot.

Dans sa forme initiale, la Commission de topographie avait cessé de se réunir en 1914 au moment de la déclaration de guerre et n'avait pas été reformée après l'armistice. A la

⁸⁵⁷ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 30-31.

⁸⁵⁸ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 11.

⁸⁵⁹ PERRET Robert. Notes de M. R. Perret. In MAURY Colonel Léon éd. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*, p. 140.

⁸⁶⁰ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 59-68.

suite du Congrès de l'alpinisme de Monaco, Francisque Régaud, nouveau président du CAF, créa en 1923 une Commission scientifique qui réunissait les membres survivants de la Commission de topographie et d'autres spécialistes de disciplines scientifiques traitant de la montagne : glaciologues, géologues, botanistes, etc.

Malgré cette volonté d'ouverture, l'encadrement fut essentiellement assuré par d'anciens membres de la Commission d'avant-guerre : Franz Schrader, puis Emmanuel de Margerie en furent successivement présidents, Paul Girardin, Robert Perret et Léon Maury secrétaires. Parmi les différentes sous-commissions créées, seule celle de topographie effectuait vraiment un travail régulier, au point que le système des sous-commissions fut finalement supprimé en juin 1924, la Commission scientifique étant en même temps renommée Commission des travaux scientifiques.

Mais si l'activité topographique de certains de ses membres restait importante, l'organisation même de cette activité souffrait de la disparition d'Henri Vallot qui avait été le principal moteur de la commission d'avant-guerre. Je trouve d'ailleurs symptomatique à la fois de l'influence considérable qu'exerça Henri Vallot sur les topographes-alpinistes et à la fois de leur perte de dynamisme, qu'au moment de la création de la Commission scientifique, un an après sa mort, ce fût l'organisation qu'il envisageait pour réformer la Commission de topographie en 1914 qui fut mise en avant par Robert Perret. Aucune conception originale ne venait renouveler la vision qu'avait imposée Henri Vallot de l'organisation des topographes-alpinistes, et leur activité déclina régulièrement jusqu'à la fin des années trente.

1.1.3.2. Les conséquences du déclin de l'excursionnisme cultivé.

Si la plupart des œuvres cartographiques des membres de la Commission furent publiées dans les années vingt et trente, le travail de terrain souffrait du manque de renouvellement des topographes-alpinistes. Le modèle de l'excursionnisme cultivé était de plus en plus fortement remis en cause depuis le début du 20^e siècle. En 1919, la création du Groupe de haute montagne (GHM) avait confirmé l'essor d'une pratique uniquement sportive de l'alpinisme, complétée à l'opposé de l'investissement physique demandé par une pratique touristique au sens moderne du terme de « découverte sans prétention ». L'approche essentiellement culturelle de la haute montagne n'était plus défendue que par les plus anciens membres du CAF et périlait en même temps que ceux-ci disparaissaient peu à peu.

Dans le domaine scientifique, les topographes-alpinistes les plus prestigieux mouraient également les uns après les autres sans être remplacés par une nouvelle génération. La Commission des travaux scientifiques comptait parmi ses membres des géologues, des glaciologues ou des botanistes, mais les seuls véritables topographes-alpinistes encore en activité dans les années trente étaient tous d'anciens membres de la Commission d'avant-guerre, comme Charles Vallot, Etienne de Larminat ou Léon Maury. Des raisons multiples expliquent le désintérêt des nouveaux alpinistes pour la topographie. Les nouvelles orientations de l'alpinisme, l'investissement par les élites cultivées et fortunées de nouvelles formes de loisir (automobile, aviation), le développement d'autres disciplines scientifiques (glaciologie, géomorphologie), en partie liées à de nouvelles pratiques « sportives » comme la spéléologie, participèrent à une érosion rapide du socle de recrutement des topographes-alpinistes et au déclin de leurs travaux de terrain entre 1920 et 1939, alors que leur production cartographique continuait d'être alimentée jusqu'à la fin des années quarante par des travaux essentiellement réalisés entre le début du siècle et les années

vingt. Mais selon moi, ce furent surtout l'investissement du SGA dans les Alpes⁸⁶¹ et le développement de nouvelles techniques topographiques inaccessibles à des particuliers comme la photographie aérienne⁸⁶², qui scellèrent définitivement le destin des topographes-alpinistes.

1.2. Le prosélytisme technique de la Commission de topographie.

Les travaux d'Henri et Joseph Vallot dans le massif du Mont Blanc montraient que les ascensionnistes pouvaient parfaitement exécuter des travaux topographiques véritablement scientifiques, c'est-à-dire basés sur une mesure instrumentale du terrain tant au niveau de la géodésie que de la topographie elle-même. Ils marquaient ainsi une évolution importante de la cartographie indépendante vers une approche plus technique que figurative⁸⁶³, dans laquelle l'influence d'Henri Vallot était prépondérante. Dès sa création en 1903, la Commission de topographie fut complètement dominée par les conceptions de celui-ci et son activité se transforma en un véritable prosélytisme technique qui permit une certaine normalisation du travail des topographes-alpinistes. Juste avant la guerre, cette normalisation se concrétisa dans l'affirmation d'un modèle de la cartographie de haute montagne, défini par opposition aux premières feuilles alpines de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000.

1.2.1. La domination d'Henri Vallot : définition d'une vision unique de la cartographie de haute montagne.

1.2.1.1. La controverse initiale sur les objectifs de la Commission.

Les premières réunions de la Commission de topographie furent animées par une controverse sur la nature précise des travaux à effectuer. Lors de la première séance, Paul Helbronner se prononça pour une *réfection complète* de la carte d'état-major dans les régions de haute montagne : jugeant celle-ci inférieure aux cartes étrangères et notamment suisses, il proposait de refaire la triangulation et de confier les levés topographiques à des volontaires, pour lesquels Franz Schrader envisageait la mise en place d'une formation spécifique. Les membres correspondants Maurice Paillon et Henri Duhamel présentèrent un projet analogue lors de la séance suivante, mais avec une certaine confusion dans les termes employés (réfection, rectification, correction, révision). Elle fut radicalement rejetée par Henri Vallot, alors qu'il n'avait précédemment opposé que des réserves sur la forme des propositions d'Helbronner⁸⁶⁴.

La position soutenue par Henri Vallot avait déjà été ébauchée dans les échanges épistolaires qui avaient mené à la création de la Commission, autour de l'idée, déjà centrale dans sa carte du massif du Mont Blanc, que l'échelle du 1 : 20 000 était la mieux adaptée à la représentation cartographique de la haute montagne :

⁸⁶¹ Voir infra, partie 3, chapitre 2.3.

⁸⁶² Voir infra, partie 4, chapitre 2.3.3.3.

⁸⁶³ Voir supra, partie 2, chapitre 2.3.

⁸⁶⁴ En particulier, il soulignait la nécessité de commencer par former les volontaires avec des levés topographiques simplifiés (points principaux des cols et des crêtes, reliés par des lignes pour donner un schéma orographique), dans des régions faciles et déjà bien triangulées.

« D'après moi, les levés devraient être faits au 20 000^e, une échelle plus petite ne permet pas l'inscription des détails en haute montagne, où deux pics distants de cent mètres sont quelquefois, pour l'alpiniste, à une distance pratiquement énorme. La publication pourrait être faite au 50 000^e, mais c'est la plus petite échelle tolérable pour la haute montagne. »⁸⁶⁵

Dès la deuxième séance de la Commission, il formula plus clairement son opinion en l'opposant à la révision ou à la rectification de la carte d'état-major proposée par Maurice Paillon – mais sans aucune référence à la proposition similaire faite par Paul Helbronner :

« M. H. Vallot déclare que, pour son compte personnel, il est absolument opposé à cette manière de voir ; selon lui, la carte de l'Etat-Major ne peut être ni révisée, ni corrigée par les alpinistes. Le seul parti raisonnable à prendre consiste à faire table rase de ce qui existe et à refaire du neuf, en s'appuyant exclusivement sur une trigonométrie solide, et en divisant le travail en deux étapes successives [levés simplifiés donnant des points de repère, puis levés de détail], comme il l'a expliqué à la dernière réunion. »⁸⁶⁶

La controverse était fondamentalement faussée. Elle opposait des membres qui ne disposaient absolument pas du même capital d'autorité : d'un côté, des membres permanents systématiquement présents aux réunions, également membres de la section parisienne du club et souvent de la direction centrale, menés par Henri Vallot ; de l'autre côté, des membres correspondants, issus des sections de province (Paillon à Lyon, Duhamel à Grenoble), donc généralement absents des réunions et communiquant par lettres. Le contexte, marqué par la contestation institutionnelle des sections de province menées par celle de Lyon, n'était d'ailleurs pas favorable aux membres provinciaux. Le débat lui-même était dirigé par Henri Vallot, qui en tant que secrétaire de la Commission était à la fois juge et partie : après avoir donné lecture des lettres adressées par les partisans de la révision, en incluant souvent ses propres commentaires critiques, il n'hésitait pas à attaquer ouvertement leur travail afin de souligner les défauts de leur proposition⁸⁶⁷.

Le résultat était prévisible : le 27 mars 1903, les membres présents à la réunion de la Commission, tous partisans de la réalisation de cartes entièrement nouvelles – y compris Paul Helbronner qui s'était rapidement rallié à l'avis d'Henri Vallot –, décidèrent « à l'unanimité, qu'il [convenait] d'abandonner toute idée de révision ou de rectification des cartes existantes, et que les levés à faire par les alpinistes dans la haute montagne [devaient] comporter des opérations entièrement nouvelles, appuyées uniquement sur les points trigonométriques les plus sûrs de la carte de France, ou sur ceux qui [seraient] déterminés ultérieurement conformément au programme élaboré par la Commission »⁸⁶⁸.

⁸⁶⁵ Lettre citée dans MAURY Colonel Léon éd. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*, p. 131.

⁸⁶⁶ *PV Com. Topo. CAF. Séance du 27 mars 1903*, p. 10.

⁸⁶⁷ Durant la séance du 27 mars 1903, Henri Vallot souligna lors de la lecture de la lettre de Maurice Paillon les incohérences et imprécisions dans sa conception d'une « révision », puis, comparant une carte au 1 : 50 000 du Mont Pourri dressée par ce dernier à partir des documents existants pour la *Revue Alpine* (organe de la section lyonnaise du CAF) et une carte du capitaine René Godefroy à la même échelle accompagnant un article de l'*Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*, Vallot conclut à leur différence totale qui montrait les dangers d'une révision de la carte d'état-major – sous-entendant la supériorité et la plus grande « vérité » de la carte de Godefroy. *Ibid.*, p. 10-11.

⁸⁶⁸ *Ibid.*, p. 11.

1.2.1.2. La victoire des arguments d'autorité.

Je trouve que ce débat autour des objectifs de la Commission de topographie est très révélateur du fonctionnement interne du Club alpin français, encore dominé par les élites parisiennes qui siégeaient à la direction centrale, particulièrement dans la façon dont tous les arguments techniques plus rationnels – c'est-à-dire moins susceptibles d'être rejetés par des personnes partageant une même culture intellectuelle – furent curieusement évincés au profit de purs arguments d'autorité.

Par exemple, les raisons techniques à la difficulté d'une révision de l'orographie de la carte d'état-major ne furent que brièvement abordées *après* la décision unilatérale des membres permanents d'exécuter des travaux entièrement nouveaux. Comme Maurice Paillon appelait une nouvelle fois – et toujours par lettre interposée – à la révision de la carte d'état-major, Henri Vallot expliqua en effet, en se référant au récent ouvrage du colonel Berthaut sur la carte de France⁸⁶⁹, que la révision de l'orographie de cette carte était « une chose irréalisable » au point que les militaires eux-mêmes ne corrigeaient pratiquement que la planimétrie⁸⁷⁰. D'une façon plus générale, la Commission ne procéda à aucune étude détaillée des différentes cartes dérivées du 1 : 80 000, alors même que ses travaux furent presque systématiquement justifiés par l'infériorité de ces cartes. L'écartement des arguments techniques au profit d'arguments d'autorité, jouant sur le prestige immense de Vallot, de Prudent ou de Schrader, empêcha toute réflexion sur les véritables limites d'une révision de la carte d'état-major. Par exemple, il ne fut à aucun moment discuté de l'éventualité de fonder sur les minutes au 1 : 40 000 en courbes de niveau une révision locale sur le terrain.

Le débat – ou plutôt l'absence de débat – fut définitivement clos lors de la réunion du 10 novembre 1903, alors qu'une lettre de Paillon exprimait à nouveau son point de vue. Dans les comptes-rendus, le sujet fut enterré aussi sèchement qu'autoritairement sous la plume d'Henri Vallot : « il semble, d'ailleurs, à lire la correspondance de notre collègue, qu'il n'ait pas encore bien compris les motifs qui ont dicté à la Commission ses divers résolutions »⁸⁷¹. La question de l'orientation des travaux de la Commission ne fut plus jamais abordée par la suite. Dans les faits, les levés topographiques originaux furent très largement majoritaires dans les réalisations des membres : le tableau suivant, dressé à partir d'un comptage des références aux travaux des membres dans les procès-verbaux des séances de la Commission d'avant-guerre (1903-1914), illustre bien cette domination (tableau 9).

Tableau 9 : Répartition des références aux travaux des membres dans les procès-verbaux de la Commission de topographie du CAF, entre 1903 et 1914*.

⁸⁶⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*

⁸⁷⁰ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mai 1903, p. 13.

⁸⁷¹ PV Com. Topo. CAF. Séance du 10 novembre 1903, p. 16.

Type de travaux	1903-1907	1908-1914	Total

* La date de 1907 constitue une coupure significative parce qu'elle correspond à la publication du manuel d'Henri et Joseph Vallot sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*, complétant le *Manuel de topographie alpine* (1904) et les *Instructions pratiques pour l'exécution des triangulations complémentaires en haute montagne* (1904) d'Henri Vallot.

1.2.1.3. Une vision dictée par l'ambition d'originalité d'Henri Vallot.

A mes yeux, la décision de concentrer les activités de la Commission sur des levés entièrement nouveaux à grande échelle s'inscrivait dans l'ambition d'originalité manifestée par Henri Vallot. Elle participait également à une volonté des membres les plus influents de la Commission de se positionner par rapport aux travaux antérieurs. Le rejet d'éventuelles révisions marquait une rupture avec la plupart des cartes indépendantes, comme celles de Viollet-le-Duc, d'Imfeld, ou bien sûr de Duhamel. L'échelle privilégiée du 1 : 20 000 affirmait également la spécificité des travaux de la Commission par rapport au Service géographique de l'armée, dont seuls les plans directeurs utilisaient cette échelle, mais en conservant un caractère strictement technique, sans les ajouts esthétiques qui en auraient fait de « véritables » cartes : couleurs, estompage, richesse de l'habillage, etc.

Soutenu par les autres membres permanents, Henri Vallot avait imposé sa vision de l'œuvre à entreprendre : la production cartographique officielle, et même la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, « ne saurait dispenser des cartes locales précises à grande échelle, que les topographes-alpinistes sont seuls en mesure d'établir en conformité avec leurs vues et leurs besoins »⁸⁷². L'influence d'Henri Vallot sur la définition des objectifs illustre le rôle central qu'il joua dans la Commission : si Paul Helbronner était reconnu comme son instigateur originel initial, Henri Vallot en fut la véritable « cheville ouvrière »⁸⁷³. Dès les discussions préliminaires, il imposa clairement son autorité sur la Commission, grâce à ses connaissances techniques en topographie, à son travail dans le massif du Mont Blanc depuis plus de treize, mais aussi à sa personnalité, bien devant Paul Helbronner, le colonel Prudent vieillissant ou même Franz Schrader qui incarnait une tendance plus artistique que scientifique. L'implication d'Henri Vallot, systématiquement décrit comme un scientifique modeste et persévérant, dans le Club alpin français participait d'un idéal de gratuité et d'une priorité donnée à l'objet de ses recherches sur la nature de celles-ci⁸⁷⁴, qui le rapprochait de la figure du savant des Lumières. Mais l'autorité absolue dont il fit preuve tant dans la gestion du fonctionnement de la Commission de topographie que dans la direction des

⁸⁷² VALLOT Henri. La nouvelle carte de France au 50 000^e. Ses rapports avec la haute montagne. *La Montagne*, mai 1906, 2^{ème} année, 5, p. 229.

⁸⁷³ BREGEAULT Henri. Henri Vallot. *Op. cit.*, p. 222.

⁸⁷⁴ Son investissement dans le CAF s'expliquait par la priorité donnée à la montagne comme objet de recherche plutôt qu'à la topographie comme nature de ces recherches.

travaux de la carte du massif du Mont Blanc, montrait également sa volonté de tout contrôler, qui se traduisait dans la quantité impressionnante de travail qu'il était capable de fournir, et s'affirma dans la mise au point de méthodes topographiques qu'il imposa au sein de la Commission comme les seuls procédés utilisables par les topographes-alpinistes.

1.2.2. Un véritable prosélytisme technique.

1.2.2.1. Le rôle central d'Henri Vallot dans l'instruction des topographes-alpinistes.

Dès la première séance de la Commission de topographie, Franz Schrader s'était prononcé pour « la création d'un école, ou tout au moins de cours de topographie », et Prudent pour la rédactions d'« instructions précises » pour guider les topographes-alpinistes volontaires et débutants « dans l'exécution des itinéraires, des tours d'horizon à l'alidade et à la planchette, et enfin des levés complets ». Moins enthousiaste, Henri Vallot se disait « sceptique sur la valeur actuelle, comme opérateurs, des alpinistes-topographes » et affirmait que les former serait « d'autant plus délicat [qu'ils ne disposaient] que de bonnes volontés qu'on peut conseiller, et non commander, comme l'[avait] maintes fois constaté le colonel Prudent [dans les Pyrénées] »⁸⁷⁵.

Cependant, sa compétence technique irréfutable et son influence majeure dans la Commission lui donnaient nécessairement un rôle central dans tout projet de formation et d'instruction des topographes-alpinistes⁸⁷⁶, dont il se chargea avec la même autorité et la même persévérance que pour imposer sa conception de l'activité de la Commission. Déjà lors de la première séance, il annonçait préparer une notice qui lui avait été demandé pour le *Manuel de l'alpinisme*⁸⁷⁷. Dès la séance suivante du 27 mars, il présentait les soixante-dix pages de son *Instructions de topographie alpine*. Celle-ci fut finalement publiée en avril 1904 sous la forme d'un *Manuel de Topographie alpine*⁸⁷⁸ de cent soixante-douze pages, dont un exemplaire fut envoyé à chaque membre titulaire ou correspondant. En juin de la même année, Henri Vallot publiait un deuxième manuel intitulé *Instructions pratiques pour l'exécution des triangulations complémentaires en haute montagne*⁸⁷⁹, qui achevaient de décrire les bases de la méthode qu'il proposait aux topographes-alpinistes à partir de celle qu'il avait conçu pour ses propres travaux dans le massif du Mont Blanc.

Reprenant l'idée de Schrader, Henri Vallot mit également en place « des exercices pratiques sur le terrain [...] aux environs de Paris, pour familiariser les opérateurs avec les

⁸⁷⁵ PV Com. Topo. CAF. Séance du 2 février 1903, p. 6.

⁸⁷⁶ Sa vocation de diffusion des méthodes topographiques n'était pas nouvelle : il avait déjà publié en 1888 un article sur l'emploi de la règle à éclimètre Goulier, dans lequel il présentait entre autres les méthodes suivies dans les Pyrénées par Schrader, Wallon, de Saint-Saud et les autres pyrénéistes. VALLOT Henri. Emploi de la règle à éclimètre du colonel Goulier dans les excursions topographiques. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1888, p. 472-519, et 1890, p. 485-497.

⁸⁷⁷ Si elle amorçait une rationalisation de la pratique dans certains chapitres concernant la manière de réaliser les ascensions, la première édition du *Manuel de l'alpinisme* en 1904 contenait essentiellement des contributions scientifiques sur la connaissance scientifique des montagnes, parfaite illustration de la prédominance du modèle de l'excursionnisme cultivé. Voir : CLUB ALPIN FRANÇAIS. *Manuel d'alpinisme*. Paris : Ed. Lucien Laveur, 1904 ; HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 81.

⁸⁷⁸ VALLOT Henri. *Manuel de topographie alpine*. Paris : Barrère, 1904, 172 p.

⁸⁷⁹ VALLOT Henri. *Instructions pratiques pour l'exécution des triangulations complémentaires en haute montagne*. Paris : G. Steinheil, 1904, 132 p.

instruments et les procédés dont ils auraient à faire usage sur le terrain »⁸⁸⁰. Plus tard, il perfectionna les méthodes présentées dans ses deux premières instructions en publiant en 1907 un troisième manuel co-écrit avec son cousin Joseph sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*⁸⁸¹, qui exposait la méthode de levés photographiques dite Laussedat-Vallot qu'ils avaient spécialement développée pour leur carte du massif du Mont Blanc⁸⁸², puis en 1909 un quatrième manuel sur les *Levés à la planchette en haute montagne*⁸⁸³, qui complétait le *Manuel de topographie alpine*. Il assura plus généralement un rôle d'encadrement fondamental, conseillant et aidant tous les topographes-alpinistes, exécutant certains calculs, mettant à disposition des instruments modifiés selon ses indications ou des aides pratiques, comme « les carnets d'observation et cahier de calculs modèle H. Vallot »⁸⁸⁴.

1.2.2.2. Un endoctrinement méthodologique.

Dans la Commission de topographie, Henri Vallot était partout : à l'exception des travaux des topographes les plus expérimentés comme Franz Schrader, toutes les réalisations des membres furent exécutées sous son haut patronage. Derrière toute cette activité didactique se manifestait la volonté de fixer la méthode employée par les topographes-alpinistes qu'avaient très tôt les responsables de la Commission. Ainsi, dans le premier compte-rendu des travaux de la Commission publié en 1905 dans *La Montagne*, Prudent et Vallot affirmait qu'« il ne suffisait pas de créer un organisme, [mais qu'] il fallait encore lui donner une règle de conduite, une *méthode de travail*, afin d'assurer une certaine unité dans l'exécution, et aussi d'empêcher, comme cela est arrivé si souvent, que faute de suivre une méthode et de se conformer aux principes de la saine topographie, les bonnes volontés ne restent stériles et impuissantes ou ne s'égarer dans une fausse voie »⁸⁸⁵.

Dès ses débuts, l'activité de la Commission se traduisait donc par ce que je qualifierai de *prosélytisme technique*. Je trouve d'ailleurs que le vocabulaire de dualité morale employé par Vallot et Prudent, opposant la « saine topographie » aux « fausses voies », reflète bien la nature profonde de l'effort méthodologique de la Commission. Mon hypothèse est que cette rhétorique quasi-religieuse trouvait son origine dans le bénévolat des futurs topographes-alpinistes : la meilleure façon d'encadrer ces « bonnes volontés » impossibles à commander dont parlait Vallot restait sans doute de les endoctriner, ou tout du moins de les convertir à la vision des membres titulaires en général – et d'Henri Vallot en particulier. Cet endoctrinement passait avant tout par la promotion de méthodes simples et efficaces qui donneraient aux résultats la cohérence et la direction souhaitées par le bureau de la Commission : les topographes-alpinistes volontaires étaient ainsi invités à s'occuper « de l'étude détaillée de quelques régions limitées auxquelles ils [étaient] naturellement portés à s'attacher, mais [en] opérant tous conformément à des instructions de la Commission »⁸⁸⁶.

1.2.2.3. La méthode « officielle ».

⁸⁸⁰ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie. [avril 1905] *Op. cit.*, p. 195.

⁸⁸¹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie...* *Op. cit.*

⁸⁸² Voir infra, partie 3, chapitre 3.2.

⁸⁸³ VALLOT Henri. *Levés à la planchette en haute montagne*. Paris : Barrère, 1909, 193 p.

⁸⁸⁴ PV Com. Topo. CAF. Séance du 26 janvier 1910, p. 2.

⁸⁸⁵ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie. [avril 1905] *Op. cit.*, p. 194.

⁸⁸⁶ PV Com. Topo. CAF. Séance du 2 février 2003, p. 7.

Activement soutenus par certains des membres titulaires les plus influents comme Helbronner ou Prudent, l'autorité scientifique et technique d'Henri Vallot était telle qu'il n'y eut pas d'opposition ouverte à la méthode topographique qu'il imposait. Même si leur rédaction assurée par Henri Vallot émoussait certainement les positions divergentes, le contenu des procès-verbaux de la Commission de topographie m'apparaît très révélateur de cette uniformisation des méthodes employées : très rapidement, ils ne détaillèrent plus les méthodes mises en œuvre dans les travaux sur le terrain – qui étaient toujours les mêmes –, mais se contentèrent de citer les instruments utilisés (règle à éclimètre, alidade nivelatrice, planchette à main) et l'emploi éventuel de la photographie.

Cette normalisation des méthodes par le haut se traduisait par un discours qui mettait systématiquement en avant l'unité méthodologique des travaux de la Commission, parfois même dans des contextes ne s'y prêtant pas directement. Ainsi, la méthode « officielle » fut exposée de façon très formelle et synthétique dans un article d'Henri Vallot consacré à la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, publié dans *La Montagne* en 1906. Après avoir détaillé la méthode du Service géographique de l'armée, en soulignant la précision insuffisante pour les besoins scientifiques et alpinistes des triangulations graphiques employées dans les levés de précision, et la nécessité toujours actuelle de disposer de cartes locales plus détaillées, il définissait la méthode originale de la Commission :

« Répondant directement à l'objectif de la topographie alpine, la conception du canevas est entièrement différente de celle des levés de précision du Génie ; ce canevas est constitué par des triangulations au théodolite, appuyées exclusivement sur les points de premier ordre du réseau géodésique français [des ingénieurs géographes, les seuls points d'une précision jugée toujours satisfaisante] ; il fournit ainsi des points trigonométriques absolument sûrs, tout comme position que comme altitude, à raison d'un en moyenne par 2 km². L'ensemble des crêtes, les points de rattachement dans les vallées et tous les points de la région ayant quelque importance topographique se trouvent ainsi définis avec des garanties de précision qu'on ne peut demander ni aux points de 3^e ordre de l'ancienne triangulation française, ni aux opérations graphiques quelles qu'elles soient. Mais ce n'est pas tout : pour achever cette définition des crêtes, pour "habiller" ce canevas, le topographe alpiniste dispose des procédés photographiques, qui lui sont familiers, qu'il a constamment à sa disposition et auxquels il a recours le plus volontiers, parce qu'il s'en sert aisément et presque sans dépense supplémentaire, ni éducation préalable ; étant entendu qu'il s'agit ici de régions le plus souvent inaccessibles où les procédés par intersection sont seuls admissibles et où l'emploi des perspectives acquiert son maximum de rendement. »⁸⁸⁷

Dans le détail, la méthode « officielle » des topographes-alpinistes, telle qu'elle fut définie dans les manuels d'Henri Vallot, suivait donc trois étapes :

- l'exécution d'une *triangulation complémentaire au théodolite*, basée sur les seuls points de 1^{er} ordre de la triangulation des ingénieurs géographes : Henri Vallot ne l'envisageait pas comme de la géodésie fondamentale de 1^{er} ordre ou de 1^{er} ordre complémentaire, qui demandait des compétences et un investissement bien

⁸⁸⁷ VALLOT Henri. *La nouvelle carte de France au 50.000^e*. Op. cit., p. 228-229.

supérieurs, mais insistait sur sa réalisation méthodique au théodolite en stationnant le plus possible de points de 2^e et 3^e ordres, là où la triangulation des ingénieurs géographes péchait dans les Alpes. Il s'opposait systématiquement aux triangulations graphiques, qui ne pouvaient servir qu'à déterminer un canevas intermédiaire entre le canevas géodésique et le levé de détails, et non à combler les lacunes de la triangulation comme c'était le cas dans les levés de précision alpins ;

- la réalisation d'un *canevas intermédiaire* entre la triangulation et le levé de détails : elle pouvait être exécutée par des méthodes graphiques, qu'Henri Vallot n'acceptait que dans ce but, à l'alidade holométrique ou encore à la règle à éclimètre, moins coûteuse, qu'Henri Vallot modifia pour la rendre plus efficace dans ces opérations ;
- le « levé » *topographique* : les données topographiques nécessaires au dessin d'une carte pouvaient être obtenues :
 - pour les zones accessibles, (a) soit par la méthode régulière de levé à la planchette, qu'Henri Vallot considérait comme la meilleure, mais qui n'était que peu utilisée par les topographes-alpinistes faute de temps⁸⁸⁸ ; (b) soit par la méthode expédiée, qui reposait sur des tours d'horizon goniographiques et photographiques, plus faciles et plus rapides à mettre en œuvre sur le terrain, ce qui restait « la considération dominante, [même si] la rédaction au bureau [exigeait] un travail long et minutieux et se [heurta]it souvent à des difficultés provenant d'une insuffisance imprévue des documents recueillis »⁸⁸⁹ ;
 - pour les zones inaccessibles, (a) le tracé des courbes et la détermination des cotes était exécuté par exploitation des levés photographiques, Henri Vallot considérant sa méthode comme la plus précise des méthodes d'intersection et la seule efficace ; (b) le dessin topographique reposait sur l'observation des mêmes photographies.

1.2.2.4. L'équipement instrumental.

Même si elle était supposée s'appliquer à des régions limitées, cette méthode « officielle » des topographes-alpinistes était particulièrement ambitieuse. Elle nécessitait l'emploi d'instruments dont la plupart des membres ne pouvait pas aisément disposer : théodolite, règle à éclimètre, planchette de topographes, alidade nivelatrice, etc. La Commission de topographie avait émis le souhait de se procurer des instruments pour les prêter à ses membres, mais elle était limitée par ses crédits, uniquement constitués des cotisations et dons divers. Les opérations géodésiques étant réservées aux plus motivés et compétents des membres, il fut rapidement décidé de privilégier l'emprunt d'un théodolite auprès d'administrations ou de particuliers susceptibles de s'en séparer pour de courtes périodes, plutôt que d'en acquérir de mauvaise qualité⁸⁹⁰.

Pour le reste, des achats furent régulièrement effectués, essentiellement des règles à éclimètre Goulier, des pieds de topographie légers (conçus par les fabricants Brosset frères et Henri Vallot, encore), des planchettes avec boussole Prudent, une alidade nivelatrice en 1911. Henri Vallot apporta des modifications mineures aux règles à éclimètre Goulier 1908, afin de les rendre plus efficaces dans l'exécution des canevas en haute montagne⁸⁹¹. Il présenta également en 1910 un jalon-mire de quatre mètres pour étendre la portée de ces

⁸⁹⁰ PV Com. Topo. CAF. Séance du 10 novembre 1903, p. 16.

⁸⁹¹ PV Com. Topo. CAF. Séance du 20 mars 1908, p. 8.

règles de deux cents à quatre cents mètres dans les cheminements et rayonnements⁸⁹². De nombreux membres achetaient du matériel pour eux-mêmes : ainsi, Paul Helbronner acquit en 1904 un théodolite léger, modèle SGA, sur les conseils du commandant Bourgeois ; le commandant de Magnin se procura aussi un théodolite en 1904 ; Belloc acheta une règle à éclimètre en 1906 pour ses travaux dans les Pyrénées ; à partir de 1907, beaucoup d'autres membres se dotèrent de leur propre instrument.

1.2.3. Un modèle pour la cartographie de haute montagne.

L'essentiel du travail effectué par les membres de la Commission avant la guerre consistait en des opérations de terrain. Pratiquement aucune carte ne fut dressée et publiée avant les années vingt. Le prosélytisme technique de la Commission se manifesta donc essentiellement dans les méthodes de levés, mais l'aspect purement *cartographique* n'était pas ignoré. A une époque où la connaissance touristique et scientifique de la montagne avait atteint un degré de formalisation suffisant pour être envisagée comme un corpus cohérent, l'ambition d'originalité imposée par Henri Vallot à la Commission de topographie ne s'appliquait pas seulement aux méthodes topographiques mises en œuvre, mais procédait plus généralement d'une volonté de définir une forme nouvelle, aboutie et fixe, de représentation cartographique de la montagne, susceptible de traduire cette cohérence et de glorifier les régions montagneuses par la carte. Au-delà de l'uniformisation méthodologique, cette volonté se traduisit par la définition d'un modèle cartographique pour la haute montagne, qui se fit d'abord par la critique des cartes existantes, puis par la publication des premières cartes de topographes-alpinistes.

1.2.3.1. Une définition par opposition aux cartes existantes : la critique de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000.

Après une décennie presque entière consacrée à l'application des méthodes topographiques d'Henri Vallot, la Commission de topographie se trouvait au début des années 1910 à l'aube des premières publications des topographes-alpinistes. La méthode « officielle » pour les travaux sur le terrain ayant été largement diffusée, la Commission se pencha donc sur les questions proprement *cartographiques*. Alors que Robert du Verger venait de dresser la première carte basée sur des levés exécutés selon les instructions de la Commission⁸⁹³, celle-ci se réunit le 8 mai 1912 pour critiquer en détails la première feuille alpine de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 : *Tignes* (annexe 2, figure 12).

Plus que la carte des *Aiguilles de l'Argentière – Massif des Sept-Laux* publiée par du Verger (1911, 1 : 20 000), ce furent les critiques adressées à la feuille de *Tignes* qui définirent ce qu'une « bonne » carte de haute montagne devait être – par la négative, en affirmant ce qu'elle ne devait pas être. Dans une suite de longues études détaillées⁸⁹⁴, les participants à la séance du 8 mai 1912 soulignèrent ainsi les qualités de la nouvelle carte, parmi lesquels l'échelle plus grande, la meilleure lisibilité, la « bonne » utilisation des courbes de niveau, des couleurs et de l'estompage, mais critiquèrent surtout sévèrement le manque de cotes, la « mauvaise » représentation topographique du terrain, notamment des glaciers et du rocher traité comme un schéma conventionnel, l'insuffisance et les erreurs de la toponymie.

⁸⁹² PV Com. Topo. CAF. Séance du 9 juin 1910, p. 22.

⁸⁹³ Voir infra, partie 3, chapitre 1.3.3.2.

⁸⁹⁴ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 3-31.

Différentes tendances s'esquissaient au sein des participants eux-mêmes, reflétant des orientations déjà sensibles dans les comptes-rendus des réunions ordinaires de la Commission de topographie. A côté du pôle technique que dominaient Henri Vallot et Paul Helbronner, surtout intéressé aux opérations géodésiques et topographiques elles-mêmes, et du pôle artistique qui, derrière Franz Schrader, se préoccupait principalement de la représentation topographique et des problèmes cartographiques de gravure ou d'impression, se trouvaient un pôle toponymique autour d'Emile Gaillard, d'Henri Mettrier et de Maurice Paillon, et un pôle géographique se focalisant sur le contenu topographique lui-même, avec Robert Perret, René Godefroy et les invités exceptionnels Emmanuel de Martonne et Emmanuel de Margerie. Plus que des divergences, ces pôles exprimaient des différences de compétences et d'orientations. Pratiquement aucun avis contradictoire ne fut d'ailleurs énoncé, même si certains participants défendirent des caractéristiques de détail qui ne furent pas « officiellement » reconnues comme fondamentales par la Commission, à l'image par exemple de l'indication de l'altitude sur les courbes maîtresses dont Henri Mettrier et Paul Girardin regrettaient l'absence sur la feuille du Service géographique de l'armée.

De cet ensemble considérable de critiques et remarques ressortait une position implicite globalement partagée, selon laquelle une « bonne » carte de haute montagne devait répondre à trois exigences fondamentales, qui recouvraient les préoccupations des quatre pôles d'intérêt que j'ai mentionnés :

- l'intelligence géographique du terrain, et donc sa bonne connaissance par l'opérateur topographe, le dessinateur cartographique et si possible le graveur, qui seule permettait une représentation exacte, cohérente et « vraie » du relief ;
- une cartographie rationnelle et réfléchie, « scientifique », qui seule permettait d'allier précision et lisibilité, la lisibilité servant la précision ;
- le respect de la montagne, enfin, qui s'exprimait autant dans la représentation artistique du relief, permettant de conserver la beauté de la montagne, que dans le respect de la toponymie locale.

1.2.3.2. Le modèle pratique : la carte du *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu* de Schrader.

Une trentaine de pages de critiques diverses et de recommandations générales ne suffisaient pas à fonder un modèle de cartographie de la haute montagne. Il fallait disposer d'exemples concrets mettant en application ces recommandations et illustrant les spécifications privilégiées par les membres de la Commission de topographie. Deux cartes de topographes-alpinistes furent publiées avant la guerre, qui répondaient toutes deux exactement aux exigences formulées par la Commission : le *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu* (1914, 1 : 20 000)⁸⁹⁵, dressée par Franz Schrader qui, à plus de soixante ans, était retourné sur le terrain entre 1906 et 1913, et les *Aiguilles de l'Argentière, Massif des Sept-Laux* (1911, 1 : 20 000)⁸⁹⁶ de Robert du Verger, une petite carte basée sur la triangulation d'Helbronner et ne couvrant que quelques kilomètres carrés.

Dans les deux cas, le topographe-alpiniste connaissait parfaitement la zone représentée et avait cherché une représentation qui soit à la fois sobre, lisible et expressive. Les deux cartes utilisaient l'échelle du 1 : 20 000 prônée par Henri Vallot.

⁸⁹⁵ SCHRADER Franz. *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu*. Paris : Henry Barrère, 1914. 1 feuille. 5 couleurs. Echelle 1 : 20 000.

⁸⁹⁶ VERGER Robert du. *Aiguilles de l'Argentière, Massif des Sept-Laux*. Paris : Erhard Frères, 1911. 1 feuille. 4 couleurs. Echelle 1 : 20 000.

Elles représentaient le relief par des courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, avec des courbes maîtresses tous les cent mètres, mises en valeur par un tracé plus épais. Les couleurs de base employées étaient « traditionnelles » : noir pour la planimétrie et la riche toponymie, bistre pour les courbes de niveau, bleu pour l'hydrographie et les courbes glaciaires⁸⁹⁷. Sur la carte de Du Verger, les courbes maîtresses portaient une indication de l'altitude et les courbes rocheuses étaient en violet. Sur celle de Schrader, la végétation était représentée par un signe conventionnel en vert et le rocher à l'effet dessiné en violet.

La qualité de la représentation topographique fut vantée pour les deux cartes. Robert Perret compara le « coup de plume » de Du Verger à celui d'Imfeld⁸⁹⁸. Quant à la carte de Schrader, sur laquelle ce dernier figurait, selon Numa Broc, « de la façon la plus exacte et la plus expressive les moindres détails de la lithologie, de la structure, de la morphologie fluviale et glaciaire »⁸⁹⁹, elle fut érigée en véritable chef-d'œuvre. Henri Vallot la présenta d'ailleurs comme le modèle à suivre pour les autres publications des membres de la Commission – considérant sa propre carte comme trop précise et détaillée pour servir de référence⁹⁰⁰.

1.2.3.3. L'affirmation de la tendance scientifique.

Malgré les références flatteuses aux topographes suisses et les louanges adressées à l'expressivité du relief, les deux cartes de Schrader et du Verger différaient sensiblement des chef-d'œuvres de la fin du 19^e siècle auxquels elles étaient comparées, sa propre carte du Mont-Perdu de 1874 pour Schrader et la carte de la chaîne du Mont Blanc dessinée par Imfeld en 1895 pour du Verger. Aucune des deux ne comportait les riches dégradés de couleur de la carte d'Imfeld, ni les hachures expressives et détaillées du rocher ou le léger ombrage soulignant le modelé des glaciers de la carte du Mont-Perdu de 1874. Si elles employaient plus de couleurs que les trois ou quatre traditionnelles (noir, bleu, bistre, parfois vert pour la végétation), utilisées par exemple sur la feuille provisoire des environs de Chamonix publiée par les Vallot en 1907, c'était surtout pour mettre en valeur l'orographie, dans une perspective géomorphologique comparable à l'approche géologique qu'adopta un peu plus tard Robert Perret dans sa *Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts* (1922, 1 : 20 000) en employant également le violet pour les signes conventionnels donnant la nature géologique des roches. Même les procédés d'estompage, que le Service géographique de l'armée utilisait sur sa carte au 1 : 50 000 pour rehausser l'expressivité du relief – et qui avaient d'ailleurs été peu critiqués lors de la séance du 8 mai 1912 – étaient rejetés pour ne pas nuire à la lisibilité du dessin.

Je pense donc que ces deux premières cartes publiées sous l'autorité de la Commission de topographie marquaient le passage définitif à un mode de représentation moins figuratif, plus géométrique et plus systématique, influencé par la formalisation des théories géomorphologiques et le développement d'une vision plus scientifique de la cartographie. L'œuvre de Schrader m'apparaît exemplaire de ce changement : en quarante ans, sa représentation de la même région avait radicalement changé sous l'impact de son perfectionnement technique et de l'évolution de la cartographie.

⁸⁹⁷ La question de la normalisation des couleurs employées et de l'influence du modèle suisse sur la cartographie topographique française est discutée plus loin, voir infra, partie 3, chapitre 4.2.2.

⁸⁹⁸ PERRET Robert. Notes de M. R. Perret. *Op. cit.*, p. 150.

⁸⁹⁹ BROC Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 121.

⁹⁰⁰ Voir supra, partie 3, chapitre 1.1.3.2.

Il est difficile de ne pas voir dans cette orientation plus strictement scientifique l'influence encore fondamentale d'Henri Vallot, notamment dans son ambition de voir les membres de la Commission dresser des cartes répondant aux besoins, réels ou supposés, des touristes et des scientifiques. J'estime que le prosélytisme technique qu'il soutenait au sein de la Commission s'appliquait également à l'aspect purement cartographique des travaux. S'il paraissait moins directif dans ce domaine, c'était probablement parce que la période de pleine activité de la Commission elle-même entre 1903 et sa dernière réunion le 26 mai 1914 fut surtout marquée par le développement régulier des travaux de terrain entrepris par ses membres, alors qu'aucune autre carte que celles de Schrader et du Verger ne fut publiée avant la guerre. Sa santé déclinante et l'absence de structure institutionnelle efficace limitèrent l'influence directe d'Henri Vallot après la guerre, mais sa conception de la cartographie se retrouve dans les plus grandes œuvres des topographes-alpinistes – même si les nouveaux travaux entrepris après la guerre s'écartèrent assez significativement de l'ambition d'originalité et de scientificité qu'il prônait.

1.3. L'œuvre des topographes-alpinistes, entre projet ambitieux et réalisation pragmatique.

Dans l'activité des topographes-alpinistes, la guerre fut une rupture beaucoup moins radicale que pour le Service géographique de l'armée, marqué par la double hémorragie des morts et des promotions éloignant les officiers des travaux topographiques⁹⁰¹. Elle sépare seulement de façon très nette deux périodes reliées par une continuité logique que Numa Broc résume par les termes de « semailles » et de « moissons »⁹⁰². Après la création de la Commission de topographie, la réunion et l'instruction d'un groupe actif de topographes-alpinistes, l'avant-guerre fut dominée par la mise en route de la plupart des travaux et l'exécution de nombreuses campagnes de terrain. Les années vingt et trente constituèrent au contraire l'apogée éditoriale des topographes-alpinistes, avec l'achèvement de toutes les entreprises ambitieuses nées au sein de la Commission : la description géométrique détaillée des Alpes de Paul Helbronner et les grandes œuvres cartographiques des Vallot, de Robert Perret et de Charles Buisson. Mais cette période marqua aussi la fin d'une illusion : alors que les membres titulaires les plus dynamiques disparaissaient les uns après les autres, l'activité régulière des topographes-alpinistes montrait sa véritable nature faite de réalisations pragmatiques souvent dérivées des cartes officielles, croquis topographiques et schémas orographiques « mineurs », en complète opposition avec l'ambition d'originalité prônée par Henri Vallot. Cette activité encore relativement importante, fédérée dans une Commission recréée en 1923 sous une forme amoindrie, diminua singulièrement dans les années trente, période de déclin définitif de l'excursionnisme cultivé en général et des topographes-alpinistes en particulier.

1.3.1. La description géométrique détaillée des Alpes de Paul Helbronner.

1.3.1.1. Un projet issu de la Commission de topographie.

L'activité de la Commission de topographie du Club alpin français est habituellement présentée à travers les deux œuvres majeures réalisées par ses membres fondateurs : la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000 d'Henri et Joseph Vallot et la description géométrique détaillée des Alpes de Paul Helbronner. Contrairement à la carte des Vallot,

⁹⁰¹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.3.

⁹⁰² BROU Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 119.

la triangulation d'Helbronner est véritablement une conséquence de la création de la Commission : les premiers travaux, puis le projet de les réunir en un ensemble cohérent furent décidés au sein de celle-ci et une grande partie des opérations fut effectuée sous l'autorité omniprésente d'Henri Vallot.

Paul Helbronner (1871-1938) était un jeune polytechnicien qui, après être passé par l'Ecole nationale d'artillerie de Fontainebleau, avait épousé Hélène Fould en 1897, se retrouvant par cette alliance à « pantoufler » dans l'entreprise sidérurgique de son beau-père⁹⁰³. Il semble qu'il ait rencontré pour la première fois les Vallot pendant des vacances passées adolescent à Chamonix. Membre éminent de la Société de photographie et du Club alpin français, peu intéressé par sa carrière d'administrateur, ce fut lors d'un séjour de convalescence en 1902 qu'il décida de consacrer sa vie aux Alpes⁹⁰⁴. Instigateur avec Henri Vallot de la création de la Commission de topographie du CAF, il participa à la définition de son programme. Lors de sa deuxième réunion, le 27 mars 1903, les membres présents définirent les priorités de la Commission en désignant les massifs de Belledonne et d'Allevard comme ceux dont la représentation cartographique laissait le plus à désirer. Pour appuyer les futurs levés des topographes-alpinistes, Paul Helbronner et le commandant de Magnin, ancien officier géodésien du Service géographique de l'armée, se proposèrent d'effectuer la triangulation de ces massifs⁹⁰⁵. Finalement, seul Helbronner put se libérer pendant l'été et commencer les opérations dans le massif d'Allevard.

Jusque-là, son expérience cartographique se limitait à un tour d'horizon panoramique exécuté au Pelvoux en 1902. Sa formation à la géodésie fut entièrement assurée par l'omniprésent Henri Vallot⁹⁰⁶. Il effectua ainsi ses premières visées au théodolite durant l'été 1903. Entre 1904 et 1906, il entreprit d'autres campagnes dans les massifs de Belledonne, des Grandes Rousses, des Arves, du Taillefer, du Pelvoux et des Ecrins, mais ce ne fut qu'en 1906 qu'il forma clairement le projet d'une triangulation cohérente s'étendant du massif des Ecrins jusqu'au massif du Mont Blanc pour y être rattachée à la triangulation Vallot⁹⁰⁷. Après son entrée au Comité national de géodésie et de géophysique en 1920, Helbronner s'émancipa peu à peu de l'influence d'Henri Vallot et du côté purement fonctionnel de son travail à l'intérieur de la Commission de topographie. Il étendit alors son projet, envisageant de former une chaîne ininterrompue de triangles, depuis le lac Léman jusqu'à la Méditerranée. Finalement, entendant parler d'un projet italien de jonction Italie – Corse – Alpes-Maritimes au Comité, il décida opportunément d'achever sa chaîne par la jonction entre Nice et la Corse en 1925.

1.3.1.2. L'homme et la méthode.

La figure particulièrement ambivalente d'Helbronner a suscité des interprétations radicalement opposées. D'un côté, l'œuvre magistrale qu'il léguait à la postérité sous la forme des douze tomes de la *Description géométrique détaillée des Alpes* le présentait

⁹⁰³ COÛTEAUX Michel. La face cachée de Helbronner. *L'Alpe*, 2000, 7, p. 62.

⁹⁰⁴ *Ibid.*, p. 62.

⁹⁰⁵ PV Com. Topo. CAF 1903-1906, p. 11-13.

⁹⁰⁶ Réveillant l'opposition traditionnelle entre la formation plus technique de l'Ecole centrale par rapport à l'Ecole polytechnique dont le rôle était surtout de créer des élites dirigeantes pour l'Etat (et involontairement l'industrie) : Vallot, « ingénieur des Arts et Manufactures, s'irrite parfois, accusant d'infériorité les ingénieurs de Polytechnique... » COÛTEAUX Michel. La face cachée de Helbronner. *Op. cit.*, p. 63.

⁹⁰⁷ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie. [avril 1906] *Op. cit.*, p. 197.

comme un travailleur acharné, méthodique et désintéressé, une vision entretenue par Helbronner lui-même dans une prose profondément narrative qui ne laissait de côté aucun état d'âme. Certains comme Numa Broc le décrivent comme un « géodésien supérieurement doué »⁹⁰⁸. D'autres comme Bruno-Henri Vayssière virent dans son travail l'« obstination extraordinaire d'un individu isolé », un « héros presque stylite », l'un des derniers explorateurs du territoire français, aux prises avec une entreprise « totalement désintéressée » avec « un manque absolu d'applications concrètes »⁹⁰⁹. En effet, l'œuvre se justifiait par elle-même : Helbronner ne tira de sa triangulation aucune théorie orogénique ou glaciaire, aucune carte, rien d'autre qu'une suite de récits d'ascension, de calculs détaillés et de photographies, réunies selon une méthode mise en place très tôt qui consistait à doubler toutes ses stations au théodolite par des tours d'horizon photographiques sur lesquels il reportait les points visés, et qu'il transformait parfois en aquarelles étirées en panorama.

D'un autre côté, comme le souligne Michel Coûteaux, patient explorateur du fond Helbronner au Musée dauphinois, son appropriation systématique de projets mûris par d'autres, sa volonté de reconnaissance, l'exploitation de nombreux collaborateurs dont les noms n'étaient presque jamais cités, le montraient comme un mégalomane dictatorial, profitant de la fortune de sa femme pour assouvir une obstination que quelqu'un d'autre (Henri Vallot) lui avait mis en tête. Du grand œuvre que tout le monde lui reconnaît, Helbronner ne réalisa en fait presque rien. Toute l'organisation fut pensée par Henri Vallot. Le commandant Bourgeois choisit personnellement le théodolite acheté par Helbronner en 1904. Le matériel était transporté aux hautes stations par une succession de guides et porteurs, d'abord des civils payés par Helbronner, puis des militaires négociés avec le SGA en échange des résultats de ses calculs, des guides qui construisaient ou restauraient également les signaux avant son arrivée. Les calculs eux-mêmes furent exécutés par Henri Vallot, puis par Edith Helbronner, la fille de Paul licenciée en mathématiques, par Barth, licencié en sciences, ou par Reymond, géomètre expert. Une partie de la rédaction technique fut assurée par Hasse, un ancien calculateur du SGA⁹¹⁰. Helbronner se contentait d'effectuer les mesures angulaires et les clichés photographiques. Finalement nommé à l'Académie des sciences en 1924, où il prit le siège d'un autre mécène autodidacte et alpiniste, le prince Roland Bonaparte⁹¹¹, il continua jusqu'à sa mort de s'accaparer tout le mérite de ce qui était un véritable travail collectif.

1.3.1.3. Une œuvre colossale d'une certaine utilité.

Le résultat en lui-même ne fut pas si inutile que certains ont pu le dire ou l'écrire. Les campagnes s'étaient déroulées entre 1902 et 1928, en soixante-dix mois passés sur le terrain. Elles couvraient 18 500 km² à partir de 1 818 stations, dont 72 au-dessus de 2 000 mètres, depuis lesquelles Helbronner cumula 15 500 clichés photographiques. La chaîne de triangles s'appuyait sur des déterminations astronomiques de latitude et longitude qu'Helbronner avait faites exécuter entre 1924 et 1926 pour huit stations dans les Alpes et six en Corse⁹¹². Le point d'orgue de son entreprise fut la jonction géodésique entre Nice

⁹⁰⁸ BROC Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 118.

⁹⁰⁹ VAYSSIÈRE Bruno-Henri. Paul Helbronner, de Genève à Nice, 1900-1938. In *Images de la montagne*, *op. cit.*, p. 125-126.

⁹¹⁰ COÛTEAUX Michel. La face cachée de Helbronner. *Op. cit.*, p. 64.

⁹¹¹ Petit-fils de Lucien, l'un des frères de Napoléon I^{er}. Véritable dilettante (contrairement à l'obsessionnel Helbronner), il soutint successivement de nombreux domaines, comme les recherches en glaciologie ou le développement de l'alpinisme.

⁹¹² *Images de la montagne*. *Op. cit.*, p. 57. Quatrième Partie : Evolution de la cartographie du massif du Mont-Blanc, p. 47-58.

et la Corse, effectuée de nuit grâce à des signaux optiques éloignés de plus de trois cents kilomètres.

Certes, les douze tomes publiés à compte d'auteur chez Gauthiers-Villars entre 1910 et 1938 représentaient une somme de textes et de données qui ne fut jamais vraiment vérifiée, ni utilisée dans son intégralité. Mais une partie des résultats, communiquée au Service géographique de l'armée, fut intégrée à la triangulation des ingénieurs géographes pour pallier au retard de la nouvelle triangulation de la France et servir aux levés topographiques de la carte au 1 : 50 000⁹¹³. Peu sûrs de leur précision, les militaires se contentèrent dans un premier temps d'utiliser les points issus de la triangulation Helbronner en tant que « points de vérification intermédiaire augmentant la sécurité des cheminements fondamentaux tachéométrés [...] ou] points supplémentaires intercalés dans les opérations secondaires de balisement à la planchette. »⁹¹⁴ Mais avec la publication des premiers tomes de la *Description* et la persistance du retard de la nouvelle triangulation, le SGA finit par fusionner le nouveau réseau issu de la réfection de l'ancienne triangulation et le réseau d'Helbronner dans certaines régions levées dans les années vingt, notamment le massif de l'Oisans⁹¹⁵. Surtout, la triangulation d'Helbronner permit à des topographes-alpinistes, qui ne disposaient ni de son temps libre, ni de sa fortune, de dresser des cartes remarquables de secteurs plus limités des Alpes en les basant sur un réseau trigonométrique satisfaisant.

1.3.2. Le rôle central de la Commission de topographie dans la cartographie indépendante.

1.3.2.1. La place de la Commission dans la cartographie indépendante.

Le tableau suivant donne l'origine et la nature des feuilles de mon corpus publiées entre 1900 et 1940. La seule ligne des totaux montre deux caractéristiques fondamentales de la production cartographique de cette période. Tout d'abord, les publications sérielles des services officiels constituaient une production bien plus importante que celle des organismes indépendants, environ quatre fois supérieure dans la zone couverte par les deux types de cartographie. J'ai déjà souligné cette caractéristique évidente dans la présentation de mon approche méthodologique et de la conception de mon corpus⁹¹⁶.

Tableau 10 : Répartition des feuilles du corpus publiées entre 1900 et 1940.

	Service officiel		Organismes indépendants	
	Zone corpus entière	Zone couverte par cartes privées	Commission de Topographie	Autres organismes
Carte dérivée*	6	4	5	7
Carte non dérivée	542	270	47	4
Total	548	274	52	11

* Une carte *dérivée* est une carte dressée à partir d'autres cartes.

Ensuite, la production des membres de la Commission de topographie occupait une place centrale dans la cartographie indépendante. Si d'autres organismes ou auteurs

⁹¹³ Voir infra, partie 3, chapitre 2.3.1.

⁹¹⁴ Rapp. SGA 1906, p. 21.

⁹¹⁵ Rapp. SGA 1926-27, p. 91-92.

⁹¹⁶ Voir supra, « Historiographie... », 2.3.4.

indépendants publièrent également des cartes ou des croquis topographiques, souvent dans des revues de tourisme ou de géographie, leur visibilité et leur réputation étaient très inférieures, au point qu'une partie de ces œuvres n'a pas pu être référencée dans mon corpus. Parmi les cartes recensées, soixante-trois feuilles (dont quatorze éditions révisées), issues de vingt-six cartes différentes, furent publiées par des organismes indépendants⁹¹⁷. Les publications de membres de la Commission en représentaient une grande majorité : cinquante-deux feuilles issues de quinze cartes, soit 82,5 % des feuilles et environ 58 % des cartes⁹¹⁸.

La proportion était encore plus importante dans les cartes originales, c'est-à-dire non dérivées d'autres cartes⁹¹⁹ : quarante-sept feuilles sur cinquante et un, soit 92 %, et treize cartes sur dix-sept, soit 76,5 %. Ces chiffres montrent une différence radicale de conception. A l'exception de la carte de *La Chaîne du Mont Blanc* de Barbey, Imfeld et Kurz, qui connut une édition révisée en 1905, les cartes indépendantes extérieures à la Commission étaient essentiellement des cartes touristiques locales à l'ambition topographique limitée. Leurs sources souvent peu claires ne permettent pas de déterminer systématiquement si les données topographiques issues d'autres cartes (généralement officielles) avaient été complétées par des levés ou mêmes des observations locales, mais il apparaît que ce ne fut pas le cas pour la grande majorité.

Les régions couvertes n'étaient pas si différentes entre les cartes des membres de la Commission de topographie et celles des autres organismes indépendants (carte 9). Si les travaux de la Commission concernèrent plus spécialement des massifs de haute montagne, couvrant moins largement les zones de moyenne montagne comme le massif des Bornes ou le Faucigny, la répartition des régions couvertes illustre surtout l'extension du tourisme alpin. Dans les premières décennies du 20^e siècle, les deux massifs traditionnellement touristiques du Mont Blanc et des Ecrins restaient bien évidemment dominants, mais la publication de cartes pour des massifs moins prestigieux comme la Chartreuse ou la Vanoise, ainsi que la couverture de zones plus larges dans les anciens massifs touristiques, s'étendant aux massifs avoisinants comme le Champsaur ou le Beaufortain, montrait le développement du tourisme alpin à la recherche de nouveaux « terrains de jeu ».

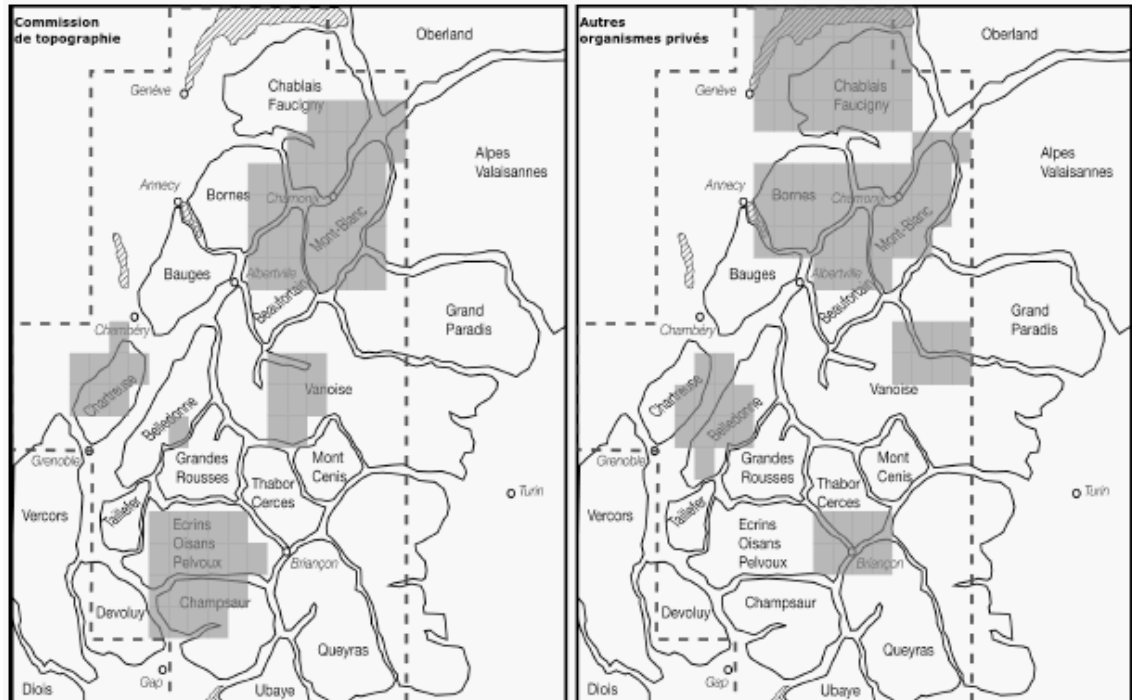
Si la répartition géographique n'apporte pas d'éléments supplémentaires, j'estime cependant que les chiffres eux-mêmes restent extrêmement révélateurs du rôle central et de l'influence fondamentale de la Commission de topographie dans le domaine de la cartographie indépendante à grande échelle. Son influence était telle qu'elle réussit manifestement à réunir autour d'elle tous les Français qui réalisaient des levés topographiques en haute montagne, que ce soit en qualité de membre ou par des relations

⁹¹⁷ Les cartes glaciologiques dressées par Flusin, Jacob et Offner, étaient subventionnées par le Service des forces hydrauliques, mais elles furent dressées en relation étroite avec la Commission de topographie, en employant les méthodes qu'elle prônait, et publiée dans des revues indépendantes. Elles sont pour cela traditionnellement comptées dans les cartes issues de la Commission de topographie, notamment dans *L'œuvre scientifique du Club Alpin Français (Op. cit.)*, un rapprochement que j'ai également effectué.

⁹¹⁸ Les cartes de membres de la Commission étaient les seules cartes indépendantes qui comprenaient parfois plusieurs feuilles (les différentes éditions de la carte du massif du Mont Blanc de Vallot, la carte du massif de la Chartreuse de Buisson), ce qui explique la plus faible proportion de cartes des membres de la Commission que de feuilles.

⁹¹⁹ Les cartes dressées à partir d'autres cartes, mais sur lesquelles ont été ajoutées des itinéraires, sont considérées comme des cartes dérivées. Seules les cartes comportant des données issues de nouvelles opérations *topographiques* ne sont pas considérées comme telles, par exemple la carte-itinéraire Vallot au 1 : 60 000 qui utilisait les cartes du SGA, mais les complétait à partir de tours d'horizon photographiques.

privilegiés comme dans le cas des cartes glaciologiques dressées par Flusin, Jacob et Offner. Au cours de son activité, la Commission s'ouvrit d'ailleurs de plus en plus à des travaux qui concernaient des massifs étrangers (De Flotte ou Gentil au Maroc, Gautier en Algérie), et parfois même des régions non montagneuses, souvent réalisés par des membres extérieurs. Des explorateurs qui lui avaient demandé conseil sur les méthodes topographiques furent régulièrement accueillis dans ses séances pour présenter des comptes-rendus de leurs expéditions (Isachsen aux pôles).



Carte 9 : Cartes topographiques indépendantes publiées entre 1900 et 1940.

1.3.2.2. Deux approches différentes dans les Alpes et les Pyrénées.

L'objet de la Commission restait toutefois de réaliser des cartes topographiques à grande échelle des régions de haute montagne française. Même si certains travaux concernèrent d'autres régions, comme le massif de l'Esterel (De Flotte, Charles Vallot) ou la vallée de la Tinée (Lee Brossée), les régions les plus couvertes restaient les Alpes du nord et les Pyrénées. Les approches adoptées pour ces deux massifs étaient très différentes⁹²⁰.

Malgré les travaux précoces inspirés par Schrader depuis le dernier quart du 19^e siècle, les Pyrénées restaient encore méconnues, en particulier à cause du désintérêt du SGA qui se focalisait pour des raisons militaires évidentes sur les frontières orientales de la France. Les ascensionnistes et les scientifiques exprimaient un besoin pressant de cartes représentant la chaîne qui ne militait pas pour l'emploi des grandes échelles. Il fallait dresser rapidement des cartes pour « débroussailler » la connaissance de la chaîne. A l'exception de la carte fondatrice du Mont-Perdu au 1 : 40 000 par Franz Schrader, tous les travaux des pyrénéistes avaient convergé à la fin du 19^e siècle vers des échelles allant du 1 : 50 000 au 1 : 200 000. La seule carte dressée au 1 : 20 000 entre 1900 et 1940 fut le *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu* du même Schrader. Surtout, même si les méthodes diffusées par Henri Vallot étaient majoritairement employées dans les Pyrénées, l'influence de Schrader restait

⁹²⁰ PERRET Robert. Notes de M. R. Perret. *Op. cit.*, p. 142-144.

fondamentale et orientait les travaux vers une approche plus artistique que géométrique, Schrader ne disposant pas des compétences techniques de Vallot pour assurer sur le terrain un encadrement efficace dans ce domaine.

Au contraire, dans les Alpes du nord, l'essentiel des travaux fut effectuée dans la perspective de cartes au 1 : 20 000. L'existence de nombreuses cartes détaillées, publiées par les services officiels ou des organismes privés, et l'investissement important du SGA dans cette région avec ses levés de précision et ses plans directeurs, ne faisaient pas de la rapidité d'exécution un facteur primordial des travaux engagés. Au contraire, la concurrence avec les travaux en cours du SGA plaçait très nettement les priorités au niveau de la précision et de l'apport scientifique ou touristique original susceptibles de justifier les travaux des topographes-alpinistes face aux réalisations officielles. Les conditions de travail étaient aussi beaucoup plus favorables à la mise en place méthodique de levés à grande échelle : la proximité géographique du « maître » Henri Vallot permettait un encadrement technique efficace et les travaux géodésiques d'Helbronner mettaient à la disposition des topographes-alpinistes une triangulation générale spécialement conçue pour inscrire leurs triangulations complémentaires et leurs levés.

1.3.3. « Grands œuvres » et cartes « mineures » : le fossé entre deux catégories de topographes-alpinistes.

1.3.3.1. Les deux formes de l'activité de la Commission de topographie.

La plupart des études historiques traitant du développement de la cartographie topographique ou de la Commission de topographie du Club alpin français, des plus anciennes comme celle du colonel Maury aux plus récentes comme celle de Numa Broc, a tendance à résumer l'influence de la Commission à quelques cartes prestigieuses qui connurent un véritable succès d'estime mais ne furent finalement que peu diffusées. Ces cartes et la focalisation de la Commission sur les levés originaux occultent l'importance d'autres réalisations moins ambitieuses, mais répondant à un véritable besoin pratique : des croquis topographiques de régions non couvertes par d'autres levés, des cartes-esquisses ou cartes-schémas reprenant des données d'autres cartes en les complétant par des levés ou des tours d'horizon exécutés sur le terrain, et enfin des cartes entièrement dérivées d'autres cartes, sur lesquelles étaient surimprimés des itinéraires pour excursionnistes ou skieurs. La plus grande partie des ces cartes furent réalisées après la guerre : cet écart manifeste entre les ambitions affichées au début de la Commission de topographie et le développement de ce type de réalisations s'explique essentiellement par le recul définitif de l'excursionnisme cultivé au profit de deux pratiques plus récentes de l'alpinisme, l'une plus orientée vers l'exploit physique et l'autre vers la découverte sans prétention de la montagne⁹²¹.

Sur les cinquante-deux feuilles publiées par des membres de la Commission de topographie recensées dans mon corpus, la moitié exactement constituait les quatre « grands œuvres » généralement mises en avant : la carte du massif du Mont Blanc d'Henri et Joseph Vallot, la carte des aiguilles de l'Argentière de Robert du Verger, la carte de la vallée de Sales de Robert Perret et la carte du massif de la Chartreuse de Charles Buisson. L'autre moitié était formée d'un ensemble hétérogène de croquis, cartes-esquisses et cartes dérivées. Cette égale répartition en deux ensembles radicalement différents marque le fossé qui séparait les réalisations ambitieuses des topographes-alpinistes les plus compétents et

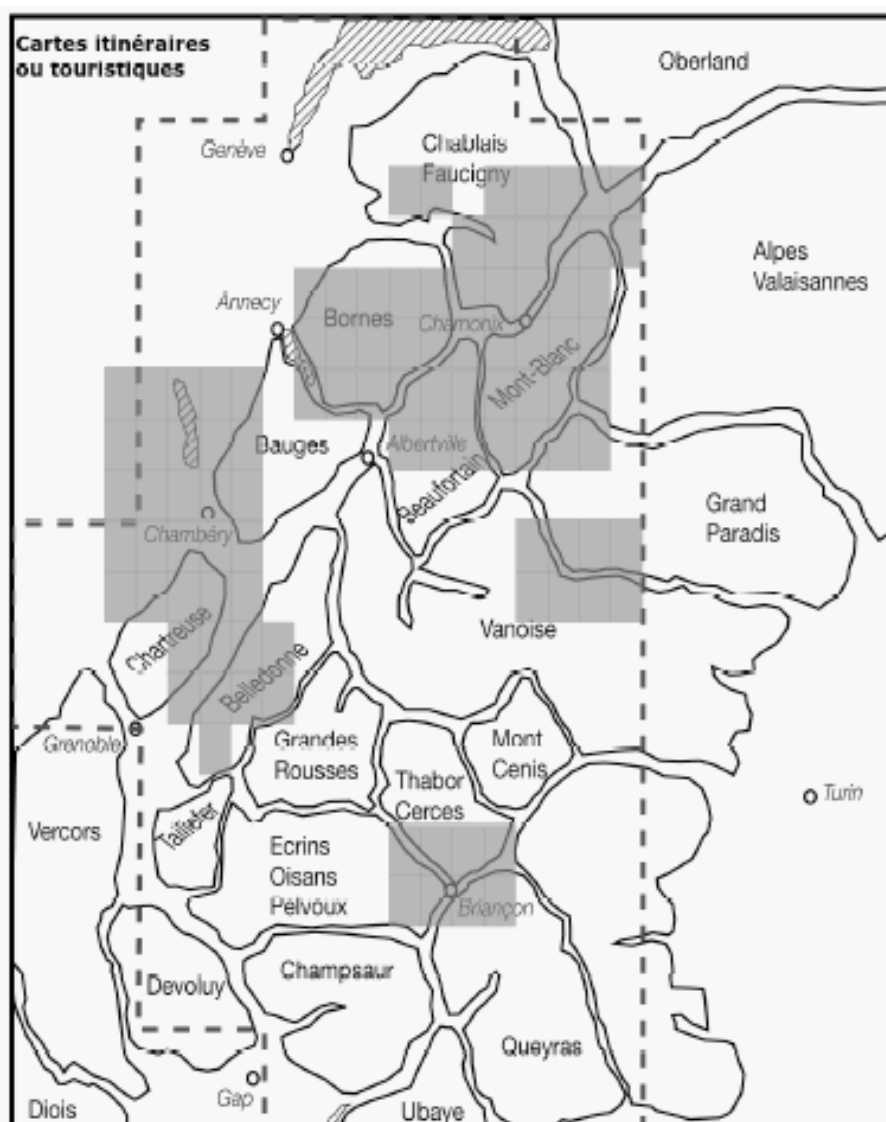
⁹²¹ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

disponibles, de celles plus modestes des topographes-alpinistes qui ne pouvaient consacrer tout leur temps ou leur talent à leurs travaux dans le cadre de la Commission.

Cependant, la réputation supérieure des quatre grandes cartes dressées dans le cadre de la Commission ne doit pas faire sous-estimer l'importance des autres œuvres. Tout d'abord, leur succès public fut souvent largement supérieur, parce que contrairement à ces « grands œuvres », elles répondaient à des besoins plus réels que fantasmés. Ensuite, par leur échelle inférieure et leur réalisation plus rapide, elles couvrirent une surface géographique bien plus importante, portant sur tous les massifs touristiques et reprenant parfois même les régions couvertes par les cartes plus illustres mais peu pratiques (carte 10). Enfin, leur proportion déjà importante dans les activités de la Commission doit être augmentée de tous les travaux de terrain qui ne servirent à dresser aucune carte, qui aboutirent à une carte non publiée ou à la diffusion trop confidentielle pour que je retrouve sa trace, ou encore qui furent réalisés à des échelles sortant de la définition de mon corpus. Les procès-verbaux de la Commission de topographie rapportaient ainsi de nombreux travaux qui ne sont pas traduits par la présence d'une carte dans mon corpus. Paul Girardin, Henri Mettrier, Eydoux ou encore Bernard, exécutèrent par exemple des études glaciologiques détaillées qui, quand elles étaient utilisées pour dresser une carte, donnaient des plans topographiques aux échelles inférieures au 1 : 10 000⁹²². D'autres levés ne connurent pas de traduction cartographique : Richard dans le massif de Belledonne, Engelbach dans le massif des Grandes Rousses, Coutagne aux environs de Pralognan. Ces travaux utilisaient bien les méthodes prônées par Henri Vallot, mais dans la forme simple et expédiée des tours d'horizon photographiques plutôt que dans la forme élaborée et complexe de la restitution photographique⁹²³.

⁹²² Par exemple, Paul Girardin et Henri Mettrier exécutèrent des levés de glaciers par tours d'horizon à la règle à éclimètre et panoramas photographiques : un plan topographique au 1 : 5 00 du glacier des Evettes fut notamment publié dans la *Revue de Glaciologie*.

⁹²³ Voir infra, partie 3, chapitre 3.2.



Carte 10 : Répartition des types de cartes indépendantes publiées entre 1900 et 1940.

1.3.3.2. Les « grands œuvres » ambitieux et rares, produit d'une originalité inutile.

Dans l'importante production cartographique liée à la Commission de topographie se distinguèrent quatre « grands œuvres », réalisations ambitieuses de topographes-alpinistes s'étant particulièrement investis dans la cartographie d'une région ou d'un massif qu'ils connaissaient extrêmement bien. Toutes ces cartes furent commencées avant la guerre dans le cadre de la Commission « originelle » et, à l'exception de la carte du *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu* de Franz Schrader, elles concernèrent uniquement des massifs des Alpes du nord. Toutes procédaient d'une approche similaire, dont la carte du massif du Mont Blanc des Vallot fut l'archétype malgré sa publication tardive. Les levés s'appuyaient sur les réseaux géodésiques de Vallot ou d'Helbronner, complétés par des triangulations complémentaires. Ils étaient exécutés suivant les différentes méthodes formalisées par Henri Vallot et diffusées par la Commission. La représentation topographique du terrain reprenait également les principes généraux défendus par celle-ci : l'échelle du 1 : 20 000,

les courbes de niveau et le dessin détaillé du rocher, avec quelques particularités propres à chaque carte (encadré 5).

Encadré 5 : Les « grands œuvres » cartographiques des membres de la Commission de topographie du Club alpin français.

<i>Aiguilles de l'Argentière, Massif des Sept-Laux</i> (1911, 1 : 20 000)
Levée et dressée par Robert du Verger, publiée en 1911 chez Erhard frères.
Relief et glacier en courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, avec des courbes maîtresses équidistantes de cent mètres en gras avec indication de l'altitude. Rocher à l'effet. Aucun estompage. Quatre couleurs : planimétrie, toponymie et rocher en noir, hydrographie et glacier en bleu, courbes en bistre, courbes rocheuses en violet.
A partir de dix-huit points trigonométriques issus de la campagne de 1903 d'Helbronner, du Verger réalisa un canevas complémentaire de vingt stations photographiques, dont les positions furent déterminées par relèvements à la règle à éclimètre sur les signaux d'Helbronner. Les levés furent essentiellement exécutés selon la méthode Laussedat-Vallot. Les tours d'horizon effectués à chaque station permirent de donner trois cent cinquante points de détail utilisés pour le tracé des arêtes et des courbes. Douze stations supplémentaires furent effectuées à la règle à éclimètre pour le levé des thalwegs importants, et les parties accessibles furent levées directement avec un carnet décliné (modèle Vallot, bien sûr), un
⁹²⁴ clisimètre et un baromètre .
<i>Carte du massif de la Chartreuse</i> (1919, 1 : 20 000)
Levée et dressée par Charles Buisson, cinq feuilles publiées en 1918 par Henry Barrère.
Relief en courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, avec des courbes maîtresses en gras équidistantes de cent mètres. Rocher à l'effet. Aucun estompage. Quatre couleurs : toponymie, planimétrie et rocher en noir, hydrographie en bleu, courbes en bistre et routes en rouge.
Basés sur cent quarante points de la triangulation Helbronner complétés par une triangulation complémentaire à la règle à éclimètre, les levés de cette vaste région furent compliqués par l'importance du couvert forestier qui gênait les visées. Moins réputée que les trois autres « grands œuvres » des membres de la Commission, cette carte fut cependant reconnue pour ses qualités de lisibilité et de clarté, ainsi que pour une certaine utilité touristique, mais les critiques lui reprochèrent une triangulation complémentaire insuffisamment étendue, un manque de détails (qui participait d'ailleurs à sa lisibilité) et un rendu un peu mou. Robert Perret imputa au manque d'éducation géologique de Buisson et à son incompétence dans le dessin du rocher, la qualité moyenne de sa carte d'une région topographique difficile ; d'après lui, les levés des officiers du SGA, publiés peu après la carte de Buisson, se montraient bien
⁹²⁵ supérieurs à celle-ci .
<i>Carte de la vallée de Sales et du cirques des Fonts</i> (1922, 1 : 20 000)
Levée et dressée par Robert Perret, publiée en 1922 par Henry Barrère.
Relief et glacier en courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, avec des courbes maîtresses en gras équidistantes de cent mètres. Rocher représenté par un mélange de dessin à l'effet et de signes conventionnels pour la nature géologique. Aucun estompage. Cinq couleurs : toponymie en noir, hydrographie en bleu, végétation en vert, planimétrie en rouge, courbes rocheuses en violet, autres courbes en bleu ou vert selon la végétation.
Les opérations sur le terrain s'étalèrent sur cinq campagnes, interrompues par la première guerre mondiale. Les levés se basèrent sur la triangulation Vallot, complétée par un canevas graphique. Les grandes lignes des zones accessibles furent déterminées à la

règle à éclimètre par cheminements et rayonnements à partir des points du canevas, et les escarpements levés par photographie selon la méthode Laussedat-Vallot.

Carte du massif du Mont Blanc (1925-1935, 1 : 20 000)

Levée et dressée par Henri, Joseph et Charles Vallot, aidés de quelques collaborateurs. Une édition provisoire couvrant les environs de Chamonix fut publiée en 1907, mais la première édition des neuf feuilles finalement publiées (sur seize) s'étala entre 1925 et 1935, chez Girard et Barrère. Trois couleurs : planimétrie, toponymie et rocher en noir, hydrographie et glacier en bleu, courbes en bistre (annexe 2, figure 11).

Relief en courbes de niveau équidistantes de vingt mètres, avec des courbes maîtresses en gras équidistantes de cent mètres. Rocher et une partie du glacier dessinés à l'effet. Aucun estompage⁹²⁶ .

Ces « grands œuvres » prestigieuses imposaient les méthodes d'Henri Vallot ainsi qu'une représentation du relief de plus en plus formalisée qui influença en partie les travaux du

Service géographique de l'armée⁹²⁷ . Mais ces cartes adoptaient également des principes de systématisation du dessin topographique sur la base d'une interprétation géomorphologique du terrain. La carte de Robert Perret est un exemple radical de cette orientation scientifique, plus encore que celle d'Henri Vallot dont il fut pourtant le disciple le plus proche. Plus compétent en géographie et géologie qu'en topographie technique, Robert Perret systématisa le tracé des courbes pour mettre en évidence l'agent qui avait modelé les formes du terrain et traduisit la nature des roches par une figuration à l'effet du rocher exécuté avec des hachures codées selon la lithologie, alors que l'emploi de différentes couleurs pour les

courbes permettaient de mettre en évidence certaines données de géographie botanique⁹²⁸ .

Toutes ces cartes témoignaient de l'importance croissante de la géomorphologie dans la représentation topographique du terrain, que j'ai déjà soulignée dans les travaux des services officiels : la détermination des causes à l'origine des formes du terrain précédait et influençait sa représentation. Ces cartes reflétaient également un paradoxe des ambitions de la cartographie scientifique : si les cartes à grande échelle répondaient à un besoin des scientifiques étudiant la haute montagne, ce ne pouvait pas être en servant de sources à leurs études puisque ces cartes reposaient justement sur une exploitation des théories

géomorphologiques⁹²⁹ .

Plus généralement, les « grands œuvres » des membres de la Commission de topographie ne répondaient à aucune des justifications traditionnellement avancées pour leur réalisation. Si elles ne servaient pas aux études scientifiques – du moins en tant que sources documentaires –, elles ne répondaient pas non plus aux besoins réels des alpinistes qu'Henri Vallot souhaitait pourtant combler en défendant l'échelle du 1 : 20 000. Il m'apparaît particulièrement révélateur qu'aucune de ces cartes à grande échelle n'ait connu de véritable succès commercial auprès des alpinistes : le petit format des feuilles ne leur permettait pas de couvrir la surface qu'un ascensionniste était susceptible de parcourir lors de ses courses et leur prix relativement élevé restait dissuasif pour se procurer une collection complète. L'ambition d'originalité imposée par Henri Vallot et traduite essentiellement dans l'échelle supérieure de ces cartes échouait dans leur inutilité pratique.

Dans les faits, ces « grands œuvres » étaient plus des réalisations de prestige visant à donner un tableau cartographique glorifiant la montagne, dans une approche certes plus scientifique que les récits d'ascension ou les premières cartes indépendantes fortement figuratives de la deuxième moitié du 19^e siècle, mais dans le même esprit de prosélytisme. L'insistance des membres de la Commission sur la représentation du rocher

comme un *portrait* plutôt que comme un *schéma conventionnel* rappelait sémantiquement cette ambition illustrative dans laquelle la représentation purement artistique n'avait été que partiellement remplacée par une représentation scientifique et technique⁹³⁰. Dans la pratique, les besoins des alpinistes, même avec le développement de l'alpinisme sans guide, ne justifiaient pas des cartes aussi détaillées, ce qui explique la réalisation et le succès de cartes moins ambitieuses au sein même de la Commission de topographie.

1.3.3.3. Cartes-esquisses et croquis topographiques, une rupture avec l'orientation imposée par Henri Vallot.

En dehors des quatre cartes suscitées, la majeure partie des réalisations cartographiques liées à la Commission de topographie consistait en des croquis topographiques ou des cartes-esquisses. Celles-ci couvraient une surface plus importante que les « grands œuvres » purement topographiques de la Commission (carte 10), en s'intéressant soit à des massifs déjà cartographiés dont elles complétaient la représentation par de nouvelles données topographiques (massif des Ecrins et du Pelvoux), soit à des massifs pour lesquels aucune carte n'existait et qu'elles représentaient de façon très simple (massifs de Belledonne, du Faucigny, de la Vanoise). Leur principale caractéristique commune était justement cette simplicité de la représentation : le relief était généralement traité dans un mode très schématique, l'orographie étant le plus souvent rendue par le seul dessin des lignes de faîtes, avec parfois le contour des glaciers.

Au-delà de cette proximité de la forme, l'imprécision du vocabulaire utilisé et des notes jointes à ces cartes ne permettent pas d'en faire une typologie plus précise : les deux termes de *carte-esquisse* et de *croquis topographique* désignaient des cartes dressées à partir d'une proportion très variable d'informations originales, obtenues par des levés sur le terrain, des tours d'horizon ou de simples observations, et d'informations dérivées d'autres cartes, généralement les plans directeurs du SGA quand ils existaient. A ce titre, les indications données sur les différents croquis topographiques réalisés par le commandant Boell au cours des années vingt sont très révélatrices de l'extrême hétérogénéité des sources utilisées :

- *Croquis de la région de Vallorcine* (1921) : « Ce croquis a été exécuté entièrement à vue et sans instrument. Les bases sur lesquelles il a été établi sont le 1 /80 000^e français et le 1/50 000^e suisse. Son seul but est de fournir des indications sur les principaux chemins de la région de Vallorcine, qui est totalement dépourvue de carte. [...] Le voies de la région des Aiguilles Rouges sont extraites de la "Monographie des Aiguilles Rouges" par M. H. Vallot. Toponymie mise en partie en accord avec les guides Vallot. La région du Vallon des Eves d'après les indications de M. Paillon. »
- *Croquis des environs de Pralognan-la-Vanoise* (1923) et *Croquis touristique de la vallée de Peisey-Nancroix* (1925) : « La mise en place des Crêtes et des Vallées a été faites d'après le Plan Directeur, la planimétrie a été levée à vue, sans instrument. »
- *Croquis de la région Allevard – Le Curtillard – Les Sept-Laux* (1928) : « Le tracé schématique des crêtes a été établi d'après les documents de M. Helbronner, le guide du Comt. Gaillard, les renseignements du Cap. Salvain et des relevés faits sur place. La planimétrie a été levée à vue, sans instrument. »⁹³¹

⁹³⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 4.

Le propre d'un croquis topographique ou d'une carte-esquisse était d'utiliser les informations topographiques d'autres cartes en les complétant par des corrections d'« erreurs » topographiques ou toponymiques, et éventuellement par de nouvelles données. Dans une note manuscrite sur la carte-esquisse du Valgaudemar dressée par Brun, Maurice Barrère explicitait cette caractéristique : le croquis devait apporter quelque chose aux cartes dont il s'inspirait⁹³². Une telle orientation était très proche de l'idée de révision des cartes officielles existantes qu'avaient défendue Henri Duhamel ou Maurice Paillon lors de la création de la Commission de topographie. Ce dernier donna d'ailleurs dans les années vingt ou trente (la carte n'est pas datée) une *Carte esquisse orohydrographique du massif du Péclet* au 1 : 100 000, probablement dérivée des cartes officielles, tout à fait dans cet esprit.

Dans leur principe même, ces cartes-esquisses et croquis topographiques s'opposaient à l'orientation plus ambitieuse qu'avait imposée Henri Vallot à la Commission de topographie. En définitive, cette orientation ne fut appliquée que dans les œuvres rares et remarquables réalisées par les topographes-alpinistes qui disposaient des compétences, de l'ambition et du temps pour réaliser des cartes entièrement originales. Les méthodes d'Henri Vallot ne furent donc majoritairement employées que dans leurs expressions les plus simples, pour réviser et compléter le contenu topographique des cartes officielles sous la forme schématique des cartes-esquisses et croquis topographiques.

1.3.3.4. Les cartes dérivées, réponses aux véritables besoins des alpinistes.

Certains croquis topographiques connurent un succès relativement important, malgré des tirages probablement limités. Ainsi, le *Croquis des environs de Pralognan-la-Vanoise* de Boell, publié pour la première fois en 1923, en était à sa douzième édition en 1937, en grande partie parce qu'il couvrait une zone encore très peu cartographiée où le tourisme commençait à se développer. Cependant, les plus grands succès éditoriaux de membres de la Commission de topographie furent sans conteste les séries de cartes dérivées de la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000 des Vallot.

A partir de 1934 et jusque dans les années cinquante, Charles Vallot et Etienne de Larminat, qui avaient participé à la réalisation de la carte originale et s'étaient occupés d'en achever la publication après la mort d'Henri et Joseph Vallot, réalisèrent plusieurs cartes en utilisant les données issues des levés originaux, des cartes suisses et italiennes, et de certains plans directeurs du SGA. Ils dressèrent ainsi une généralisation au 1 : 200 000 en une feuille de la *Carte du Massif du Mont Blanc* en 1928, puis au 1 : 50 000 en quatre feuilles entre 1935 et 1937, dont ils produisirent également une version avec indication des itinéraires. En étendant la zone couverte, ils réalisèrent aussi trois cartes-itinéraires au 1 : 60 000 : *Saint-Gervais Val-Monjoie* et *Mégève-Beaufort* en 1938, *Chamonix-Sixt* en 1939, également déclinées en des versions avec indication des itinéraires à ski. L'échelle plus réduite facilitait l'achat de toutes les feuilles couvrant le massif et rendait leur utilisation plus simple sur le terrain, alors que le tracé des itinéraires sur les éditions spéciales apportait une réelle valeur ajoutée pour les alpinistes et les skieurs.

En dehors de la sphère d'influence de la Commission de topographie, l'essentiel de la production cartographique indépendante concernait d'ailleurs le même type de cartes dérivées à orientation touristique qui seul connaissait un véritable succès public. Mais cette production, qui couvrait d'autres régions que le massif du Mont Blanc, ne pouvait pas rivaliser en terme de qualité du dessin avec les réalisations de véritables topographes-

⁹³² BARRERE Maurice. Observations sur la manuscrit de la 2^e édition de la carte-esquisse du Valgaudemar de M. R. Brun. Paris : [sn], 16 mars 1945. Note manuscrite agrafée à l'exemplaire de la carte de Brun conservé à la cartotheque de l'IGN.

alpinistes comme Charles Vallot et Etienne de Larminat. Elle connut donc un succès moindre que les diverses cartes Vallot du massif du Mont Blanc qui devinrent rapidement la « bible » des alpinistes dans cette région – soutenues par le succès complémentaire des *Guides Vallot* à partir des années vingt⁹³³.

Conclusion

L'activité des topographes-alpinistes, qui se développait depuis le dernier quart du 19^e siècle, fut institutionnalisée par la création d'une Commission de topographie au sein du Club alpin français en 1903, dans laquelle Henri Vallot imposa rapidement sa conception de la cartographie topographique de haute montagne, centrée sur l'exécution de cartes entièrement originales à grande échelle. A travers un véritable prosélytisme technique, qui se traduit par la publication de quatre manuels et l'encadrement serré des travaux des membres, Henri Vallot imposa également ses méthodes de triangulation et de levés topographiques afin d'assurer une certaine normalisation de l'activité de la Commission. Après une décennie consacrée à la mise en route de nombreux projets, la Commission affirma sa volonté d'incarner la référence française en matière de topographie de haute montagne. Elle définit un modèle de la « bonne » carte de haute montagne, d'abord par la critique détaillée de la première feuille alpine de la carte de France au 1 : 50 000 en 1912, puis par l'exemple de la carte du *Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu* de Franz Schrader en 1914. Ce modèle, basé sur l'échelle du 1 : 20 000, l'emploi des courbes de niveau et le dessin détaillé du rocher à partir de l'interprétation géomorphologique de la structure du terrain, marquait l'affirmation de l'approche scientifique prônée par Henri Vallot.

Après la coupure de la première guerre mondiale, les années vingt marquèrent l'apogée éditorial des topographes-alpinistes, avec la publication des « grands œuvres » de ses membres les plus éminents et l'achèvement de la triangulation générale des Alpes de Paul Helbronner, qui confirmèrent la place centrale occupée par la Commission de topographie dans la cartographie indépendante des régions montagneuses. Cependant, le prosélytisme d'Henri Vallot n'empêchait pas une profonde dichotomie dans les travaux des membres de la Commission, partagés entre les réalisations prestigieuses des topographes-alpinistes les mieux dotés en compétences techniques et en temps libre et les réalisations plus pragmatiques des topographes-alpinistes moins talentueux ou moins disponibles. Alors que les « grands œuvres » ambitieux et rares connaissaient un formidable succès d'estime mais une diffusion limitée par leur relative inutilité, des croquis topographiques et des cartes dérivées rencontraient un véritable succès auprès des alpinistes dont elles comblaient les principaux besoins. Si le milieu des topographes-alpinistes s'était construit autour de la conception cartographique et des méthodes d'Henri Vallot, il se développa dans les années vingt et trente en complète rupture avec cette conception, dans une application de ces méthodes limitées à leurs expressions les plus simples. Finalement, le déclin de l'excursionnisme cultivé, l'essor de nouvelles disciplines scientifiques et de nouveaux loisirs pour les élites fortunées, participèrent au déclin de l'activité des topographes-alpinistes, qui ne fut plus représentée jusqu'à la fin des années quarante que par les publications tardives d'anciens membres vieillissants de la Commission d'avant-guerre, toutes basées sur des travaux menés avant les années trente. Mais ce déclin fut surtout précipité par l'investissement croissant du SGA dans les Alpes, qui procédait fondamentalement d'une opposition structurelle entre les cartographies officielle et indépendante, fondée sur la dimension politique et symbolique de l'acte cartographique lui-même.

⁹³³ Voir infra, partie 3, chapitre 4.2.3.5.

Chapitre 2. Le surinvestissement du SGA dans les Alpes, conséquence de l'opposition structurelle entre cartographies officielle et indépendante.

Au début du 20^e siècle, la cartographie indépendante des régions montagneuses françaises – et particulièrement des Alpes du nord – se structura autour de la Commission de topographie, créée au sein du CAF en 1903. La production cartographique officielle se trouva ainsi confrontée à une concurrence organisée et institutionnalisée qui, sous l'influence d'Henri Vallot, adopta une orientation et des méthodes quasi-professionnelles relativement proches de celles du SGA. Cette concurrence constituait une situation originale dans l'histoire de la cartographie : depuis le 17^e siècle, la discipline avait été dominée par une production officielle pour laquelle la carte, avant d'être un outil administratif, militaire et scientifique, restait surtout une réalisation de prestige, appuyant symboliquement le contrôle régalien du territoire par le pouvoir central⁹³⁴. Malgré la proximité idéologique et les relations institutionnelles et personnelles privilégiées entre le SGA et la Commission de topographie du CAF, la nature profondément symbolique de la carte instaurait une opposition structurelle fondamentale, qui se traduit par un surinvestissement du SGA dans les Alpes – une région pourtant déjà bien cartographiée depuis plusieurs décennies en raison des tensions frontalières récurrentes. Cette opposition se transforma en une véritable vampirisation des travaux des topographes-alpinistes par le service officiel, en même temps que ce dernier mettait en place une production adaptée à leur besoin pour éviter la résurgence d'une topographie indépendante aussi développée.

2.1. Le SGA et la Commission de topographie du CAF : entre relations personnelles et opposition structurelle.

Par sa conception de l'alpinisme comme pratique cultivée et son ambition de développement sur tout le territoire français, le Club alpin français était rapidement devenu l'interlocuteur privilégié des autorités pour tout ce qui concernait l'alpinisme et la montagne en général. Classé dans les sociétés savantes, reconnu d'utilité publique en 1881, sa stature nationale et la renommée de certains membres de sa Commission de topographie donnèrent à celle-ci une audience considérable dans le milieu de la cartographie. La présence d'officiers ayant occupé ou occupant encore des postes importants au Service géographique de l'armée parmi ses membres et la volonté d'ouverture soutenue par le nouveau directeur du service, le général Berthaut, favorisèrent la mise en place de relations personnelles et institutionnelles étroites. Mais en tant que groupement privé dont le but était de produire des cartes topographiques d'une partie stratégique du territoire français – les régions montagneuses frontalières –, la Commission empiétait sur la mission de cartographie du territoire du SGA : la dimension politique et symbolique de l'acte cartographique favorisa le développement d'une opposition structurelle aussi fondamentale qu'implicite entre les deux organismes.

2.1.1. Des relations institutionnelles et personnelles privilégiées.

⁹³⁴ Sur le pouvoir politique et symbolique de la carte comme appropriation du territoire, voir HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.* ; HARLEY John Brian. Cartes, savoir et pouvoir. *Op. cit.*

2.1.1.1. Les militaires dans la Commission de topographie : une affaire de personne.

La Commission de topographie du Club alpin français avait été créée par « un groupement de professionnels, géodésiens et topographes »⁹³⁵, qui comprenait les premiers topographes-alpinistes (Franz Schrader, Henri et Joseph Vallot, Paul Helbronner), un géologue distingué (Emmanuel de Margerie), mais aussi deux militaires du Service géographique de l'armée : le chef d'escadron d'artillerie Bourgeois, chef de la section de géodésie du SGA, et le lieutenant-colonel du génie Prudent, ancien chef du service de la gravure (1888-1893) et conservateur des plans-reliefs depuis sa mise en retraite. Par la suite, d'autres militaires devinrent membres correspondants. A l'exception du commandant de Magnin, ancien officier géodésien du SGA qui avait essentiellement opéré en Afrique du nord, aucun de ces nouveaux membres ne travailla jamais pour le SGA : le lieutenant d'artillerie Léon Maury, très impliqué dans le Club alpin français pour lequel il rédigea un livre sur les travaux scientifiques de ses commissions⁹³⁶ ; le commandant René Godefroy de l'école d'application de Fontainebleau ; le lieutenant d'infanterie Robert du Verger ; le capitaine Etienne de Larminat en 1906, ancien professeur à l'école spéciale militaire, qui participa à la carte du massif du Mont Blanc d'Henri et Joseph Vallot. Au total, les militaires représentaient un cinquième des membres de la Commission de topographie⁹³⁷.

Pendant, cet investissement des militaires dans la Commission de topographie restait avant tout une affaire de personnes. Aucun de ces officiers ne représentait officiellement le SGA ou l'armée au sein de la Commission : ils ne s'y retrouvaient qu'en raison d'une passion partagée pour la haute montagne et la topographie. Le commandant René Godefroy offre un bon exemple du profil des militaires de la Commission : membre ancien du Club alpin français, au sein duquel il s'était consacré à la géographie, à la poésie et à l'alpinisme sans guide⁹³⁸, son implication dans la Commission n'était liée à sa profession militaire qu'en ce que celle-ci lui avait permis d'apprendre les bases de la topographie. Parmi les membres, seul Bourgeois exerçait encore une activité au sein du Service géographique de l'armée, qui accaparait d'ailleurs son temps au point qu'il dût démissionner de la Commission de topographie en 1909⁹³⁹.

2.1.1.2. La proximité idéologique des militaires et des membres du CAF.

A la fin du 19^e siècle, alpinistes et officiers se recrutaient dans des milieux socioculturels relativement proches. D'un point de vue institutionnel, l'armée et le Club alpin français partageaient les mêmes valeurs patriotiques et la même volonté de réforme, exacerbées par la défaite de 1870. Le CAF avait ainsi remplacé sa devise « Excelsior » par « Pour la patrie, par la montagne » en 1904⁹⁴⁰. Ses caravanes scolaires s'inscrivaient dans un mouvement général de « lutte contre le déclin de la nation française, par une action en faveur d'une régénération de la jeunesse et de sa protection vis-à-vis des effets néfastes de

⁹³⁵ PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie. [avril 1905] *Op. cit.*, p. 194.

⁹³⁶ MAURY Colonel Léon. *L'œuvre scientifique du CAF. Op. cit.*

⁹³⁷ Voir supra, tableau 4, partie 3, chapitre 1.2.1.2.

⁹³⁸ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 192.

⁹³⁹ PV Com. Topo. CAF 1910, p. 7.

⁹⁴⁰ HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*, p. 50.

la ville »⁹⁴¹. Certains alpinistes du CAF servirent dans les troupes alpines comme porteurs ou guides pour le SGA, à l'image d'Henry de Ségogne, militant pour un alpinisme sportif et animateur du « groupe des rochassiers », et d'Armand Chalet, futur célèbre guide chamoniard, qui furent affectés au 189^e régiment de chasseurs alpins de Briançon, puis au SGA à Villard d'Arène où ils purent effectuer un grand nombre de courses⁹⁴². Je pense donc que l'implication des militaires dans la Commission de topographie participait d'une proximité idéologique plus générale entre l'armée et le CAF, autour d'un ensemble de valeurs communes comme la discipline ou le patriotisme.

2.1.1.3. Des relations mondaines et institutionnelles.

Au-delà des affaires de personnes qui justifiaient la présence de militaire dans la Commission de topographie, les relations entre celle-ci et le SGA connurent un développement continu entre 1903 et 1914, dans les deux registres complémentaires de la mondanité et des rapports institutionnels.

D'un côté, les membres de la Commission et les officiers supérieurs dirigeant le SGA se faisaient régulièrement part de leur estime et soutien réciproques, principalement à travers des dons répétés de publications. Une grande partie des cartes de topographes-alpinistes de mon corpus, trouvées dans les archives de la cartothèque de l'IGN qui les hérita du SGA, portent ainsi des dédicaces de leurs auteurs adressées au directeur du SGA de l'époque de leur publication. Dans l'autre sens, la Commission, dont les crédits restaient limités, reçut de la part du SGA de nombreux ouvrages et cartes, ainsi que des épreuves d'essai de la nouvelle carte de France. Les marques d'estime mutuelle étaient souvent rappelées : le Club alpin français évoquait régulièrement dans ses rapports annuels l'importance nationale de la Commission en citant le général Berthaut qui avait « exprimé à plusieurs reprises sa satisfaction de voir collaborer à la topographie de la montagne française un groupe d'indépendants unis dans une même pensée d'honnêteté scientifique et de désintéressement »⁹⁴³, et la Commission de topographie, malgré la position critique qu'elle adoptait sur la nouvelle carte de France *pour les alpinistes*, ne cessait de souligner la qualité des travaux du SGA pour les besoins auxquels ils devaient répondre. Ces relations que je qualifierai de mondaines s'affirmaient aussi par la fréquentation des mêmes institutions de l'élite cultivée, les hauts responsables militaires du SGA et les membres du bureau de la Commission se retrouvant parfois à la Société de géographie, par exemple.

D'un autre côté, des collaborations institutionnelles ponctuelles et limitées se mirent rapidement en place, dans une double dynamique d'affirmation de la Commission dans son rôle d'expert en matière de cartographie de haute montagne et d'exploitation pragmatique des travaux des topographes-alpinistes par le SGA dont le budget de fonctionnement ne permettait pas d'assurer les ambitions de la nouvelle carte de France. Dans un premier temps, ces collaborations se développèrent principalement dans le domaine de la géodésie où les travaux étaient limités par la réduction des crédits, pour le SGA, et par les compétences techniques et les instruments disponibles, pour la Commission. Le SGA utilisa ainsi les données de la triangulation d'Helbronner pour combler le retard de la nouvelle triangulation, en échange de porteurs. Dans l'autre sens, grâce à la présence du commandant Bourgeois dans le bureau de la Commission, celle-ci eut accès aux données

⁹⁴¹ *Ibid.*, p. 32.

⁹⁴² *Ibid.*, p. 169.

⁹⁴³ Notamment cité dans VALLOT Henri. La Commission de Topographie du Club Alpin Français en 1906-1907. *La Montagne*, janvier 1908, IV, 1, p. 43.

de la triangulation des ingénieurs géographes et même à certains résultats de la nouvelle triangulation en cours d'exécution.

Après sa démission de la Commission en 1909, Bourgeois continua à entretenir des rapports étroits avec ses membres. En 1911, sa nomination à la direction du SGA en succession du général Berthaut facilita considérablement les rapports entre les deux organismes, sans toutefois modifier leur nature elle-même. Si l'affirmation de l'expertise de la Commission en topographie alpine scella le rapprochement institutionnel par le développement des collaborations⁹⁴⁴, l'ambition affichée par la Commission accentua également une opposition structurelle qui, si elle n'était pas explicitement reconnue, sous-tendait cependant le développement des relations entre les deux organismes.

2.1.2. Une opposition structurelle fondamentale.

2.1.2.1. L'activité de la Commission de topographie, une attaque symbolique contre l'unité du territoire.

La cartographie est fondamentalement une forme de pouvoir : cartographier un territoire, c'est se l'approprier, le maîtriser, étendre son autorité dessus⁹⁴⁵. Les régions frontalières comme les Alpes furent ainsi l'objet de véritables luttes cartographiques. Pendant ses campagnes en Italie, Bonaparte fit non seulement dresser de nouvelles cartes des régions alpines, mais aussi confisquer les cuivres des cartes existantes. Lors de l'annexion de la Savoie en 1859, l'une des premières initiatives du gouvernement français fut de récupérer le maximum de documents géodésiques et topographiques auprès des autorités sardes et d'assurer la représentation cartographique des nouveaux territoires – avec les conséquences sur la qualité des levés que nous avons vues⁹⁴⁶. Le développement d'une cartographie scientifique n'atténua en rien le symbolisme du fait cartographique lui-même, bien au contraire : les apparences de « vérité » qu'assurèrent à la carte les méthodes « scientifiques » de sa réalisation ne firent qu'amplifier la nécessité d'une cartographie unique du territoire, puisqu'il ne pouvait y avoir deux « vérités » différentes. John Harley rappelle d'ailleurs que, contrairement à la plupart des media, la cartographie ne connut jamais « de modes d'expression populaires, alternatifs ou subversifs », et il affirme que « les cartes sont essentiellement un langage de pouvoir et non de contestation »⁹⁴⁷.

Compte tenu du caractère symbolique de l'acte cartographique, l'apparition d'une institution visant à fédérer et à développer une représentation topographique indépendante de la haute montagne ne pouvait qu'être interprétée comme une concurrence par le SGA, malgré tous les discours répétés d'estime et de soutien mutuels. Alors que le SGA avait pour mission de fournir une représentation cartographique générale et cohérente du territoire français, la Commission s'était chargée de réaliser des cartes alternatives pour pallier aux défauts que les alpinistes soulignaient dans les cartes officielles. Même si son activité ne s'inscrivit jamais dans la contestation de l'autorité politique – les topographes-alpinistes partageant un fort patriotisme avec les topographes militaires –, je pense qu'elle représentait une véritable attaque symbolique contre l'unité du territoire à travers l'unité de

⁹⁴⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 1.1.2.

⁹⁴⁵ Voir HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. *Op. cit.* ; HARLEY John Brian. Cartes, savoir et pouvoir. *Op. cit.*

⁹⁴⁶ Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.3.

⁹⁴⁷ HARLEY John Brian. Cartes, savoir et pouvoir. *Op. cit.*, p. 49.

sa représentation cartographique. D'un point de vue structurel, le SGA et la Commission se trouvaient donc fondamentalement opposés par leur objet même.

2.1.2.2. Une concurrence exacerbée par l'ambition technique de la Commission.

Aucun des deux organismes n'envisagea jamais officiellement leurs relations sous la forme d'une opposition structurelle, mais je la considère pourtant comme le moteur essentiel de l'évolution de ces relations entre 1910 et 1930. Deux facteurs la rendaient plus aiguë encore. Tout d'abord, par son organisation et son ambition, la Commission de topographie constituait une alternative à la cartographie officielle beaucoup plus importante que toutes les autres initiatives de cartographie indépendante. Mais surtout, sous l'influence normalisatrice d'Henri Vallot, elle adopta une approche technique de la topographie dangereusement proche du service officiel qui ne faisait qu'accentuer la concurrence tacite entre les deux organismes.

Le Service géographique de l'armée et la Commission de topographie défendaient deux visions différentes de la cartographie topographique de haute montagne, liées à des besoins divergents, et reconnaissaient chacun la spécificité de la vision de l'autre. Mais le développement de rapports de plus en plus étroits entre les deux organismes illustre une proximité implicite que souligne bien René Siestrunk : les topographes officiels et les topographes-alpinistes avaient un langage commun, publiaient des articles sur leurs travaux respectifs dans les mêmes revues, se citaient mutuellement dans leurs manuels⁹⁴⁸. Les militaires avaient d'ailleurs participé à la formation des topographes-alpinistes, soit par leur encadrement sur le terrain, comme le colonel Prudent dans les Pyrénées⁹⁴⁹, soit par des articles d'initiation à la topographie publiés dans les revues d'alpinisme, comme les textes du colonel Goulier pour l'*Annuaire du Club Alpin Français*⁹⁵⁰. Sous l'influence du prosélytisme technique d'Henri Vallot⁹⁵¹, l'effort de normalisation des méthodes employées par les topographes-alpinistes avait accentué la proximité entre ceux-ci et les topographes militaires, par l'utilisation de certains instruments et procédés communs.

2.1.2.3. La guerre de montagne et le rapprochement des besoins militaires et alpinistes.

La proximité entre les deux organismes était encore accentuée par un investissement qui répondait en grande partie aux mêmes besoins. Tous deux déploraient le « retard » de la topographie alpine française par rapport aux cartes suisses ou aux opérations effectuées

⁹⁴⁸ SIESTRUNK René. *Tourisme, patriotisme et topographie*. *Op. cit.*, p. 346-347.

⁹⁴⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 2.2.2.2.

⁹⁵⁰ Il écrivit trois articles importants : GOULIER Colonel Charles Moysse. *Etude sur la précision des nivellements topographiques et barométriques*. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1879, p. 597-658 ; GOULIER Colonel Charles Moysse. *Notions de topographie pour les alpinistes*. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 643-661 (ce texte détaillait des méthodes très simples comme l'emploi du carton à bretelles avec la boussole-pince, de l'alidade nivelatrice, etc.) ; GOULIER Colonel Charles Moysse. *Comment il faut plier les cartes pour les consulter commodément sur le terrain*. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 623-642. Ce dernier texte, loin d'être anecdotique, présentait les méthodes pour adapter à une pratique de terrain, qu'elle soit militaire ou alpiniste, des cartes qui étaient vendues à plat. Il constitue d'ailleurs un exemple révélateur de la mutation de la cartographie d'une conception fixiste de la carte comme illustration, diffusée de la même façon qu'une gravure, à une conception utilitariste, adaptant la carte à des utilisations de terrain en la pliant, la cousant sur tissu, etc.

⁹⁵¹ Voir supra, partie 3, chapitre 1.2.

dans les régions moins accidentées de la France. Surtout, le développement de cette topographie alpine s'inscrivait dans une même dynamique de découverte et d'ouverture de la haute montagne. L'accroissement de la connaissance scientifique de ce milieu dont se réclamait la Commission avait été le moteur et l'instrument du développement de l'alpinisme, qui, par l'exploration systématique des hautes régions des Alpes et l'amélioration des techniques alpines, avait lui-même été à l'origine de l'ouverture de ces régions à l'intérêt militaire.

En effet, alors que la haute montagne avait été pendant longtemps considérée par les militaires comme un terrain inaccessible et donc inintéressant, les tensions frontalières franco-italiennes entre 1882 et 1896 – date où la Triple alliance fut désamorcée par l'accord secret garantissant la non intervention de l'Italie en cas de guerre franco-allemande – entraînèrent la création et le développement des troupes de montagne. Dès la fin du 19^e siècle, des rapprochements fructueux entre alpinisme et armée étaient opérés : ainsi, les troupes du 159^e Régiment d'infanterie alpine de Briançon adoptèrent par exemple le ski comme mode de déplacement sous l'influence du capitaine Clerc et d'Henri Duhamel, membre du CAF et de la Commission de topographie, et grand promoteur du ski en France⁹⁵². Mais les rapports entre armée et alpinisme se développèrent surtout après la première guerre mondiale, durant laquelle les affrontements dans les Dolomites avaient marqué l'apparition de la guerre de montagne, menée par des troupes récemment créées comme les Alpini italiens et les Alpintruppen austro-allemandes, qui alimentèrent ensuite l'essor d'un alpinisme nationaliste dans ces pays⁹⁵³.

L'investissement de la haute montagne par les militaires nécessitait une cartographie détaillée pour la construction de fortifications, la mise en place d'une défense systématique des frontières montagneuses, la préparation des tirs d'artillerie sur carte qui s'était développée pendant la première guerre mondiale⁹⁵⁴. Accentués par l'adoption des levés de précision pour la nouvelle carte de France, ces nouveaux besoins ne différaient que peu, dans leur traduction cartographique, de ceux exprimés par les alpinistes. Dans un article consacré aux travaux du SGA dans les Alpes, le chef de bataillon Gendre présentait explicitement cette nouvelle perception de la haute montagne par les topographes militaires :

« Vers 1900, les conceptions se modifient. Le 20.000^e dans les Alpes, comme le 10.000^e dans les autres parties du territoire, doit devenir la base de la nouvelle carte de France au 50.000^e, carte dont toutes les parties, la montagne comme la plaine et les régions moyennement accidentées, doivent présenter la même valeur relative. De plus, la haute montagne commence à être parcourue et mieux connue même dans ses parties jugées jusqu'alors inaccessibles. On entrevoit déjà la nécessité de sa reproduction plus détaillée et plus fidèle, non seulement pour faciliter l'exploration alpine et ses conséquences, les études scientifiques, géologiques, glaciologiques, botaniques, économiques, etc., mais aussi en se plaçant au point de vue militaire. On a été ainsi amené à transformer progressivement les levés expédiés des Alpes en levés de précision ;

⁹⁵² MESTRE Michel. *Histoire de l'alpinisme*. Op. cit., p. 62.

⁹⁵³ *Ibid.*, p. 74-77.

⁹⁵⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.3.1.

le topographe a dû pénétrer plus profondément dans le massif rocheux et le rédacteur de la carte chercher une formule rationnelle de figuration du rocher. »⁹⁵⁵

2.1.2.4. La dynamique de l'investissement du SGA dans les Alpes.

Ce nouvel investissement du SGA dans la cartographie des Alpes procédait d'une double dynamique : d'un côté, les nouveaux besoins militaires imposaient une représentation plus détaillée des régions de haute montagne dans les plans directeurs ; d'un autre côté, la fondation de la nouvelle carte de France sur les levés de précision modifiait considérablement la conception de ces plans directeurs en introduisant une logique de prestige, inséparable de toutes les entreprises de cartographie à grande échelle des territoires nationaux. Selon moi, cette logique de prestige s'ancrait dans l'aspect symbolique de l'acte cartographique : en essayant de donner une représentation cartographique la plus « parfaite » possible, selon les critères de tous les utilisateurs potentiels, le SGA cherchait à réaliser une carte qui s'imposerait comme la *seule* représentation du territoire national, c'est-à-dire qui rendrait inutile le développement de productions indépendantes alternatives. Elle expliquait particulièrement la volonté de répondre aux besoins des savants et des alpinistes, qui ne pouvait s'inscrire dans une logique de rentabilité, le « marché » scientifique et touristique n'étant pas suffisamment important (en quantité de clients potentiels et en quantité de feuilles concernées) pour peser significativement sur les ventes de la carte. L'investissement croissant du service officiel dans les Alpes au cours des premières décennies du 20^e siècle était donc en partie une conséquence de son opposition structurelle avec la Commission topographique du CAF, répondant à une logique de prestige et de monopole qui se traduit par un développement quantitatif et qualitatif considérable des levés de haute montagne.

2.2. Le surinvestissement du SGA dans les Alpes.

Jusqu'à la fin du 19^e siècle, le Service géographique de l'armée avait privilégié le développement des levés de précision dans les régions frontalières de l'est, en particulier dans les Alpes, pour des raisons strictement militaires. Mais en 1897, l'adoption du projet d'une nouvelle carte de France basée sur ces levés entraîna une redéfinition de l'orientation de ces opérations. Alors que sur l'ensemble du territoire, les travaux de la carte de France restèrent longtemps sous-développés, la région des Alpes du nord continua d'être systématiquement levée et révisée. La conjonction des préoccupations d'intérêt militaire, de prestige cartographique et d'autorité politique, favorisa également un développement qualitatif considérable des levés en haute montagne, qui se traduit par l'apparition au SGA d'un petit groupe informel de topographes spécialisés.

2.2.1. La couverture cartographique des Alpes par le SGA.

2.2.1.1. L'avancement de la carte de France jusqu'à la deuxième guerre mondiale.

Malgré l'acceptation du projet en 1897, les restrictions budgétaires imposées par le parlement à la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 avaient considérablement limité l'avancement des travaux que le Service géographique de l'armée réalisait en autonomie

⁹⁵⁵ GENDRE F. La feuille de « La Grave » de la carte au 20.000^e. *La Montagne*, octobre 1926, vol. 22, 195, p. 250.

financière presque complète⁹⁵⁶. En 1914, seules quarante-deux feuilles sur plus de mille cent avaient été publiées, à un rythme annuel d'environ trois ou quatre publications. La première guerre mondiale accentua singulièrement le retard des travaux, non seulement parce que la récupération de l'Alsace-Lorraine augmentait le territoire à couvrir, mais aussi parce qu'une grande partie du front levée pendant la guerre avait été si profondément modifiée par les affrontements que de nouveaux levés s'avéraient indispensables.

Après la réorganisation du SGA, les travaux de terrain ne reprirent véritablement qu'en 1921, à un rendement comparable, quoique légèrement inférieur, à celui de 1914. Même si la guerre avait marqué l'ouverture du SGA à des activités non cartographiques, les nouveaux besoins apparus pendant le conflit avaient démontré l'intérêt militaire des levés de précision et entraîné la focalisation du service sur les travaux de la carte de France. Le colonel Bellot, nouveau directeur du SGA depuis 1919, chercha donc des solutions pour en accélérer la réalisation. Du côté administratif, il développa une stratégie de « lobbying », marquée par la publication d'un ouvrage intitulé *La Nouvelle Carte de France* qui reprenait l'argument classique du retard cartographique de la France sur les autres nations européennes, alors qu'elle avait été à l'origine de la cartographie topographique moderne avec la carte d'état-major⁹⁵⁷. Cet effort de vulgarisation aboutit à un nouveau projet de loi demandant les crédits nécessaires à la réalisation de la carte dans un délai raisonnable : le plan de financement s'étendait sur seulement vingt-cinq ans, entre 1924 et 1948. Soutenu par la plupart des ministères intéressés, le projet ne fut une nouvelle fois même pas présenté au parlement, puisque dans la perspective d'élections législatives difficiles, le ministre des Finances du gouvernement Poincaré avait refusé de le signer en avril 1924.

L'augmentation de crédits s'avérant à nouveau impossible, il ne restait pour accélérer la publication de la nouvelle carte de France que des solutions techniques. De ce côté, le colonel Bellot avait déjà engagé en 1920 une réforme des spécifications de la carte pour raccourcir l'étape de rédaction cartographique, en même temps qu'il envisageait la publication directe des plans directeurs sous la forme d'une carte de France au 1 : 20 000. Ses propositions, acceptées en 1922, donnèrent naissance aux cartes au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000 *type 1922*, version simplifiée remplaçant le *type 1900*⁹⁵⁸. Jusqu'alors les minutes de levés au 1 : 20 000 n'étaient reproduites qu'à la demande, en monochromie, tout comme les anciens plans directeurs, mais la nouvelle carte au 1 : 20 000 fut éditée en trois couleurs. A partir de 1923, elle était officieusement considérée comme la véritable carte de base du territoire pour laquelle les levés étaient effectués. Même si elle restait officiellement la référence, la carte au 1 : 50 000, dressée parfois à partir des minutes des levés, parfois directement à partir des coupures au 1 : 20 000, devenait dans la pratique un dérivé de la carte au 1 : 20 000.

Bellot avait aussi commencé à faire expérimenter l'emploi de l'échelle du 1 : 20 000 dans des régions non montagneuses : les levés devenaient plus délicats d'un point de vue technique, mais le rendement était effectivement à peu près doublé, si bien qu'« il fut donc décidé, en 1927, d'étendre à toutes les régions moyennement accidentées la méthode jusqu'alors réservée aux zones de haut relief »⁹⁵⁹. Parallèlement, le Service géographique de l'armée prenait le pari de miser sur le développement des nouvelles techniques de

⁹⁵⁶ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.2.1.

⁹⁵⁷ *La Nouvelle Carte de France. Op. cit.*, 125 p.

⁹⁵⁸ Voir infra, partie 3, chapitre 4.

⁹⁵⁹ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne. T.2. Op. cit.*, p. 56.

levés photographiques terrestres et aériens qui devaient permettre, une fois perfectionnées et bien établies, de faciliter et d'accélérer les levés topographiques⁹⁶⁰. Dans les faits, Le développement de ces techniques permit effectivement d'augmenter un peu la surface levée annuellement, qui resta très faible au début des années vingt puis s'accrut assez régulièrement. En 1935, pour accélérer encore les travaux, Bellot décida de séparer la réalisation des deux cartes de France : la carte au 1 : 50 000 pouvait dès lors être dressée directement à partir des photographies aériennes prises au 1 : 30 000 puis au 1 : 40 000, alors que les levés de précision au 1 : 10 000 et 1 : 20 000 n'étaient exécutés que dans les régions particulièrement intéressantes, comme les Alpes.

Malgré toutes ces mesures, l'insuffisance des crédits et les nombreux nouveaux travaux entrepris après la guerre limitèrent le rythme de réalisation de la carte de France : en 1939, le rendement atteint ne permettait toujours pas de prévoir l'achèvement de la carte avant cent cinquante ans⁹⁶¹. Mais contrairement à la majeure partie du territoire pour laquelle n'existait encore que la seule carte d'état-major, la région des Alpes du nord avait été couverte entre 1880 et 1940 par de multiples levés et révisions, témoignant du surinvestissement de la région par le SGA.

2.2.1.2. Les Alpes du nord, une région privilégiée pour les levés de précision.

Entre 1897 et 1901, l'entreprise de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 avait été engagée sans disposer de crédits spécifiques. « En prévision d'une solution [financière] favorable à intervenir dans un avenir plus ou moins prochain, la Section des Levés de Précision [avait] dû se préoccuper, d'une part de prévoir l'utilisation, en vue de l'exécution de la nouvelle carte, des levés déjà existants, et par suite d'assurer leur révision en temps convenable, d'autre part de tenir compte de ce facteur nouveau dans la conduite des travaux futurs »⁹⁶², notamment en répartissant les zones à lever sur le nouveau découpage des feuilles au 1 : 50 000⁹⁶³. En raison de crédits très limités et des priorités militaires, les levés de la nouvelle carte furent d'abord organisés pour tirer un profit maximal des plans directeurs existants : ils se trouvèrent donc concentrés sur les régions frontalières de l'est, la région parisienne et une petite zone autour de Cherbourg, déjà partiellement couvertes⁹⁶⁴.

Avant la première guerre mondiale, les Alpes devinrent ainsi la principale région concernée par les levés de précision, allant jusqu'à représenter certaines années plus de la moitié des surfaces levées (graphique 9), avec une moyenne de 21 % entre 1889 et 1939. Cependant, l'immédiat après-guerre montre l'arrêt quasi-définitif des levés directs dans les Alpes, remplacés par les levés photographiques : la période la plus significative est donc celle précédant la première guerre mondiale, durant laquelle, entre 1889 et 1914, les levés alpins représentèrent 35,6 % des levés exécutés en France, avec une proportion maximale de 64,6 %.

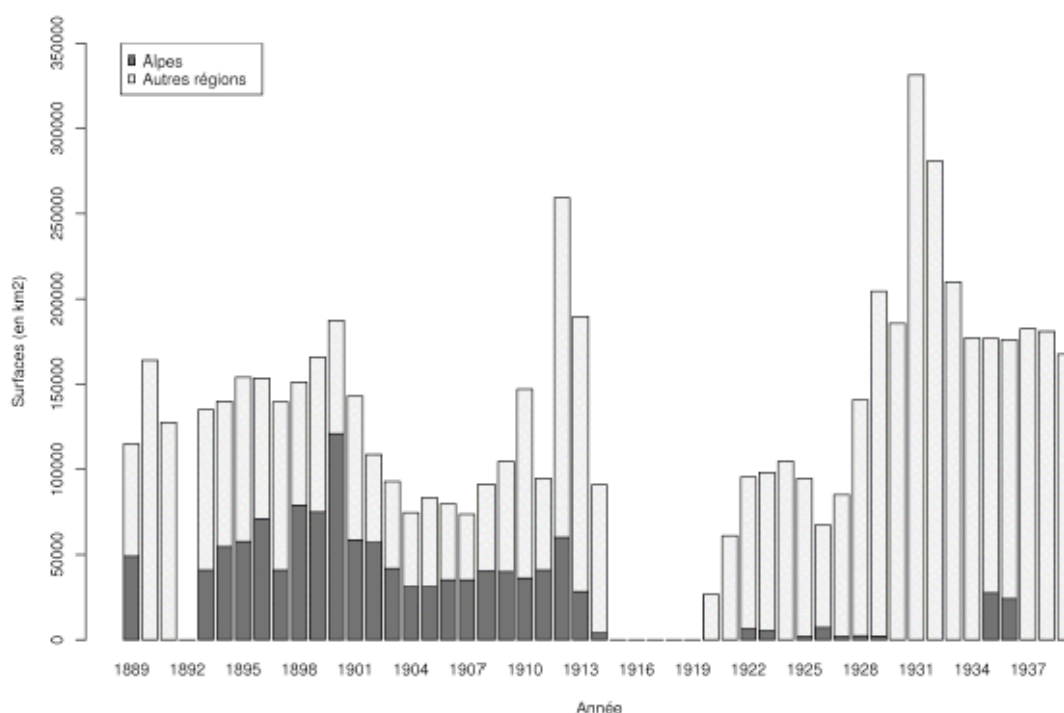
⁹⁶⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 3.

⁹⁶¹ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 58.

⁹⁶² Rapp. SGA 1901, p. 12.

⁹⁶³ Voir infra, partie 3, chapitre 4.1.1.1.

⁹⁶⁴ « Comme choix de régions, c'est à ces intervalles existant entre les zones déjà levées, et présentant par conséquent eux-mêmes une part de l'intérêt militaire de celles-ci, que devait être appliqué le développement de travaux autorisés. » Rapp. SGA 1903, p. 15.



Graphique 9 : Evolution des surfaces couvertes par les levés de précision entre 1889 et 1939.*

* Sont inclus les levés de précision proprement dits et tous les levés à la planchette, à l'exception des compléments de levés photographiques (sauf pour 1925 et 1926 où je n'ai pas trouvé de données faisant la distinction entre les deux). Je n'ai pas trouvé de chiffres pour l'année 1892.

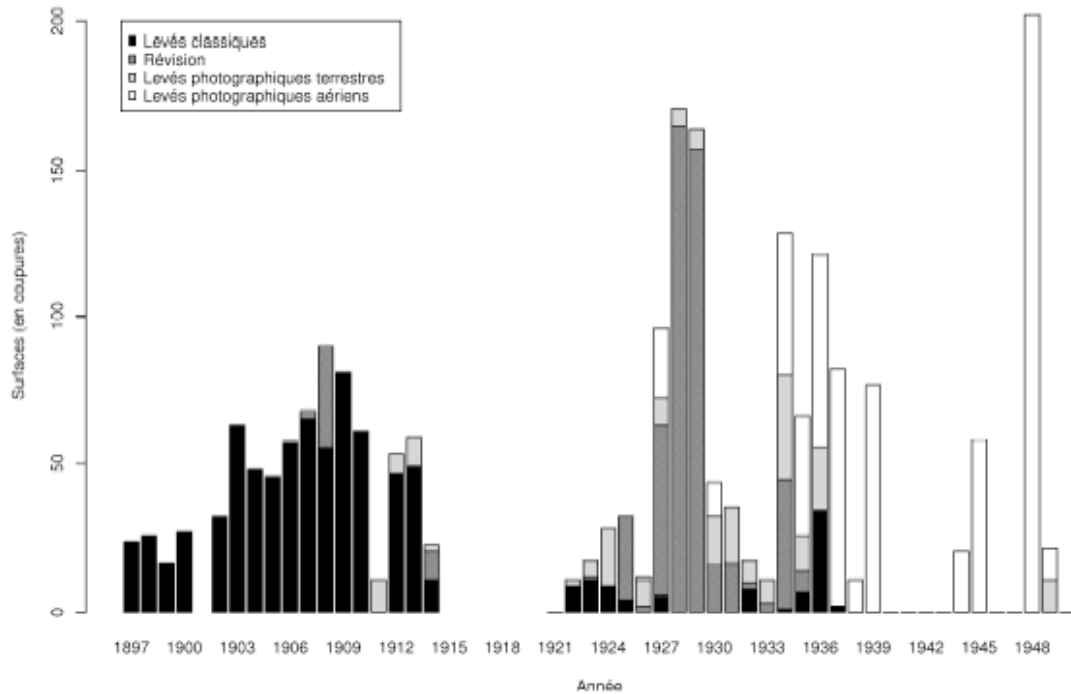
L'organisation des levés elle-même témoignait de la spécificité des travaux topographiques dans les Alpes. Entre 1893 et 1914, la brigade constituée pour les levés alpins fut la seule maintenue sans discontinuité. Ses travaux en France n'étant possible que pendant les mois d'été, elle fut dès 1904 employée pendant les campagnes hivernales aux levés en Afrique du nord, comme l'illustrent les différents noms qu'elle porta : Brigade topographique des Alpes (1897-1903), Brigade d'Alger – les Alpes (1904-1906), Brigade d'Oran – les Alpes (1907-1911), Brigade des Alpes et de Philippeville (1912-1914). Dans les années vingt, alors que sur tout le territoire les brigades étaient organisées de façon plus rationnelle et différenciées par un simple numéro d'ordre, certaines brigades de levés alpins échappèrent encore à cette organisation, comme par exemple la « brigade des Alpes » de 1926⁹⁶⁵.

2.2.1.3. La répartition spatio-temporelle des travaux du SGA dans les Alpes.

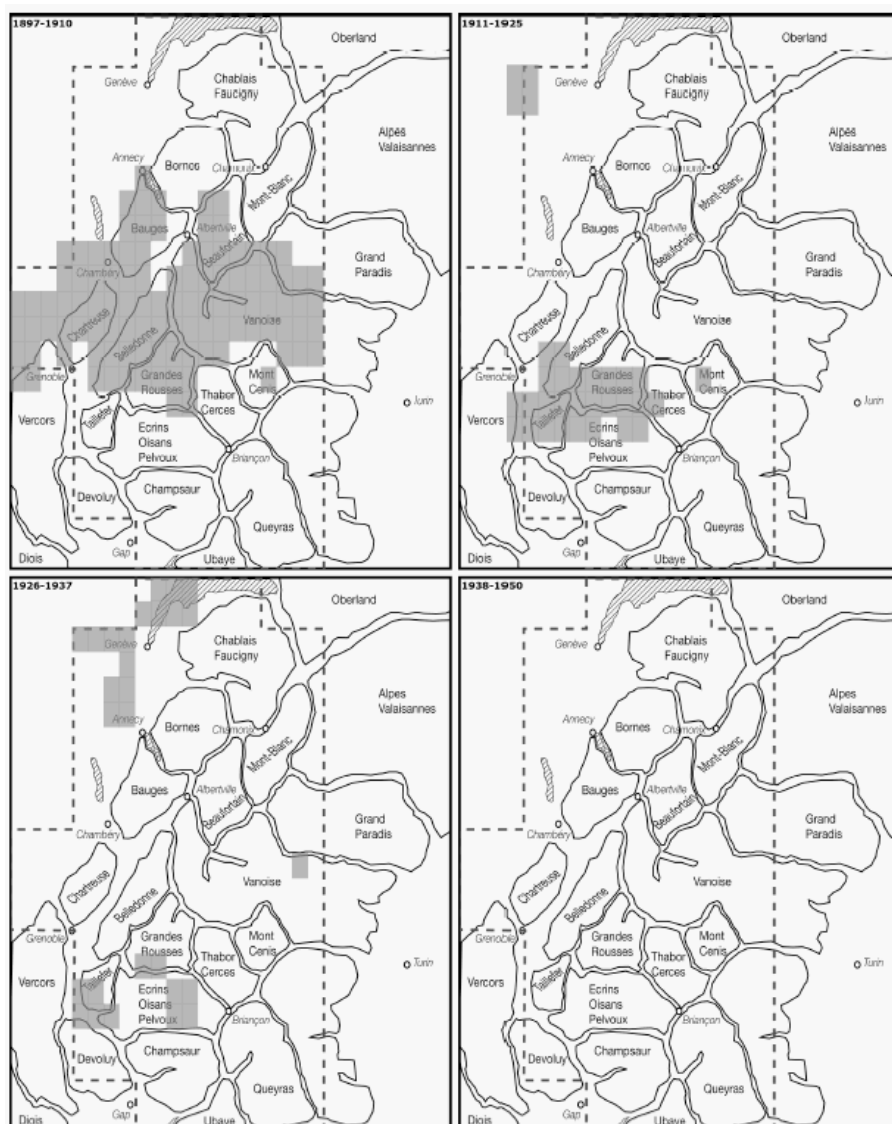
Si la région des Alpes du nord était indubitablement privilégiée, les crédits dont disposait le SGA pour la carte de France ne lui permettaient pas pour autant d'en assurer une couverture très rapide. L'étude de la répartition spatiale et temporelle des levés de précision et des publications de feuilles permet de mettre à jour les priorités et les contraintes des travaux du service officiel dans les Alpes. Le graphiques suivant illustre la surface couverte chaque

⁹⁶⁵ Rapp. SGA 1926-27, p. 116.

année par les levés de la carte de France et leurs révisions entre 1897 et 1950 (graphique 10). Les cartes montrent la répartition spatiale de ces travaux (cartes 11, 12, 13 et 14).

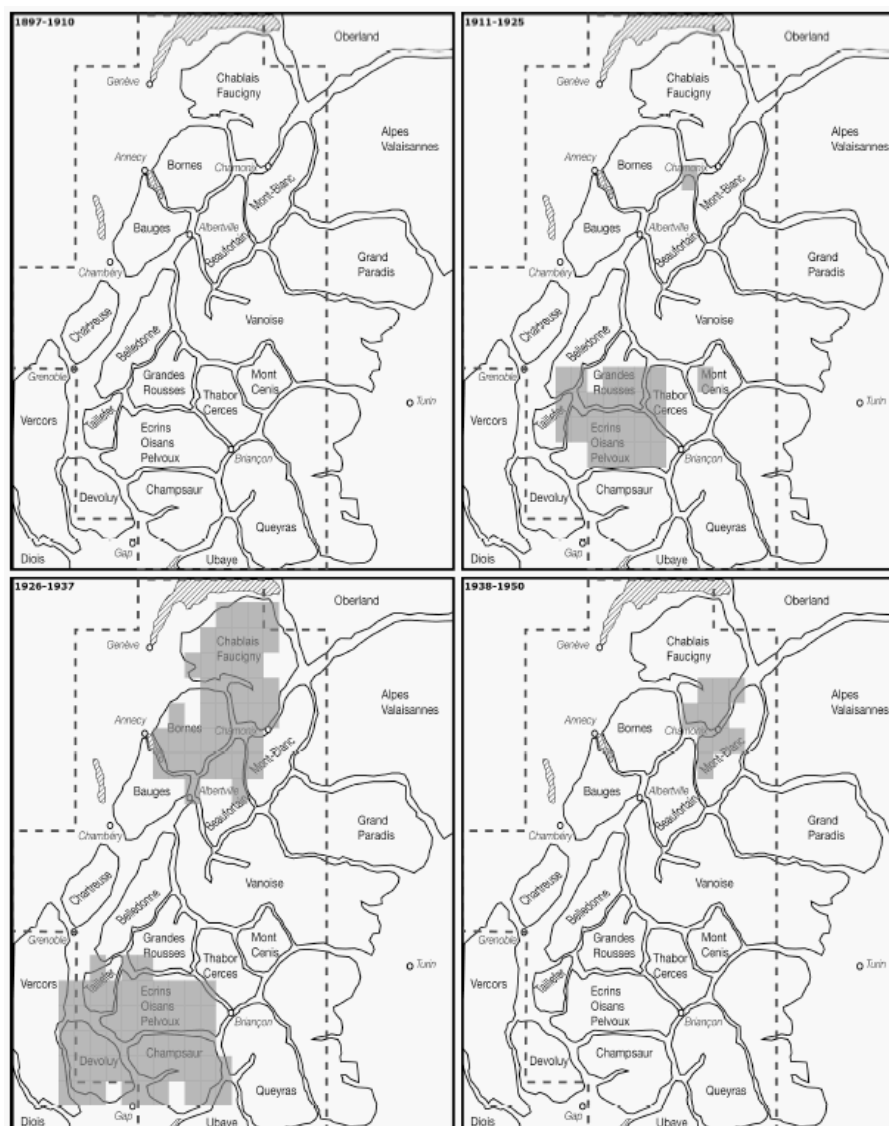


Graphique 10 : Evolution des surfaces couvertes par les travaux de « terrain » du SGA dans les Alpes du nord, entre 1897 et 1950.

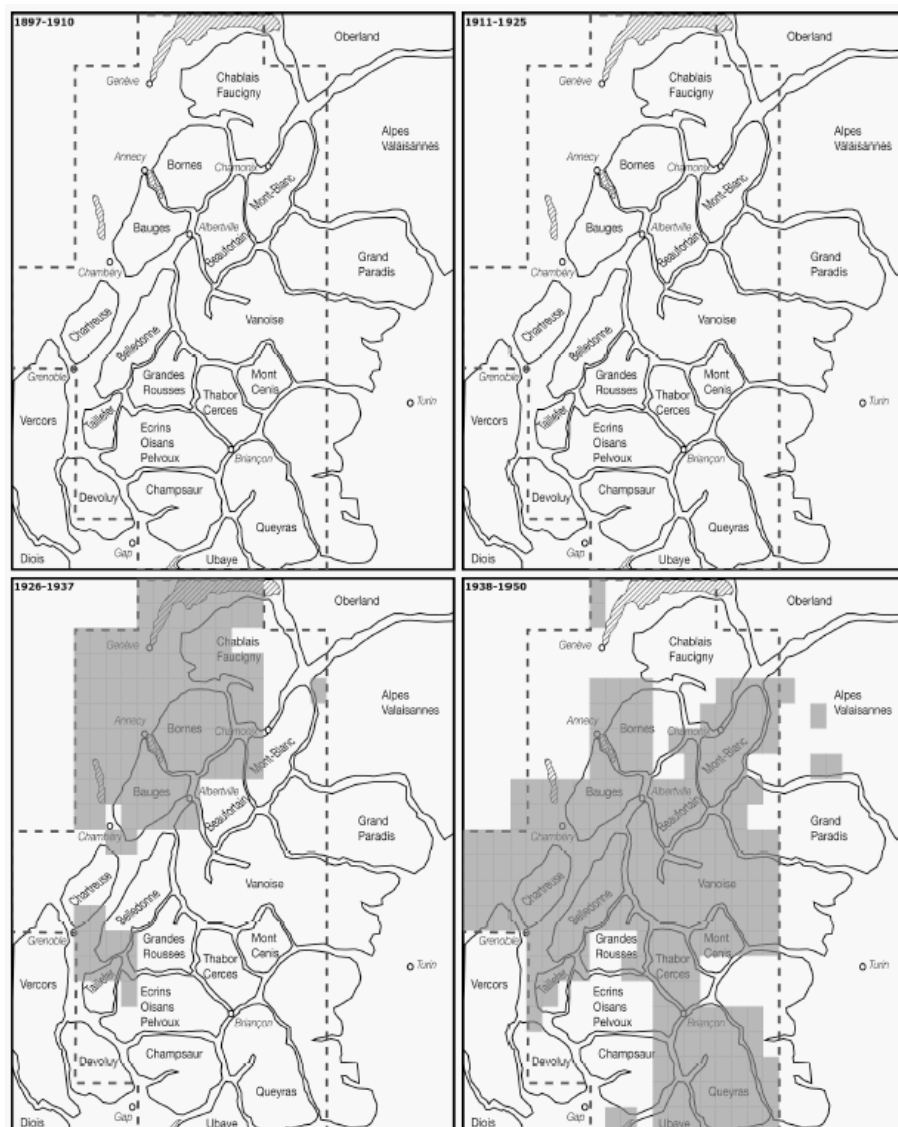


Carte 11 : Répartition des levés directs du service officiel dans les Alpes du nord, 1897-1950.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).

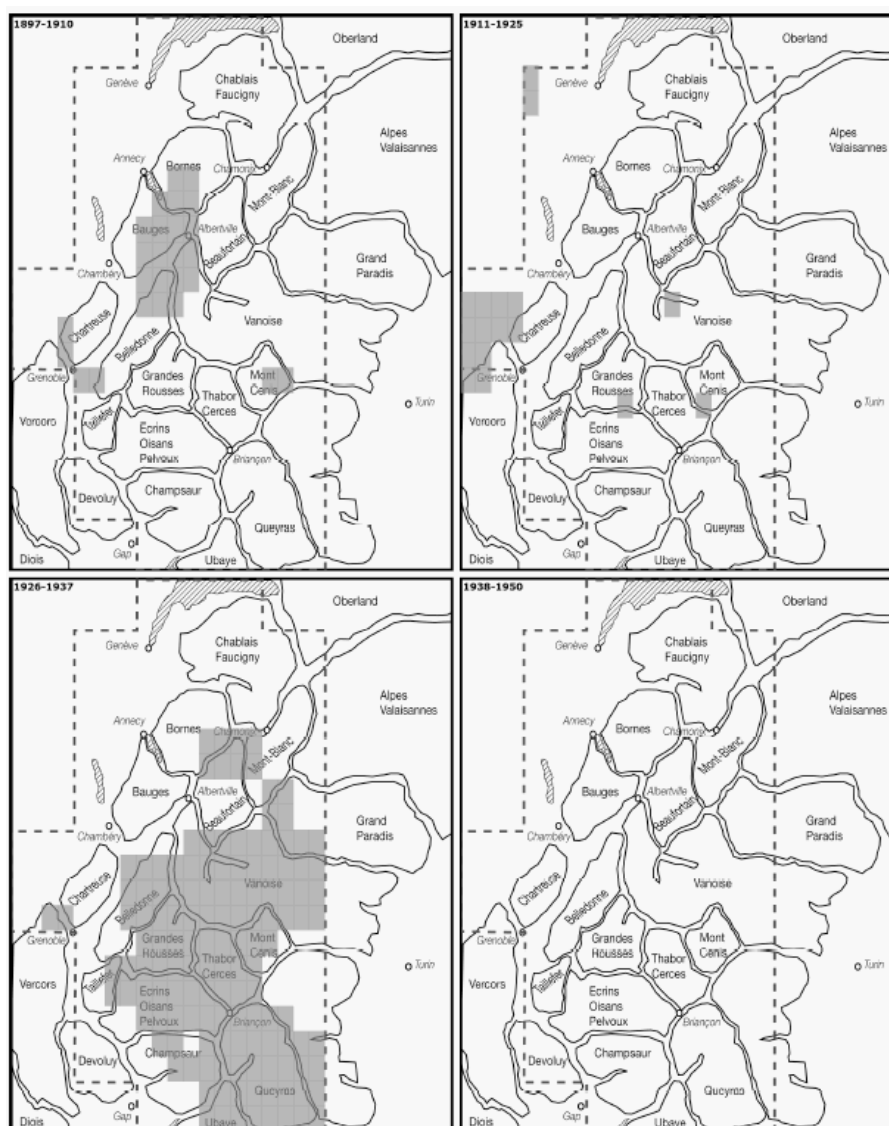


Carte 12 : Répartition des levés photographiques terrestres du service officiel dans les Alpes du nord, 1897-1950.



Carte 13 : Répartition des levés photographiques aériens du service officiel dans les Alpes du nord, 1897-1950.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).



Carte 14 : Répartition des révisions de terrain du service officiel dans les Alpes du nord, 1897-1950.

Exception faite de la longue coupure provoquée entre 1914 et 1921 par la première guerre mondiale et la réorganisation qui la suivit, quatre périodes bien différenciées se distinguent :

1897-1910 : utilisation exclusive de la méthode des levés de précision. Malgré une légère pause en 1901, au moment du premier ajournement du projet de loi de financement de la nouvelle carte de France, les travaux sur le terrain suivirent un rythme régulier, avec un pic de productivité en 1907 dû à un terrain moins difficile (sans glacier, par exemple) et à des conditions météorologiques peut-être plus favorables. Dans les Alpes, les levés de précision concernèrent presque exclusivement une région contenue dans un triangle formé par les trois centres des plans directeurs : Grenoble, Albertville et Briançon⁹⁶⁶. Cette répartition spatiale illustre la politique d'exploitation des plans directeurs décidée par le SGA : le changement de destination des levés de précision ne modifia donc pas immédiatement le programme

des travaux de terrain, et la Brigade des Alpes termina d'abord les levés du plan directeur de Grenoble – Fort-Barraux commencés en 1885 et inachevés en 1897, avant de débiter en 1902 des opérations en Haute-Tarentaise et Haute-Maurienne pour étendre et rattacher les plans directeurs existants. En même temps, une partie des plans directeurs les plus anciens était révisée en 1907 et 1908.

- *1911-1925 : expérimentation des levés photographiques terrestres.* Pour trouver une solution au levé des régions inaccessibles ou difficiles à parcourir, le SGA commença à expérimenter les levés photographiques, mais l'étendue des essais resta limitée par le nombre d'opérateurs affectés (avant 1914, un seul officier se chargeait des expérimentations : Charles Coulon, avec quelques aides). Les levés photographiques concernèrent essentiellement l'Oisans, en complément des levés de précision menés dans la même région pour prolonger les plans directeurs existants vers le sud.
- *1926-1937 : développement des levés photographiques terrestres et aériens.* La reprise des travaux après la première guerre mondiale fut marquée par une extension des levés en dehors du triangle formé par les plans directeurs levés à la fin du 19^e siècle, d'abord au sud, puis au nord. Une importante révision, dite « révision des Alpes » et menée principalement entre 1927 et 1929, fut réalisée pour uniformiser les levés de précision parfois anciens. Les levés photographiques terrestres sortirent du stade expérimental, couvrant une surface supérieure aux levés classiques dans les régions prévues au programme de travail. Les levés photographiques aériens se développèrent rapidement, mais seulement dans la région peu accidentée du sud du lac Léman.
- *1938-1950 : généralisation des levés photographiques aériens.* A la fin des années trente, les levés photographiques aériens se généralisèrent très rapidement, se substituant complètement aux levés directs et aux levés photographiques terrestres.

La première moitié du 20^e siècle est ainsi marquée par une succession de changements techniques importants, qui méritent des études détaillées⁹⁶⁷. Pour les levés de précision eux-mêmes, la méthode utilisée demeura celle mise au point à la fin du 19^e siècle⁹⁶⁸, mais avec un souci qualitatif nouveau pour les levés de haute montagne.

2.2.2. L'effort qualitatif du SGA dans les Alpes.

2.2.2.1. Méthode expédiée et méthode régulière.

En plus des problèmes de qualité du réseau géodésique, particulièrement aigus dans les Alpes, les levés de précision étaient confrontés aux difficultés de parcours des régions de haute montagne qui avaient imposé l'adoption d'une méthode différente de celle employée dans les régions moins accidentées. Pour les zones inaccessibles, la triangulation complémentaire était ainsi exécutée par des méthodes graphiques et les courbes tracées à l'aide de points déterminés par intersection⁹⁶⁹. Même dans ces conditions, les opérations de levé topographique restaient difficiles : les rapports d'activité du SGA insistaient régulièrement sur les exploits physiques qu'elles demandaient aux officiers topographes pour appliquer strictement la méthode des levés de précision.

⁹⁶⁷ Voir infra, partie 3, chapitre 3, et partie 4, chapitres 2 et 3.

⁹⁶⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 4.

⁹⁶⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 4.1.

Cependant, les minutes de levé conservées dans les dossiers topographiques à la cartothèque de l'IGN donnent une vision différente des pratiques des brigades topographiques dans les Alpes. Sur nombre d'entre elles, les officiers topographes avaient indiqué l'exécution de levés dits *expédiés*, par opposition aux levés *réguliers* généralement désignés par le seul terme de « levé ». La méthode expédiée consistait en une simplification de la méthode régulière pour permettre un levé plus rapide, en particulier dans les zones difficiles d'accès – typiquement la montagne – ou dont le parcours systématique prendrait trop de temps – les levés de reconnaissance, notamment dans les colonies. J'ai déjà décrit la méthode régulière⁹⁷⁰ : elle mêlait cheminements et rayonnements pour le filage des courbes dans les zones accessibles, et détermination des points par intersections graphiques à *courte distance* pour limiter les erreurs dans les zones inaccessibles. Jugée remarquablement souple pour les levés en haute montagne par les spécialistes, elle nécessitait cependant l'emploi de guides militaires fournis par les troupes alpines pour le parcours des terrains les plus difficiles. Dans les régions montagneuses, la méthode expédiée consistait à représenter les fonds de vallées avec tous les détails de la méthode régulière, mais à se contenter pour les sommets rocheux et les crêtes dominantes d'une représentation basée sur des points déterminés par des intersections à *longue distance*, ou parfois même sur de simples croquis perspectifs, se rapprochant alors de la méthode employée pour les levés de la carte d'état-major⁹⁷¹.

2.2.2.2. La lente généralisation des levés réguliers dans les Alpes.

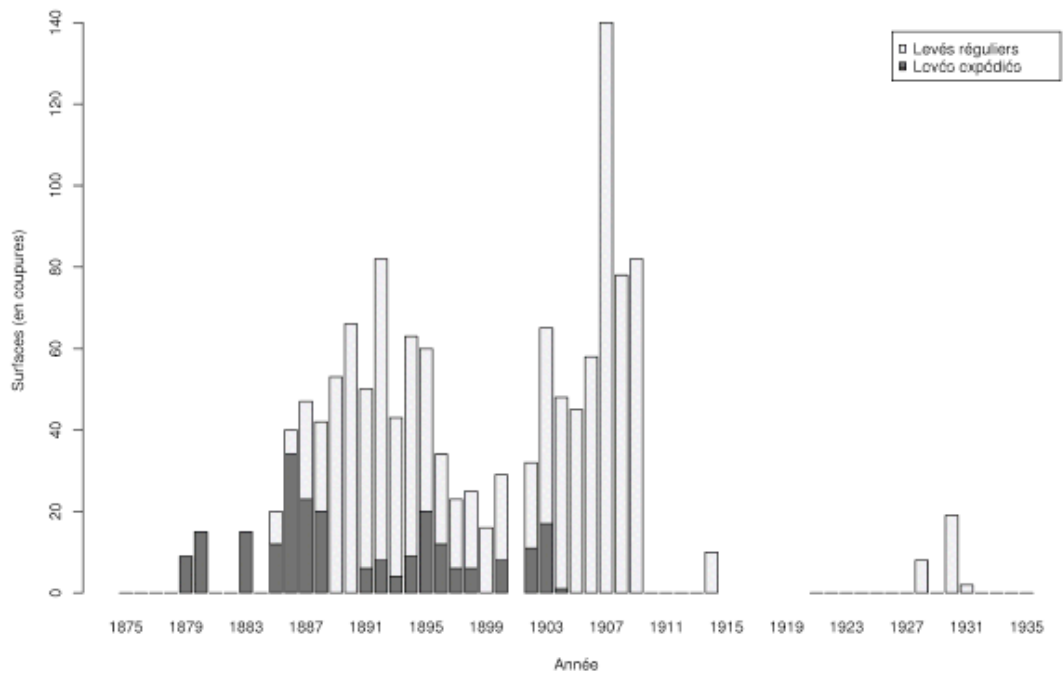
Malgré le nouvel objet des levés de précision, les minutes de levé témoignent d'une utilisation relativement importante de la méthode expédiée : dans la région couverte par mon corpus, 17,9 % de la surface fut levée avec la méthode expédiée (236 coupures au moins partiellement couvertes par des levés expédiés sur un total de 1 319 coupures pour tous les levés de précision)⁹⁷². La répartition temporelle des levés expédiés montre cependant une baisse rapide de leur proportion dans les levés de précision au cours de la dernière décennie du 19^e siècle, puis leur abandon après 1904 (graphique 11). Je pense que deux ruptures fondamentales expliquent cette évolution. Tout d'abord, la mise en service de l'alidade holométrique en 1891 permit d'exécuter les levés par intersection avec une plus grande précision, augmentant la distance des visées d'intersection pouvant être considérée comme suffisamment précise pour la méthode régulière. Ainsi, 41,7 % de la surface couverte par les levés de précision était levée par la méthode expédiée avant 1891 (128 coupures sur 307), et seulement 10,7 % après 1891 (108 coupures sur 1 012). Ensuite, l'adoption des levés de précision comme base de la nouvelle carte de France, en ajoutant le prestige scientifique aux seuls besoins militaires, nécessita une précision supérieure des levés. Entre 1891 et 1897, 18,3 % de la surface couverte était encore levée par la méthode expédiée (65 coupures sur 355), 20 % entre 1898 et 1904 (43 coupures sur 215), puis la méthode expédiée cessa d'être mentionnée sur les minutes de mon corpus après 1904⁹⁷³.

⁹⁷⁰ Voir supra, partie 2, chapitre 4.

⁹⁷¹ Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.2.3.

⁹⁷² La proportion est peut-être même plus importante, puisque les sources ne sont pas totalement fiables : certaines minutes ont pu être dressées avec la méthode expédiée sans pour autant qu'elle ne soit mentionnée sur le document.

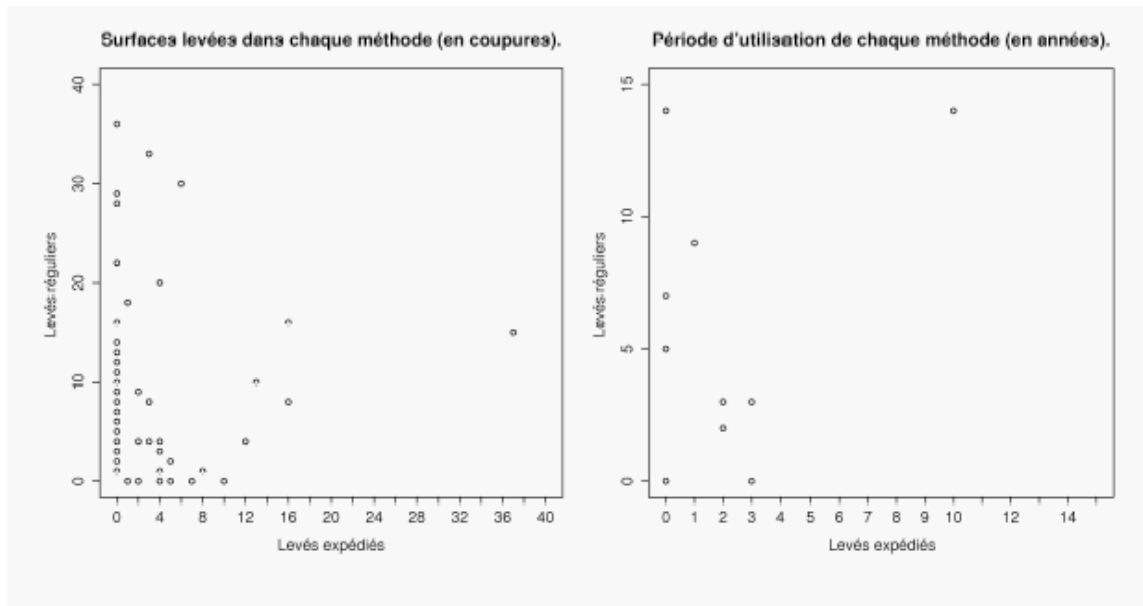
⁹⁷³ Il semble que des levés expédiés aient encore été exécutés dans les Alpes entre 1904 et 1910, mais les sources qui l'affirment ne donnent pas suffisamment de précision sur la localisation de ces levés pour que j'ai pu répercuter l'information dans ma base de données. Peut-être même s'agit-il en fait de minutes concernant des régions extérieures à la zone couverte par mon corpus. Rapp. SGA 1926-27, p. 22.



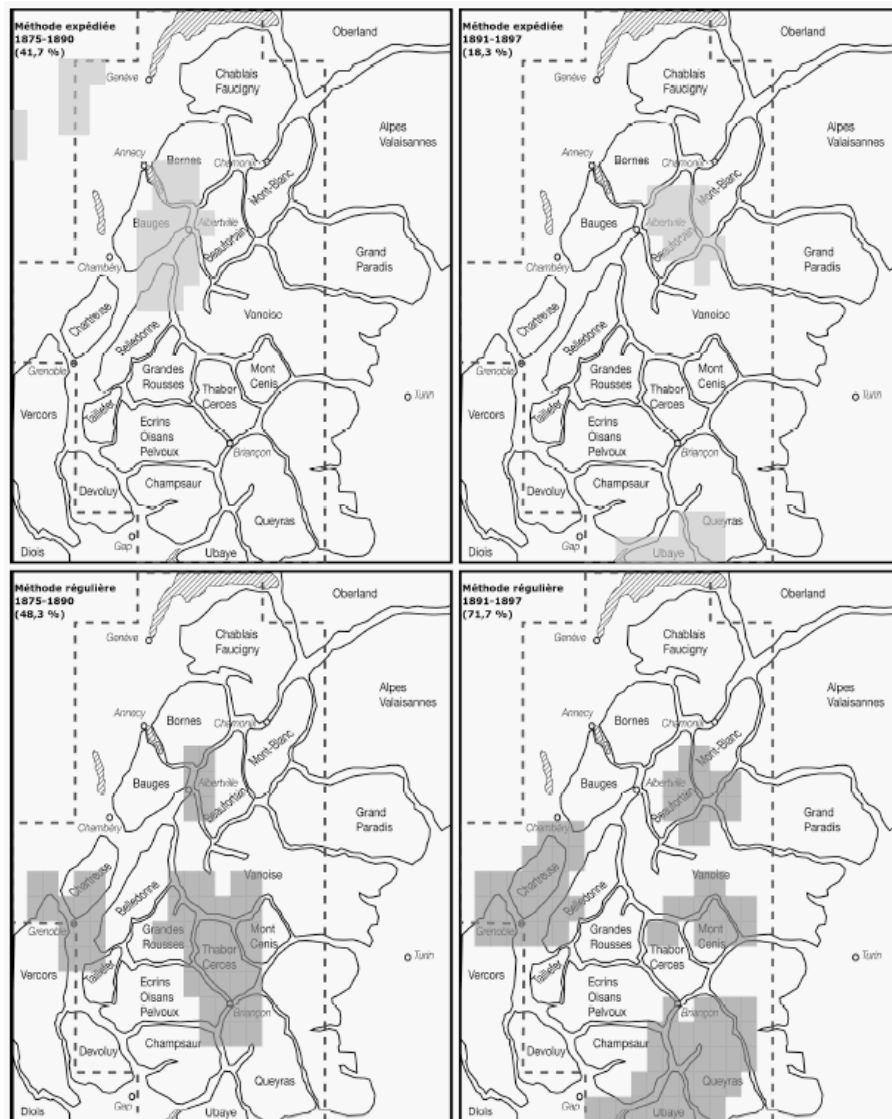
Graphique 11 : Evolution des surfaces couvertes par les levés expédiés ou réguliers du SGA dans les Alpes du nord, entre 1875 et 1935.

Les cartes suivantes illustrent la répartition spatiale des deux méthodes de levés (cartes 15a et 15b). Contrairement à leur répartition temporelle, celle-ci ne permet pas d'émettre de nouvelles hypothèses sur la généralisation progressive des levés réguliers : quelle que soit la période, les levés expédiés concernaient aussi bien des régions d'accès facile (préalpes genevoises, massifs du Borne et des Bauges) que difficile (massif de la Vanoise), dans lesquelles des levés réguliers étaient également exécutés.

Si la difficulté du terrain ne justifiait pas systématiquement l'emploi de la méthode expédiée, l'hypothèse la plus vraisemblable reste son utilisation par les opérateurs les moins expérimentés, le SGA se trouvant souvent obligé d'employer des topographes plus ou moins novices détachés d'autres armes. Pour les levés concernant mon corpus, sur les cent cinq opérateurs différents qui effectuèrent des levés de précision entre 1879 et 1904, quarante-neuf employèrent à un moment ou à un autre la méthode expédiée (46,7 %) et soixante-dix sept la méthode régulière (73,3 %). J'ai dressé deux graphiques représentant la surface levée et la période de travail avec les deux méthodes (graphique 12) : chaque point représente un individu ou un groupe d'individus et permet de comparer la variable étudiée pour les deux méthodes. Bien que la corrélation ne soit pas très nette, il ressort des graphiques que dans la plupart des cas les opérateurs employaient la méthode régulière plus longtemps et sur des surfaces plus importantes que la méthode expédiée.

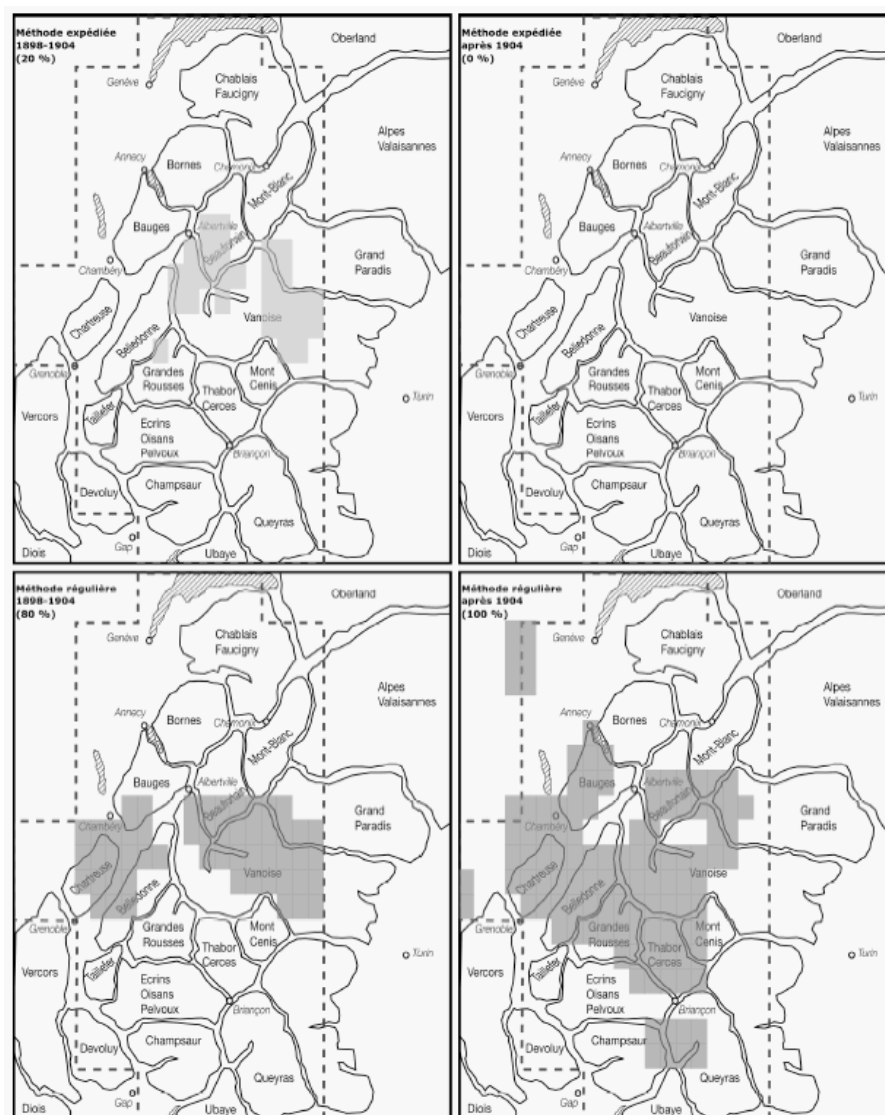


Graphique 12 : Utilisation des méthodes expédiée et régulière par les opérateurs du SGA dans les Alpes du nord entre 1879 et 1904.



Carte 15a : Répartition des méthodes utilisées pour les levés de plans directeurs, entre 1875 et 1897.*

* Le pourcentage entre parenthèse indique la proportion du nombre total de coupures utilisant cette méthode pour la période considérée.



Carte 15b : Répartition des méthodes utilisées pour les levés de plans directeurs, après 1898*.

* Le pourcentage entre parenthèse indique la proportion du nombre total de coupures utilisant cette méthode pour la période considérée.

2.2.2.3. L'emploi « honteux » de la méthode expédiée et des procédés perspectifs.

Malgré une présentation souvent détaillée des difficultés des opérations dans les Alpes, les rapports officiels du SGA ne signalèrent jamais explicitement l'emploi de la méthode expédiée avant qu'il soit définitivement abandonné. Ainsi, cette méthode ne fut mentionnée pour la première fois qu'en 1926 : pour justifier la longueur de la révision des levés antérieurs à 1910, le SGA signalait qu'« une notable partie de ces plans avait été dressée [...] d'après une méthode expédiée »⁹⁷⁴. Auparavant, quelques références implicites et péjoratives y avaient été faites, mais toujours pour sous-entendre que les brigades topographiques des

974 *Ibid.*, p. 22.

Alpes ne recouraient jamais à cette simplification justifiée par les difficultés des régions à parcourir. Je trouve remarquablement révélateur cet extrait du rapport d'activité du SGA de 1903, publié alors même que des levés expédiés étaient encore exécutés dans les Alpes :

« Les levés en Savoie (Haute-Tarentaise, Haute-Maurienne, massif du Mont Jovet) [...] ont compris la plupart des neiges et glaciers des deux versants de ces hautes vallées, [...] ont nécessité pour cela l'emploi de guides militaires fournis par les troupes alpines et ont mis le personnel topographique à une rude épreuve qui n'a été au-dessus ni de son endurance ni de son habileté technique. Avec une grande hardiesse, les topographes, aussi bien les temporaires que les professionnels, ont transporté jusque sur les glaciers et leurs névés les procédés ordinaires des levés de précision de montagne au 20.000^e, recourant à la corde de l'alpiniste pour assurer leur sécurité et préférant, il faut bien le dire, ces parcours pénibles, voire périlleux, qui leur faisaient visiter sur place en détail les surfaces à lever, aux procédés moins souples et moins sûrement fructueux du levé par intersections à fortes distances, soit sous sa forme directe, soit surtout sous celle du recours à des vues perspectives. »⁹⁷⁵

La dernière remarque soulève la question de l'utilisation de méthodes de levé non instrumentales à partir de croquis perspectifs dessinés sur le terrain, comme celles employées pour la carte d'état-major dans les régions de haute montagne. Les rapports du SGA signalèrent seulement l'emploi de procédés d'intersection dans de rares régions jugées inaccessibles ou trop dangereuses à parcourir, représentant une partie minoritaire des surfaces levées chaque année. Malheureusement, les autres sources disponibles ne permettent pas d'étudier l'utilisation de ces méthodes comme je viens de le faire pour la méthode expédiée. Toutefois, entre les intersections à longue distance et les croquis perspectifs, une proportion non négligeable des surfaces levées en haute montagne était susceptible d'être représentée par des courbes non pas filées, mais interpolées avec un plus ou moins grand nombre de points, leur donnant un « caractère plus figuratif que géométrique »⁹⁷⁶. Il semble toutefois que les simples vues et croquis perspectifs aient été très peu employés, en particulier après 1897 : le retard de la triangulation, l'échelle supérieure adoptée et la méthode des levés de précision elle-même demandaient trop de détails aux levés topographiques pour que de tels croquis puissent être utilisés autrement que de façon très ponctuelle sur des zones extrêmement limitées.

Quant au silence du SGA sur l'emploi de ces diverses méthodes peu ou pas topométriques, je l'interprète avant tout comme un signe de l'ambiguïté de sa position par rapport aux levés alpins. Jusqu'à l'adoption des levés de précision comme base de la nouvelle carte de France en 1897, l'utilisation strictement militaire des plans directeurs limitait l'intérêt de la représentation de régions encore peu parcourues par les troupes. Mais à partir de l'extrême fin du 19^e siècle, de multiples raisons déjà exposées provoquèrent un intérêt nouveau de la part des militaires pour la haute montagne : développement des troupes alpines, prestige scientifique nécessaire à la carte de France, concurrence des topographes-alpinistes. Pourtant, le SGA n'exprima pas immédiatement ce nouvel intérêt pour les Alpes, qu'il ne reconnut d'ailleurs jamais complètement. Jusqu'à la première guerre mondiale, les levés alpins restèrent uniquement inscrits dans l'optique pragmatique de

⁹⁷⁵ Rapp. SGA 1903, p. 13.

⁹⁷⁶ ALINHAC Georges. Histoire de la cartographie des montagnes. *Op. cit.*, p. 5.

rattachement des plans directeurs existants⁹⁷⁷. Le rapprochement avec la Commission de topographie du CAF, la prise en compte de la spécificité des levés alpins par une organisation spéciale des brigades topographiques, l'intérêt particulier démontré par les longues descriptions des opérations alpines dans les rapports d'activité – en partie justifiées, il est vrai, par les conditions exceptionnelles de leur réalisation – ne se traduisirent qu'à partir des années vingt dans une volonté explicite de représenter les régions montagneuses avec le maximum de détails.

2.2.2.4. La nécessaire révision.

Bien que les spécialistes s'accordent pour dater des années 1880 la fixation de la méthode topographique dite « classique » sous l'influence du colonel Goulier, mes précédentes analyses montrent qu'elle connut en fait une évolution plus lente dans les Alpes, depuis le « flou » méthodologique des premiers levés de précision alpins à la fin des années 1870 jusqu'à la formalisation des levés à grande échelle pour la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 dans la première décennie du 20^e siècle. La représentation plus géométrique du relief que permettaient les levés de précision ne se généralisa donc dans les Alpes qu'au début du 20^e siècle, quand les levés eux-mêmes furent exécutés avec une nouvelle rigueur. Si les minutes antérieures restaient parfaitement utilisables pour les besoins militaires auxquels répondaient directement les plans directeurs, leur hétérogénéité était problématique pour la réalisation de la nouvelle carte de France. Les anciens levés furent donc révisés sur le terrain et harmonisés avec leurs extensions nouvelles, selon des principes formalisés et exposés en 1901⁹⁷⁸. Pour garantir la cohérence entre les opérations de levé, menées par la section des levés de précision, et de révision, menées par la section de topographie, une direction commune fut assurée entre 1900 et 1908 par le lieutenant-colonel du génie Romieux. En 1909, la révision des plans directeurs fut dirigée par la section des levés de précision, passée sous la direction du chef de bataillon du génie Talon, avant que la section entière ne soit intégrée à la section de topographie en 1910, formant les brigades de levés aux grandes échelles⁹⁷⁹.

Dans les Alpes du nord, la révision des plans directeurs les plus anciens fut exécutée en 1907 et 1908, la première année par deux brigades de six officiers opérant l'une en Tarentaise, l'autre en Maurienne⁹⁸⁰, et la deuxième année par une brigade de sept officiers⁹⁸¹ (carte 16). Selon la méthode fixée en 1901, les officiers réviseurs utilisaient sur le terrain des amplifications par héliogravure au 1 : 10 000 des levés au 1 : 20 000. Ils devaient s'attacher à harmoniser les conventions cartographiques, en particulier les signes conventionnels, avec les spécifications de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, et pour cette raison, ils étaient spécialement sélectionnés pour leurs compétences de dessinateur. La révision ne concernait comme d'habitude que les données planimétriques, mais dans les Alpes, les opérations soulignèrent certaines faiblesses de la représentation du relief, notamment dans la représentation des rochers et des glaciers, qui tenaient à la fois des signes conventionnels employés et de l'expression de la mise à l'effet. Les officiers réviseurs furent donc également chargés de fournir également des indications pour améliorer cette représentation. Les

⁹⁷⁷ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.1.3.

⁹⁷⁸ Rapp. SGA 1901, p. 12-13.

⁹⁷⁹ Rapp. SGA 1910, p. 29.

⁹⁸⁰ Rapp. SGA 1907, p. 24.

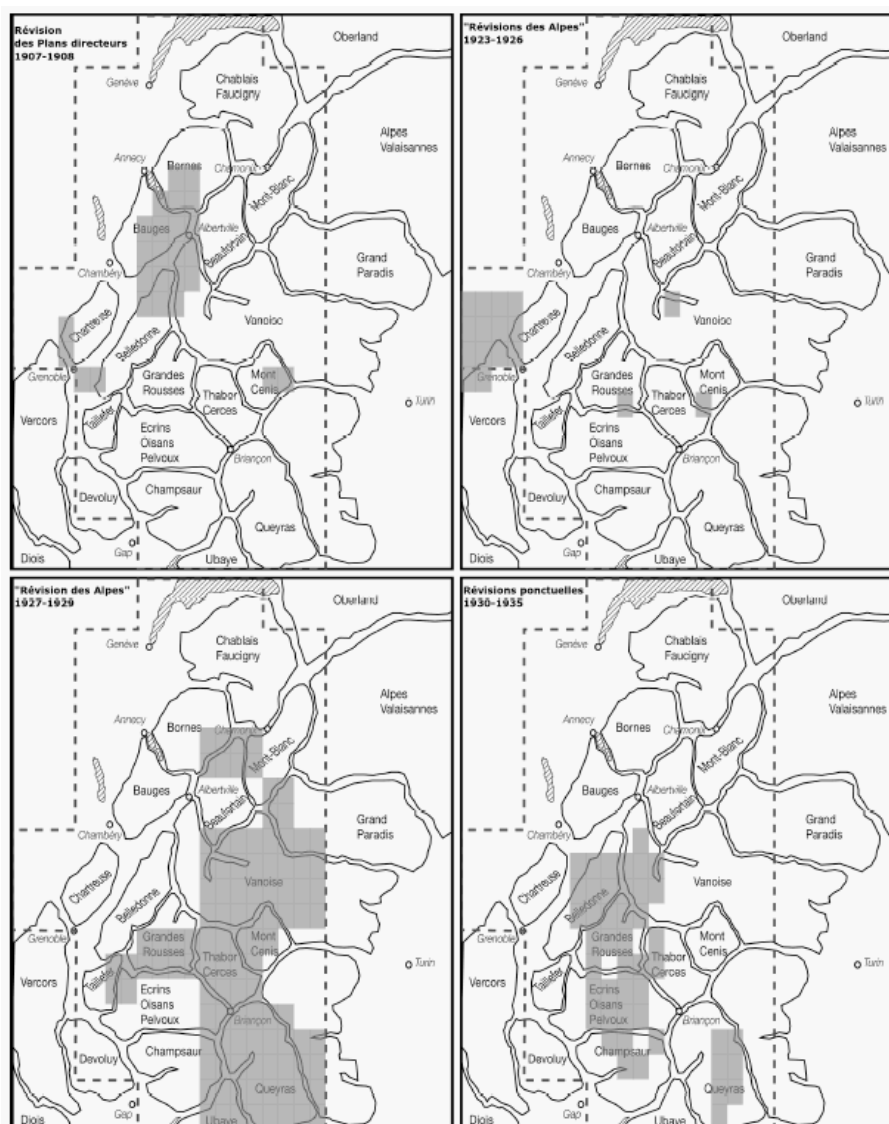
⁹⁸¹ Rapp. SGA 1908, p. 24.

nouvelles données du cadastre (tracés des ravins, nouveaux chemins) obligèrent aussi à retoucher en de nombreux points le figuré du terrain : ces modifications étaient exécutées uniquement par les chefs de brigade, topographes plus compétents⁹⁸².

Mais les plans directeurs anciens n'étaient pas les seuls à être critiqués pour leur représentation du relief. L'emploi de la méthode expédiée ou l'application insuffisante des opérateurs pour le figuré du relief dans la méthode régulière nécessitèrent une révision spéciale, dite « révision des Alpes » et particulièrement active entre 1927 et 1929 (carte 16), qui concernait également la topographie et la mise au point des massifs dont la représentation manquait de détails. Au début des années trente, certains topographes reconnus pour leur habileté au dessin furent aussi chargés de réaliser des « calques de rocher », qui consistaient en une nouvelle représentation des zones rocheuses effectuée sur papier calque et apposée sur les minutes de levés. Dans les dossiers topographiques que j'ai consultés à la cartothèque de l'IGN, de nombreux calques sont anonymes et d'autres manquent, mais sur ceux portant une signature, les noms qui reviennent le plus souvent – pour la zone de mon corpus – sont ceux des adjudants Robert Tiercin ou Marcel Mourand. Parallèlement, la révision des Alpes s'attacha aussi à la toponymie, qui avait été peu développée sur les levés du cadastre pour les zones inaccessibles et avait connu des changements importants avec le développement du tourisme. Dans ce domaine, le Service géographique de l'armée demanda ponctuellement l'aide de la Commission des travaux scientifiques du CAF créée en 1923⁹⁸³.

⁹⁸² Rapp. SGA 1907, p. 25.

⁹⁸³ Voir infra, partie 3, chapitre 2.3.2.2.



Carte 16 : Révisions des plans directeurs et autres levés classiques dans les Alpes du nord entre 1897 et 1940.

2.2.3. L'émergence d'officiers topographes spécialisés dans les levés alpins.

2.2.3.1. Des carrières dans les Alpes.

Les effectifs des brigades topographiques alpines, comme ceux de toutes les autres brigades de levés de précision, étaient formés d'une partie minoritaire de topographes professionnels, officiers du génie servant de façon permanente au Service géographique de l'armée qui constituaient l'encadrement des brigades, et d'une partie majoritaire de topographes débutants, officiers détachés d'autres armes (principalement l'infanterie et l'artillerie) pour servir un an ou plus au sein du SGA. Mais contrairement aux autres régions, dans lesquelles des brigades de sous-officiers rengagés se chargeaient des levés de rattachement entre les plans directeurs depuis 1903⁹⁸⁴, ces levés furent, dans les Alpes,

984 Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.2.3.

assurés par la même brigade qui levait les plans directeurs, ce qui permit une spécialisation d'une partie des officiers assurant son encadrement.

Le tableau suivant donne la liste des officiers et sous-officiers ayant levé les plus grandes surface dans la région couverte par mon corpus, entre 1900 et 1939 (tableau 11). Par « levé » est entendu tout travail *de terrain* autre que la révision : les dessins de rochers et de glaciers exécutés sur le terrain sont donc compris, les compléments de levés photographiques également. La limite a été fixée à vingt coupures, soit 1,5 % du total de coupures couvertes par les travaux, très largement au-dessus de la médiane et même du troisième quartile⁹⁸⁵.

Tableau 11 : Officiers et sous-officiers ayant couvert les plus grandes surfaces pour des travaux sur le terrain (sauf révision) dans les Alpes du nord, entre 1900 et 1939.

Officiers ou sous-officiers (<i>grades</i>)	Début	Fin	Durée (années)	Surface (coupures)	Proportion de la surface total
André Mourand (<i>maréchal des logis, sergent, adjudant</i>)	1929	1936	7	21	1,44 %
Cassaigne (<i>officier d'administration, lieutenant</i>)	1900	1912	9	32	2,19 %
Robert Tiercin (<i>maréchal des logis, adjudant, adjudant chef, sous-lieutenant</i>)	1926	1938	11	37	2,53 %
Marcel Mourand (<i>maréchal des logis, sergent, adjudant</i>)	1927	1936	10	38	2,60 %
André Saupin (<i>maréchal des logis, sergent, adjudant</i>)	1929	1939	10	41	2,81 %
David (<i>lieutenant</i>)	1934	1936	3	49	3,36 %
Charles Coulon (<i>officier d'administration</i>)	1900	1913	14	68	4,66 %
Joseph Recordon (<i>capitaine</i>)	1922	1934	7	78	5,34 %
Sous-total				364	24,93 %
Autres				1096	75,07 %
Total				1460	100 %

Les huit officiers ainsi sélectionnés levèrent 364 coupures, soit presque un quart (24,93 %) de la surface totale levée par les deux cent un officiers. Sans présenter nécessairement de prédisposition ou de vocation pour la topographie alpine, ils devinrent dans les faits, de par leur expérience, de véritables spécialistes. A l'exception du lieutenant David qui effectua seulement trois années de travail dans les Alpes, consacrées essentiellement aux levés photographiques terrestres, ils menèrent d'ailleurs une partie importante de leur carrière dans les Alpes du nord : entre sept et treize ans, alors que la moyenne sur l'échantillon étudié est de deux ans, la médiane d'un an et le troisième quartile de deux ans, sans que les années éventuellement passées dans les Alpes du sud ne soient quantifiées. Tous faisaient partie du cadre permanent du SGA. L'évolution des grades montre d'ailleurs comment le nouveau statut instauré en 1914 pour les sous-officiers détachés permit au service de fixer le personnel le plus compétent : sur les huit officiers présentés dans le tableau, la moitié avait

⁹⁸⁵ 1 460 coupures par 201 officiers différents, soit une moyenne de 7,3 coupures par officiers, mais une médiane de 4 et un troisième quartile de 7.

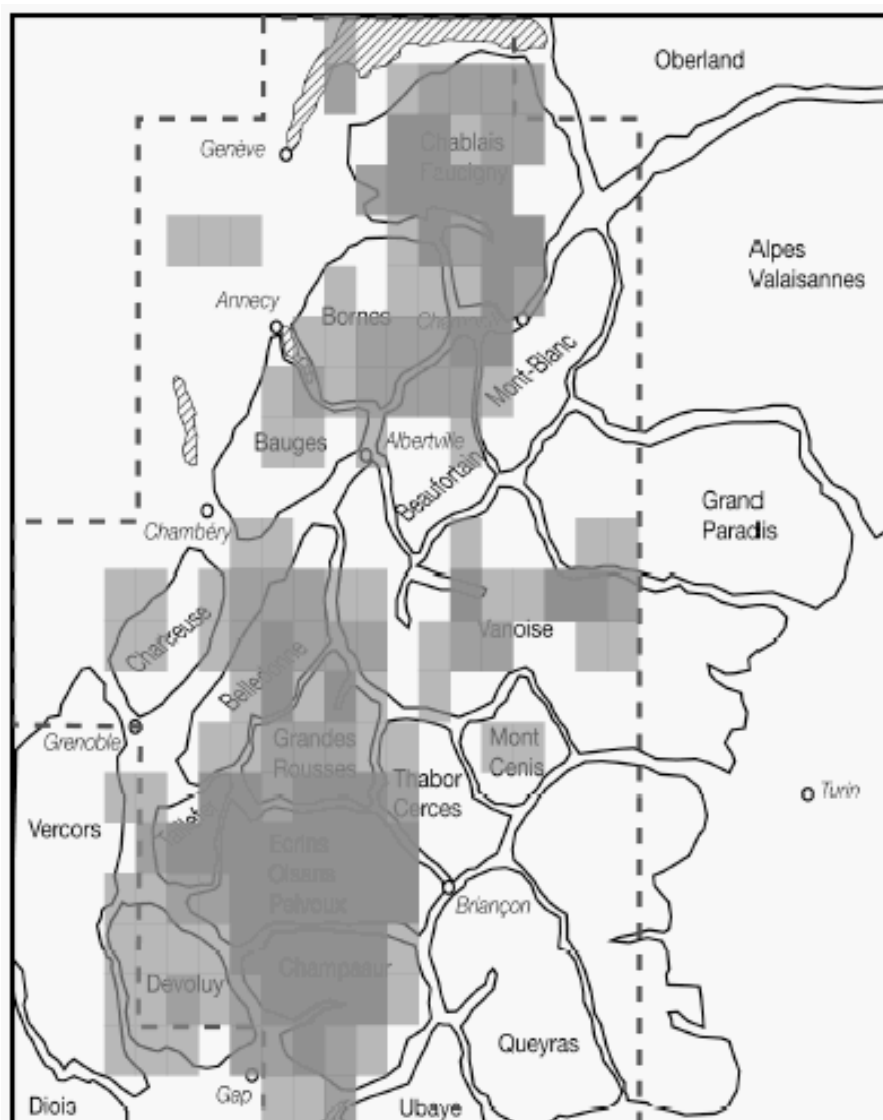
commencé au SGA au grade de maréchal des logis et s'inscrivait donc dans les carrières ouvertes par ce statut.

2.2.3.2. Une spécialisation involontaire.

La spécialisation de ces quelques officiers n'était pas volontaire : elle procédait uniquement de la réaffectation systématique de certains chefs ou opérateurs dans les brigades alpines. Mais dès 1907, les rapports du SGA faisaient une différence entre des « topographes de montagnes éprouvés » et des « topographes de montagne débutants »⁹⁸⁶. Considérés comme des topographes *professionnels*, ces huit officiers se voyaient donc confier les tâches les plus complexes : la préparation des levés (triangulation complémentaire), la direction des brigades⁹⁸⁷, et les levés dans les zones les plus difficiles à parcourir (carte 17). Une partie d'entre eux se spécialisa d'ailleurs dans les levés photographiques, qui furent initialement utilisés comme une méthode perspective plus précise pour lever les régions inaccessibles. Par leur longue expérience de la topographie alpine, ils étaient logiquement plus aptes à mener des essais sur de nouvelles méthodes que des officiers détachés pour quelques années seulement au SGA et formés uniquement aux méthodes classiques du levé à la planchette. Entre 1911 et 1939, cinq de ces huit officiers couvrirent ainsi les trois quarts de la surface concernée par les opérations de terrain des premiers levés photographiques terrestres (tableau 12).

⁹⁸⁶ Rapp. SGA 1907, p. 18.

⁹⁸⁷ Rapp. SGA 1906, p. 18.



Carte 17 : Travaux de terrain des officiers du SGA les plus actifs dans les Alpes du nord, entre 1900 et 1939.*

* Plus la couleur est foncée, plus le nombre de travaux est important sur la coupure représentée.

Tableau 12 : Répartition par officier des surfaces couvertes par les opérations de terrain des levés photographiques terrestres entre 1911 et 1939*.

Officiers ou sous-officiers	Début	Fin	Durée (années)	Surface (coupures)	Proportion du total
Hubel	1924	1924	1	1	0,47 %
André Saupin	1931	1931	1	9	4,23 %
Marcel Mourand	1931	1931	1	14	6,57 %
Marcel Barrère	1927	1928	2	15	7,04 %
Charles Coulon	1911	1913	4	28	13,15 %
inconnu	1914	1937	5	34	15,96 %
David	1934	1936	3	39	18,31 %
Joseph Recordon	1922	1934	7	73	34,27 %
<i>Sous-total officiers « spécialistes »</i>				163	76,53 %
<i>Sous-total autres officiers</i>				50	23,47 %
<i>Total</i>				213	100 %

* Les lignes grisées correspondant à aux officiers non représentés dans le tableau 6.

Ce fut également à certains de ces officiers que furent confiés les travaux de révision de la représentation du rocher au début des années trente (Robert Tiercin, Cassier, André et Marcel Mourand)⁹⁸⁸. Tous étaient devenus des alpinistes par obligation professionnelle : aucun d'entre eux ne fut jamais membre du Club alpin français. Seul le capitaine Recordon fut admis à la Commission des travaux scientifiques, grâce à l'ampleur de ses travaux dans les Alpes et probablement à ses relations privilégiées avec certains alpinistes comme Armand Charlet et Henry de Ségogne qui servirent de guides dans sa brigade. Ceci illustre encore à quel point les rapports entre le SGA et la Commission restèrent toujours plus institutionnels et mondains que véritablement techniques et pratiques.

2.2.2.3. L'exemple de Joseph Recordon.

N'ayant pas pu accéder aux dossiers du personnel conservés par l'Institut géographique national, je n'ai pu recueillir que très peu de détails sur les spécificités des carrières de ces officiers topographes alpins. Heureusement, grâce à une notice publiée dans le *Bulletin d'information de l'Association des ingénieurs géographes*⁹⁸⁹, j'ai pu obtenir quelques informations sur la carrière du plus actif d'entre eux : Joseph Recordon. En certains points, elle me semble exemplaire de celle de tous les topographes alpins du Service géographique de l'armée, notamment dans l'absence de vocation alpine.

En effet, bien que né à Annecy le 2 octobre 1893, Joseph Recordon n'avait jamais fait d'alpinisme avant d'être détaché au SGA après la guerre. Il y effectua deux campagnes de levé à la planchette en France en 1920 et 1921, puis fut affecté en 1922 au Service de la photographie, qu'il dirigea d'ailleurs en 1931-1933 et 1938-1939. Il y reprit en 1922 les levés photographiques terrestres dans les Alpes, arrêtés en 1914. Son initiation à l'alpinisme fut facilitée par la présence dans son équipe de porteurs d'Armand Charlet, futur célèbre guide chamoniard, et d'Henry de Ségogne, alpiniste émérite qui lui servit sans grand enthousiasme de secrétaire, les brigades de préparation photographique ne disposant jusqu'en 1928 d'aucun adjoint technique, le chef de brigade étant l'unique opérateur. Il gravit ainsi pendant ses campagnes de nombreux sommets au-dessus de

⁹⁸⁸ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.2.4.

⁹⁸⁹ BARRERE Marcel. L'Ingénieur en Chef Géographe J. Recordon, topographe alpin. *Bulletin d'information de l'Association des Ingénieurs Géographes*, novembre 1961, 7, 21, p. 85-90.

trois milles mètres, par exemple pendant des stations à la Pointe Puiseux (3 946 mètres) et la Pointe Durand (3 932 mètres) en 1926, ou à la rimaye de la Brèche Lory (3 965 mètres) en 1924. Diplômé de l'Institut électrotechnique de Grenoble, il appliqua ses connaissances techniques au développement des levés photographiques terrestres jusqu'à la fin des années trente, et forma les premiers restituteurs professionnels comme Lecuellié et Toutan⁹⁹⁰. Sa connaissance toujours plus grande du terrain et ses qualités de dessinateur le désignèrent également pour la représentation du rocher sur certaines des feuilles les plus difficiles des Alpes, la *Grave* et *St-Christophe-en-Oisans*, et lui permirent de devenir membre de la Commission de toponymie du SGA puis de l'IGN.

2.3. La vampirisation des travaux du CAF par le SGA.

La « professionnalisation » des travaux des topographes-alpinistes sous l'influence d'Henri Vallot, l'affirmation de la Commission de topographie du Club alpin français comme la référence française en matière de cartographie alpine et la situation financière délicate du Service géographique de l'armée favorisèrent le développement de collaborations ponctuelles entre les deux organismes. Le SGA adopta une attitude très pragmatique : puisque ses moyens étaient limités et que des particuliers se proposaient de trianguler et lever bénévolement, mais dans des conditions techniques satisfaisantes, des zones particulièrement difficiles à parcourir, il pouvait essayer d'exploiter une partie des travaux de ces « bonnes volontés ». Les collaborations furent spécialement développées dans les domaines de la géodésie et de la toponymie, mais l'opposition structurelle fondamentale entre les deux organismes se transforma dans les années vingt en une véritable *vampirisation* des travaux des topographes-alpinistes et des compétences des alpinistes du CAF au seul profit du SGA, amplifiant le déclin de leur activité cartographique dans les années trente.

2.3.1. L'exploitation des résultats géodésiques.

2.3.1.1. Les triangulations dans les publications du SGA.

A cause du retard de la nouvelle triangulation de la France et de la reproduction de cartes étrangères pour les zones des feuilles frontalières ne couvrant pas le territoire français, les productions cartographiques du SGA utilisaient des données issues de diverses triangulations. Les tableaux suivants donnent les triangulations citées sur les feuilles de mon corpus entre 1900 et 1939⁹⁹¹ (tableau 13), ainsi qu'entre 1900 et 1960 – date des dernières publications par l'IGN de feuilles exploitant des travaux exécutés par le SGA – pour mesurer l'impact prolongé des difficultés d'achèvement de la nouvelle triangulation (tableau 14). Quand une feuille contient des zones provenant de différentes sources (levés ou reproductions), plusieurs triangulations peuvent être utilisées, ce qui explique que je n'ai pas calculé directement le total des proportions de référence à chaque triangulation qui n'aurait eu aucune signification.

A part les triangulations suisses et italiennes, utilisées de façon indirecte par la reproduction des cartes étrangères pour les feuilles frontalières, la triangulation des ingénieurs resta majoritaire sur la période 1900-1939, puis avec l'avancement des travaux

⁹⁹⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 3.3.3.

⁹⁹¹ Ce qui inclut les feuilles réimprimées sans modification par l'IGN dont nous n'avons pas trouvé les éditions originales par le SGA, pour lesquelles l'attribut *anneereference* est saisie par rapport à la date d'édition et non celle de réimpression.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).

de la nouvelle triangulation de la France (NTF) et la reprise de nombreuses feuilles à partir de nouveaux levés entre 1940 et 1960, la NTF devint majoritaire sur la période 1900-1960.

Tableau 13 : Triangulations indiquées sur les feuilles du corpus publiées par le SGA entre 1900 et 1939.

Triangulation		Nombres de feuilles	Proportion du total
Triangulation suisse	Ramenée à la NTF	6	0,91 %
Triangulation italienne	Raccordée à la TIG	2	0,30 %
	Ramenée à la NTF	8	1,21 %
	Sous-total	10	1,51 %
Triangulation Helbronner	Ramenée à la NTF	49	7,44 %
Nouvelle triangulation de la France (NTF)		158	23,98 %
Triangulation des ingénieurs géographes (TIG)	Ramenée à la NTF	30	3,19 %
	-	70	10,62 %
	Transportée sur l'ellipsoïde de Clarke avec les éléments de départ de la NTF	210	31,87 %
	Sous-total	310	45,68 %
Sous-total des feuilles avec indication de triangulations		458	69,50 %
Sous-total des feuilles sans indication de triangulation		201	30,50 %
Total des feuilles		659	100 %

Tableau 14 : Triangulations indiquées les feuilles du corpus publiées par le SGA, puis l'IGN, entre 1900 et 1960.

Triangulations		Nombres de feuilles	Proportion du total
Triangulation suisse	Ramenée à la NTF	11	1,13 %
Triangulation italienne	Raccordée à la TIG	2	0,21 %
	Ramenée à la NTF	31	3,18 %
	Sous-total	33	3,39 %
Triangulation Vallot	Incorporée à la NTF	2	0,21 %
	Ramenée à la NTF	42	4,31 %
	Sous-total	44	4,52 %
Triangulation Helbronner	Incorporée à la NTF	6	0,62 %
	Ramenée à la NTF	104	10,67 %
	Sous-total	110	11,29 %
Triangulation des ingénieurs géographes (TIG)	Ramenée à la NTF	64	4,41 %
	-	72	7,38 %
	Transportée sur l'ellipsoïde de Clarke avec les éléments de départ de la NTF	210	21,54 %
	Sous-total	346	33,33 %
Nouvelle triangulation de la France (NTF)		429	44,00 %
Sous-total des feuilles avec indication de triangulations		761	78,05 %
Sous-total des feuilles sans indication de triangulation		214	21,95 %
Total feuilles		975	100 %

2.3.2.2. L'exploitation des triangulations des topographes-alpinistes.

Mais ce qui m'intéresse surtout ici, c'est la part relativement importante de feuilles exploitant la triangulation de Paul Helbronner. Entre 1900 et 1939, 7,44 % des feuilles de mon corpus comportant des indications sur les réseaux trigonométriques exploités utilisaient cette triangulation. La première collaboration entre le SGA et la Commission de topographie s'était en effet instaurée très tôt sur la communication de données géodésiques issues de la triangulation de Paul Helbronner, que ce dernier négocia contre la mise à disposition de porteurs militaires pour ses opérations. Dans un premier temps, le SGA ne voulait faire qu'un emploi temporaire des résultats d'Helbronner pour compléter la triangulation des ingénieurs géographes, qui pour de multiples raisons déjà exposées étaient peu précises dans les marges alpines du territoire, en attendant l'achèvement de la nouvelle triangulation de la France dans les Alpes. Avant la guerre, les éléments géodésiques épars d'Helbronner furent ainsi utilisés comme points complémentaires pour vérifier les points officiels. La triangulation Helbronner était ainsi « ramenée à la nouvelle triangulation de la France », c'est-à-dire que ses données étaient modifiées par les résultats (parfois provisoires) des opérations fondamentales de la nouvelle triangulation.

Puis, après 1920, comme le projet d'Helbronner prenait de l'importance en s'étendant sur toutes les Alpes et que les crédits de la nouvelle triangulation n'augmentaient toujours pas, le SGA intégra une partie des points primordiaux d'Helbronner dans la nouvelle triangulation et utilisa certains points de 3^e ordre pour ses levés topographiques. Ainsi, entre 1900 et 1960, sur les cent dix feuilles du SGA exploitant la triangulation Helbronner, six indiquaient explicitement qu'elle avait été « incorporée à la nouvelle triangulation de la

France » : il s'agissait des feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 de *Thonon-Châtel*, *Samoëns-Pas de Morgins*, *Cluses* (deux éditions), *Saint-Bonnet* et *Orcières*, des régions dans lesquelles la nouvelle triangulation n'était pas encore achevée au moment des levés.

Le SGA employa également la triangulation effectuée par Henri Vallot dans le massif du Mont Blanc, mais dans des proportions moindres à cause de la surface plus réduite qu'elle couvrait. Quarante-quatre feuilles indiquent cependant son utilisation (soit 4,52 % des feuilles portant de telles indications), dont deux précisent explicitement qu'elle avait été « incorporée à la nouvelle triangulation de la France » – probablement en même temps que la triangulation Helbronner à laquelle elle était reliée⁹⁹².

2.3.2. Influences et collaborations des topographes-alpinistes.

2.3.2.1. Une influence topographique très limitée.

Contrairement aux données géodésiques, le SGA n'exploita que très rarement des données topographiques issues des travaux des membres de la Commission de topographie du CAF. Dans mon corpus, seules quatre feuilles de l'édition en noir et blanc et en coupure double de la carte de France au 1 : 20 000 indiquent l'utilisation de données tirées de cartes de topographes-alpinistes : *Chamonix n°1-2*, *Chamonix n°5-6* et *Mont Blanc n°1-2* (édition normale et édition militaire). Certaines zones de ces feuilles, publiées en 1940 pour répondre aux besoins de la mobilisation, étaient signalées comme ayant été dressées à partir des cartes du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000 et au 1 : 50 000 d'Henri, Joseph et Charles Vallot. Cependant, le rapport d'activité du SGA de 1930-1931 rapportait aussi l'utilisation de données de la *Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts* de Robert Perret⁹⁹³. Les éditions suivantes des mêmes feuilles utilisèrent uniquement les levés photographiques terrestres et aériens de cette région, commencés par le SGA à la fin des années trente et poursuivis par l'IGN dans les années quarante.

L'exploitation des œuvres des topographes-alpinistes fut strictement limitée à ce cas d'urgence militaire. Le SGA n'utilisa sinon que les levés topographiques exécutés par ses propres brigades, parce que la nature de ces opérations étaient intimement liées aux spécifications de la carte à réaliser, mais aussi parce que le service ne connut jamais de problèmes de financement aussi aigus pour les levés topographiques que pour les opérations géodésiques – en partie parce qu'il était plus facile de recruter des opérateurs topographiques dans les autres armes. Je pense que l'aspect symbolique de l'acte cartographique jouait également un rôle dans ce refus d'exploiter les travaux topographiques des alpinistes : utiliser ces travaux aurait signifié que le SGA abandonnait son autorité comme producteur officiel et *unique* de l'information topographique pour le territoire, une position qui était au cœur de l'opposition structurelle entre les deux organismes.

Dans le domaine topographique, les rapports entre le SGA et les topographes-alpinistes se réduisirent donc à une influence limitée dans les méthodes et techniques employées. Si la première Commission de topographie du CAF se vanta parfois d'avoir participé à l'adoption des levés photographiques par le SGA – une affirmation aussi prétentieuse qu'exagérée⁹⁹⁴ –, la seule véritable utilisation que le SGA fit de techniques développées par des topographes-alpinistes fut celle, extrêmement ponctuelle, de l'orographe de Franz

⁹⁹² Voir supra, partie 3, chapitre 1.3.1.

⁹⁹³ Rapp. SGA 1930-31, p. 17.

⁹⁹⁴ Voir infra, partie 3, chapitre 3.3.2.

Schrader. En effet, dans la dynamique d'instrumentation des levés topographiques insufflée par le colonel Goulier, les officiers-topographes eurent recours à l'orographe pour réaliser des vues perspectives des régions inaccessibles qui soient plus géométriques que de simples croquis, même s'ils estimaient que « cet instrument [était] plus propre à des levés plus sommaires et à moins grande échelle »⁹⁹⁵. Les tours d'horizon ainsi obtenus étaient appuyés sur des mesures de pentes, prises au tachéomètre ou à l'alidade holométrique, et complétés par des croquis et des vues photographiques documentaires des masses rocheuses et des glaciers, pour permettre leur figuration expressive par le dessinateur.

2.3.2.2. L'instrumentalisation de la compétence toponymique des alpinistes.

Après la géodésie, le deuxième grand domaine de collaboration entre le SGA et les alpinistes fut la toponymie des régions de haute montagne. Comme l'annonçait Henri Vallot en conclusion de la fameuse séance du 8 mars 1912⁹⁹⁶, le service officiel demanda rapidement à la Commission de topographie du CAF de l'aider à établir la nomenclature des feuilles alpines de la nouvelle carte de France. La toponymie était un domaine particulièrement délicat, qui faisait régulièrement l'objet de débats au sein même de la Commission. Il nécessitait une grande connaissance de la région couverte et une certaine érudition, un même objet géographique pouvant porter de multiples noms et ces noms pouvant avoir de multiples formes en fonction des patois locaux. Les critiques des alpinistes sur la carte d'état-major et sur la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 avaient d'ailleurs souvent porté sur la déficience de la toponymie.

La guerre retarda la mise en œuvre de cette collaboration, mais elle se développa de manière particulièrement importante avec la Commission des travaux scientifiques à partir de 1923. D'anciens membres de la Commission de topographie, comme Emile Gaillard et Henri Mettrier, et des membres de la nouvelle Commission, comme Camille Blanchard, participèrent ainsi à la vérification de la toponymie des nouvelles feuilles alpines de la carte de France. Toutefois, cette collaboration déclina dès la fin des années trente, à la fois parce que la nouvelle génération d'alpinistes s'intéressait moins aux questions d'érudition, et à la fois parce que les travaux des topographes-alpinistes finirent par fixer suffisamment le corpus toponymique nécessaire aux cartes officielles pour que le SGA puisse continuer seul de le corriger et de le mettre à jour.

2.3.3. Le rôle du SGA dans le déclin de l'activité topographique des alpinistes.

2.3.3.1. Une collaboration asymétrique limitant le domaine de compétence des topographes-alpinistes.

Je trouve que le rapprochement du SGA et de la Commission des travaux scientifiques du CAF sur la question de la toponymie est particulièrement représentatif de la conception asymétrique dans laquelle se développait leur collaboration : la Commission se voyait comme la référence française en matière de cartographie alpine, mais le SGA ne reconnaissait véritablement cette autorité que pour les domaines touchant à la connaissance érudite du terrain, dans laquelle l'avis de la Commission était systématiquement pris en compte. Pour les domaines plus techniques du levé topographique ou de la géodésie, soit le SGA ignorait presque entièrement les travaux

⁹⁹⁵ Rapp. SGA 1903, p. 13.

⁹⁹⁶ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 31.

des topographes-alpinistes, soit il les utilisait avec beaucoup de précaution, comme dans le cas de la triangulation de Paul Helbronner dont les résultats furent d'abord exploités en simple complément pour aider à la vérification des canevas graphiques, avant d'être intégrés au canevas général après qu'ils eurent démontré leur précision et que le retard de la nouvelle triangulation se fut confirmé. L'élection du lieutenant-colonel Noirel, officier chargé à la direction du SGA des relations avec le CAF⁹⁹⁷, à la direction de l'éphémère sous-commission de topographie constitue une autre preuve de la nature asymétrique de la collaboration mise en place entre les deux organismes.

Le cercle déjà restreint des topographes-alpinistes connaissait au même moment une érosion de son recrutement due à des raisons exposées plus haut⁹⁹⁸ : déclin de l'excursionnisme cultivé, essor de nouvelles disciplines scientifiques, nouveaux loisirs des élites cultivées. En accentuant l'orientation érudite des travaux topographiques de la Commission des travaux scientifiques, le SGA participa à une réduction significative du domaine de compétences des derniers topographes-alpinistes : dès le milieu des années vingt, à l'exception des publications tardives des membres vieillissants de la Commission d'avant-guerre, l'essentiel de l'activité topographique de la nouvelle Commission se concentrait sur les questions toponymiques. Cependant, l'adhésion des derniers topographes-alpinistes au modèle ancien de l'excursionnisme cultivé, qui cherchait avant toute chose à accroître la connaissance des montagnes, leur faisait considérer de façon extrêmement positive leur relation avec le SGA, comme en témoignait par exemple Robert Perret :

« Les bonnes relations qui avaient été inaugurées avec le Service Géographique de l'Armée, dès 1902, grâce à la participation du Commandant Bourgeois, ont continué et sont devenues plus intimes encore, s'il est possible, par suite de l'extrême largeur de vues, de la parfaite loyauté, du grand esprit de justice, qui anime le Directeur actuel du Service, le Colonel Bellot. Ce dernier a bien voulu prendre l'avis de la Commission sur les questions relatives à la nomenclature des hautes régions des Alpes, tenir compte des avis présentés sur le problème de la représentation du rocher, prendre connaissance d'un rapport concernant l'exécution et la rédaction de la nouvelle Carte de France. Certes, la Commission possède ses objectifs propres, qu'elle ne doit point négliger : mais elle sera toujours prête à mobiliser le contingent de ses recherches, en vue du bien commun. Sa politique est une politique d'alliance. »⁹⁹⁹

2.3.3.2. La reconquête de la cartographie alpine par le SGA.

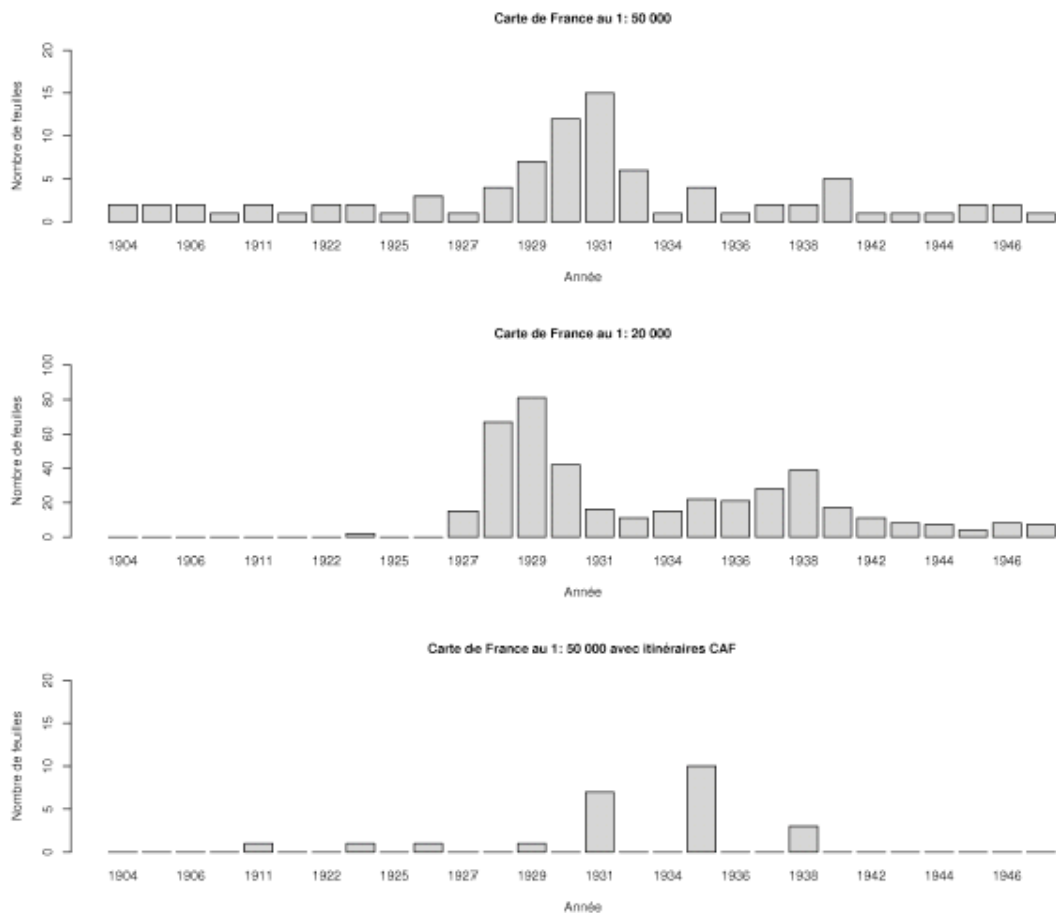
En même temps que le SGA instrumentalisait les compétences des alpinistes du CAF, il avançait la publication des cartes de France au 1 : 50 000, puis au 1 : 20 000, qui assuraient une couverture de plus en plus grande des Alpes françaises. De plus, il publiait depuis 1911 des éditions spéciales de la carte au 1 : 50 000 pour le compte du CAF, sur lesquelles étaient surimprimées des itinéraires tracés par des membres du club. Le graphique suivant illustre l'évolution de la production de ces trois cartes dans la première moitié du 20^e siècle (graphique 13) : après une période consacrée essentiellement aux levés et à leur

⁹⁹⁷ BROU Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme. *Op. cit.*, p. 116.

⁹⁹⁸ Voir supra, partie 3, chapitre 1.1.3.

⁹⁹⁹ PERRET Robert. *Notes de M. R. Perret. Op. cit.*, p. 142.

révision, les années vingt connurent un accroissement important de la production, liée à la publication de nombreuses feuilles dont la rédaction avait parfois été commencée avant la première guerre mondiale. Surtout, elles marquèrent le début de la publication de la carte de France au 1 : 20 000, plus directement susceptible de concurrencer les productions des topographes-alpinistes qu'Henri Vallot avait réussi à orienter en partie vers cette échelle. Enfin, l'effort sur la publication des éditions spéciales avec itinéraires du CAF fut également important dans les années trente, au moment même où l'activité de terrain des topographes-alpinistes déclinait considérablement.



Graphique 13 : Publications des cartes de France au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000 dans les Alpes du nord, entre 1897 et 1950.

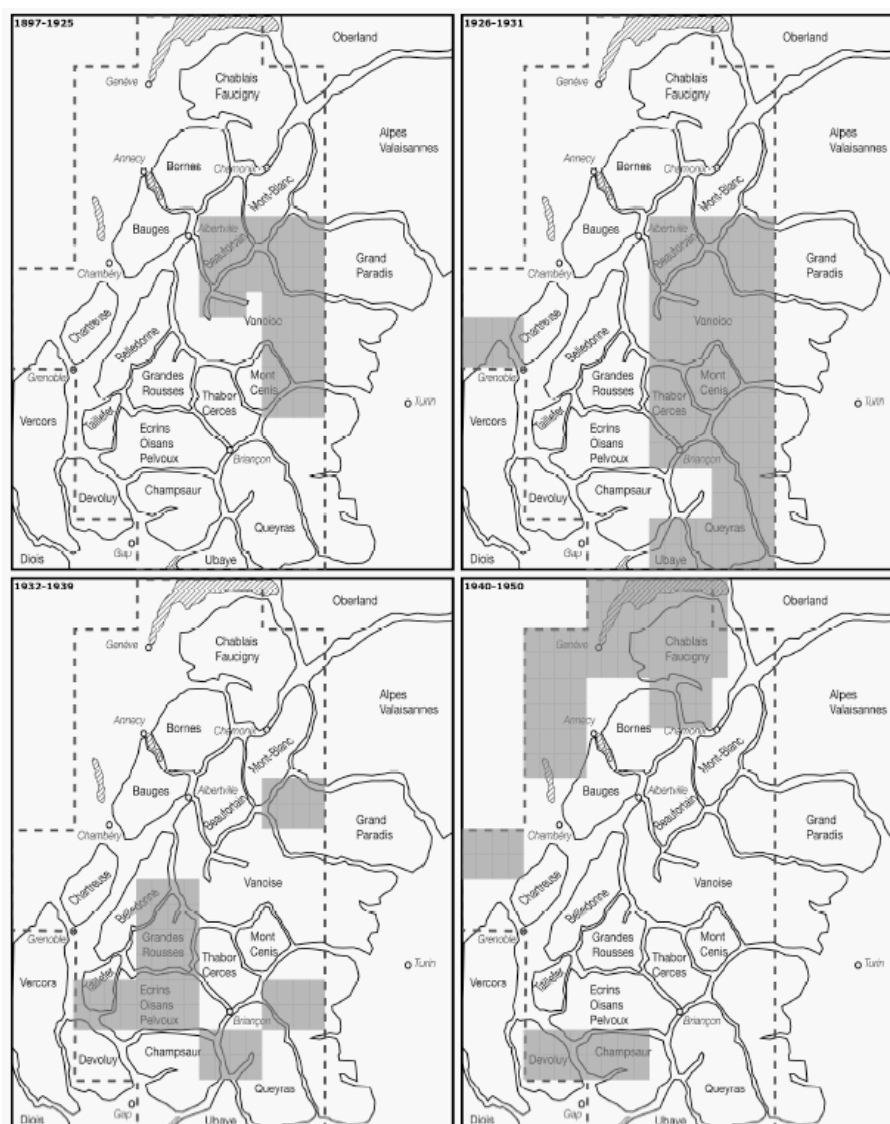
Les cartes suivantes représentent la répartition spatiale pour chacune des trois productions représentées dans le graphique (cartes 18, 19 et 20). J'ai adoptée une périodisation dictée par l'analyse de ce dernier : les débuts de la publication du 1 : 50 000 (1897-1925), l'essor rapide du 1 : 20 000 (1926-1931), la production moins importante mais plus régulière des années trente (1932-1939), puis la production pendant et après la deuxième guerre mondiale (1940-1950), alors que les topographes-alpinistes avaient

cessé toute activité de terrain. Si le massif du Mont Blanc restait la chasse gardée des alpinistes – du moins jusqu’à la fin des années trente quand le SGA entreprit son levé par photographies aériennes¹⁰⁰⁰ –, la plupart des massifs frontaliers furent couverts dès les années vingt, puisque les impératifs militaires avaient fait privilégier les levés dans ces zones. Au cours d’un véritable effort pour avancer la publication de la nouvelle carte de France dans les Alpes, le SGA couvrit ensuite, dans les années trente, des régions non frontalières qui intéressaient également les alpinistes, en particulier les différents massifs autour de la vallée de l’Oisans – une région qui avait été levée assez tôt du fait de la politique d’extension et de rattachement des plans directeurs de Grenoble, Albertville et Briançon. Il répondait parfois directement à des sollicitations de certaines sections du CAF, même pour des régions *a priori* moins touristiques : ainsi, en 1938, une « brigade opérant en Savoie [...] [détacha] dans la feuille de Vizille un opérateur qui [acheva] les travaux commencés l’année précédente pour donner satisfaction à une demande de la Section du Club Alpin de Grenoble »¹⁰⁰¹.

Les feuilles représentant des massifs touristiques connurent évidemment une déclinaison rapide en édition spéciale avec itinéraires. Dans la zone couverte par mon corpus, vingt-neuf feuilles furent ainsi publiées entre 1911 et 1939. J’interprète cette réponse du SGA aux besoins des alpinistes comme la manifestation d’une volonté de ne pas laisser se développer à nouveau une production cartographique indépendante qui remettrait en cause l’unicité de la représentation topographique du territoire par le service officiel, et donc comme une preuve évidente de l’opposition structurelle fondamentale qui opposa le SGA et le CAF, malgré des relations personnelles et des collaborations ponctuelles développées.

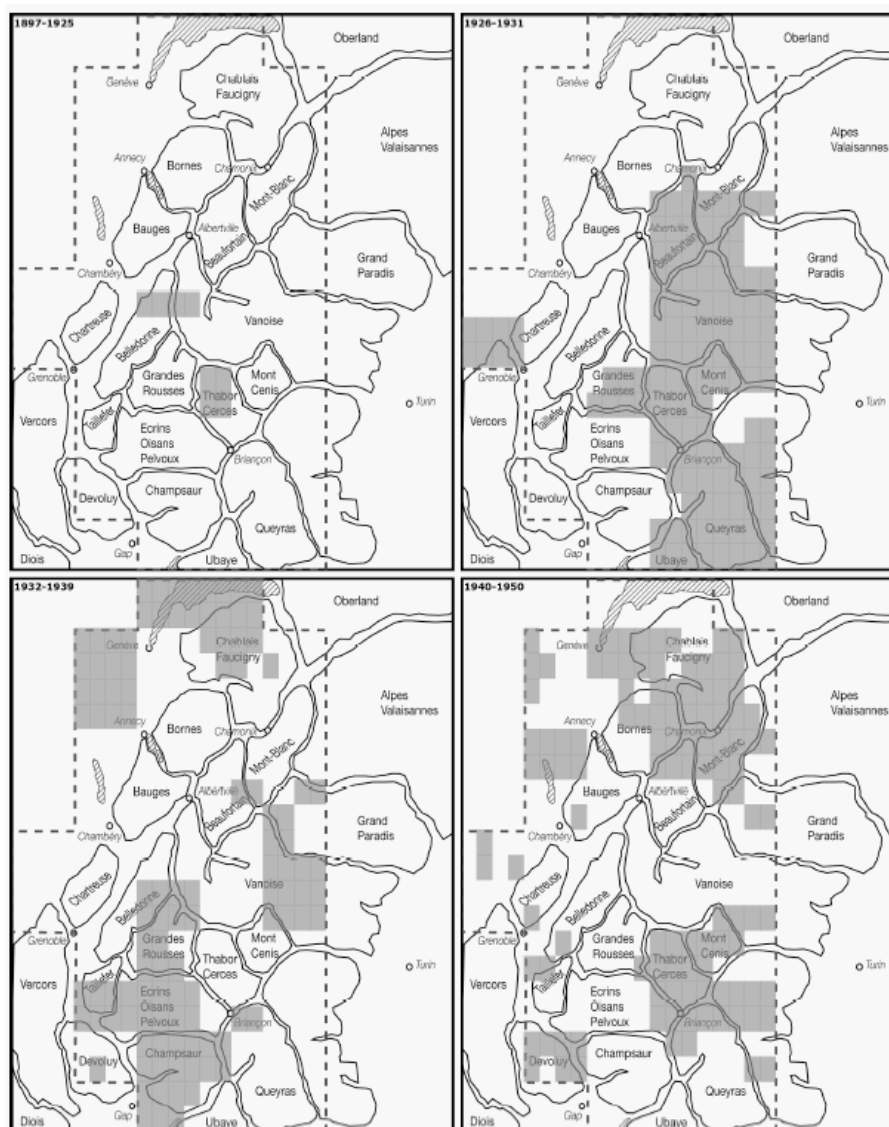
¹⁰⁰⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 3.1.2.4.

¹⁰⁰¹ Rapp. SGA 1938-39, p. 123.

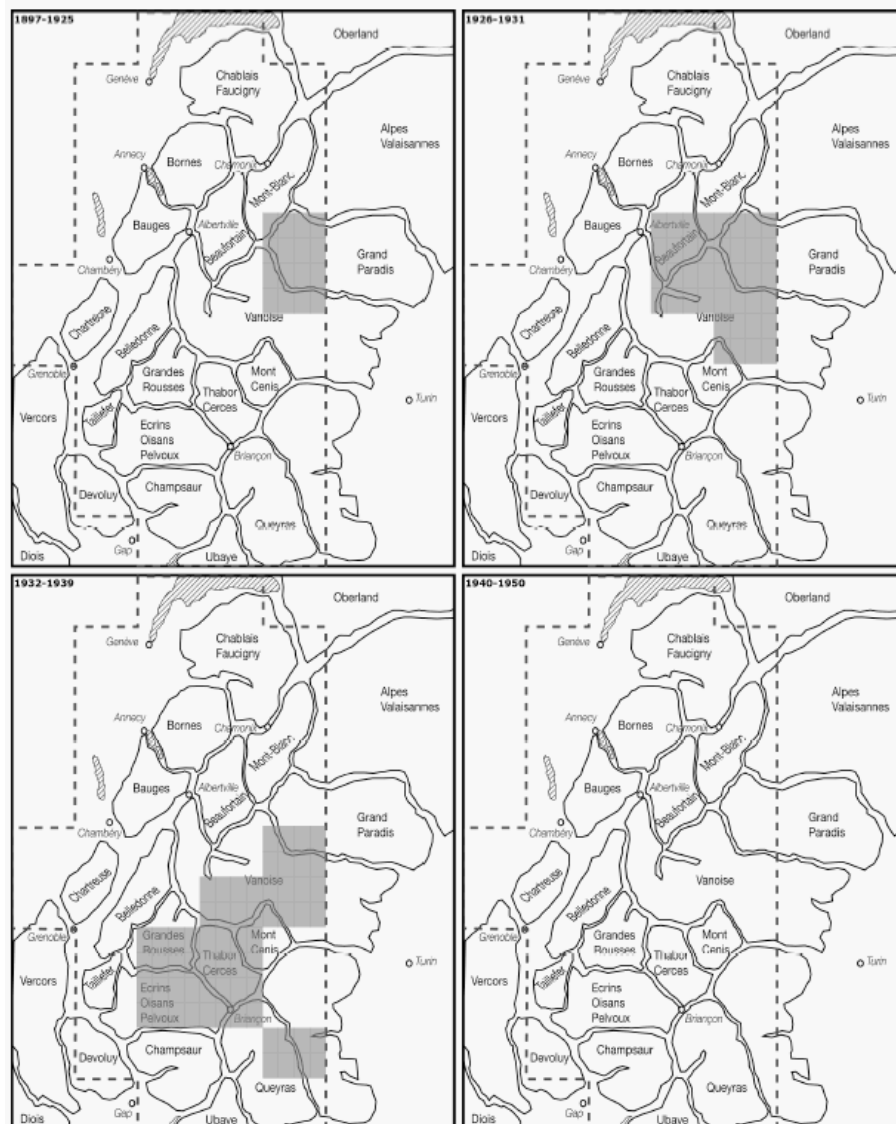


Carte 18 : Répartition des feuilles de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1897 et 1950.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).



Carte 19 : Répartition des feuilles de la carte de France au 1 : 20 000 couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1897 et 1950.



Carte 20 : Répartition des feuilles de l'édition spéciale de la carte de France au 1 : 50 000 avec itinéraires du CAF, couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1897 et 1950.

Conclusion

En structurant l'activité des topographes-alpinistes autour d'un programme et d'une méthode quasi-professionnels, la Commission de topographie du Club alpin français constituait une concurrence sérieuse pour le Service géographique de l'armée dans la représentation cartographique des régions de haute montagne. Si les rapports entre les deux organismes furent dominés par des relations mondaines et institutionnelles favorisées par l'implication personnelle de certains militaires, dont le colonel Bourgeois, futur directeur du SGA, dans la Commission, elles furent également marquées par une opposition structurelle fondamentale qui procédait de la dimension symbolique et politique de l'acte cartographique. Malgré la proximité idéologique des officiers dirigeants du SGA et des membres de la Commission, l'activité de ces derniers représentaient une

véritable attaque contre l'unicité de la cartographie du territoire. Exemple unique – à ma connaissance – dans l'histoire de la cartographie moderne d'une représentation alternative systématique et organisée d'une partie du territoire nationale, l'œuvre des topographes-alpinistes représentait d'autant plus une concurrence pour le SGA que l'intérêt des militaires pour les hautes régions avait connu un développement considérable depuis la fin du 19^e siècle avec l'essor de la guerre de montagne.

Le rapprochement des besoins cartographiques militaires et alpinistes fut exacerbé par l'entreprise de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, dans laquelle le prestige scientifique devenait le moteur de l'ambition d'une représentation objective et donc *unique* du territoire français par le service officiel. La concurrence incarnée par les topographes-alpinistes favorisa un véritable surinvestissement du SGA dans les Alpes, très nettement privilégiées dans la répartition des opérations topographiques au cours des années précédant la première guerre mondiale. Cet effort quantitatif se doubla d'un effort qualitatif motivé par l'ambition scientifique détournée de la nouvelle carte. Ainsi, alors qu'elle était présentée comme formalisée depuis les années 1880, la méthode des levés de précision fut définitivement fixée pendant une longue période de généralisation des levés *réguliers*, qui nécessita la révision systématique de la planimétrie *et* du relief des levés plus anciens. Le nouvel intérêt des militaires pour les Alpes se traduit également par une organisation originale des levés, qui favorisa la spécialisation involontaire dans la topographie de haute montagne d'un petit groupe d'officiers et de sous-officiers systématiquement réincorporés dans les mêmes brigades alpines.

A la fin des années vingt, le surinvestissement du SGA dans les Alpes montra sa motivation première quand, après deux décennies d'exploitation des données géodésiques et des connaissances toponymiques des topographes-alpinistes, l'accroissement de la publication des feuilles alpines de la carte de France accentua le déclin de l'activité cartographique des alpinistes. Véritablement vampirisés par le service officiel, les topographes-alpinistes devinrent de simples experts en nomenclature alpine au service du SGA, en même temps que ce dernier développait la production de cartes spécialement dressées pour répondre aux besoins des alpinistes. Comme pour l'évolution institutionnelle du SGA¹⁰⁰², la première guerre mondiale se révéla moins une rupture que le catalyseur de changements amorcés autour de 1910. En permettant une certaine mécanisation de la représentation cartographique au SGA, le développement des méthodes de levés photographiques marqua l'entrée de la topographie dans l'ère industrielle, une orientation que les topographes-alpinistes, malgré leur prétention d'avoir inspiré au service officiel l'utilisation de la photographie, se trouvaient incapables de suivre, fautes de moyens financiers et techniques.

Chapitre 3. La photogrammétrie terrestre, une technique de transition vers l'industrialisation de la topographie.

L'émulation provoquée par la concurrence entre le Service géographique de l'armée et les topographes-alpinistes réunis dans la Commission de topographie du Club alpin

¹⁰⁰² Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.

français entraîna un développement particulièrement important des levés topographiques dans les Alpes du nord. Privilégiée pour des raisons stratégiques dans la répartition des travaux, cette région fut érigée en véritable laboratoire d'expérimentation des nouvelles techniques de levé pour des raisons géographiques qui la rendaient particulièrement difficile à couvrir avec les méthodes classiques. Elle offre donc un point de vue pertinent sur l'évolution technique fondamentale qui permit l'industrialisation croissante des procédés topographiques, principalement avec l'adoption des levés photographiques terrestres et aériens. Envisagée assez rapidement après son invention, l'utilisation de la photographie pour les levés topographiques avait été étudiée et en partie formalisée par le colonel Laussedat, mais sans connaître d'applications pratiques importantes en France. Adaptée par Henri Vallot pour les besoins des topographes-alpinistes, sa méthode reposait sur un mélange laborieux de calculs et de constructions graphiques. Le SGA ne s'intéressa d'ailleurs aux levés photographiques qu'après la mise au point en Allemagne d'un instrument permettant la mécanisation de l'exploitation des clichés. La méthode connut alors un développement rapide pour les levés alpins du service, à la fois parce qu'elle n'était efficace que dans les régions de haute montagne, et à la fois parce que la nouvelle répartition des opérations géodésiques et topographiques dans la méthode des levés de précision créait un socle favorable à son adoption. En offrant les premières possibilités de division et d'automatisation du travail, cette méthode constituait une transition technique fondamentale vers l'industrialisation de la cartographie topographique.

3.1. Les promesses de la métrophotographie de Laussedat.

En France, les premières applications de la photographie au levé topographique furent particulièrement précoces, précédant même l'affirmation de la conception utilitariste de la cartographie et la généralisation du paradigme scientifique. Dans les décennies qui suivirent l'invention de la photographie, un officier du génie, le colonel Laussedat, consacra ses recherches et expérimentations au développement de la *métrophotographie*, la science des mesures à partir de clichés photographiques, dont les méthodes perspectives anciennes constituaient les fondations. S'il formalisa sa méthode vers la fin du 19^e siècle, elle ne connut qu'une application très limitée en France, alors qu'une recherche instrumentale importante se développait dans d'autres pays comme l'Allemagne ou le Canada.

3.1.1. Fondations et premières réalisations de la métrophotographie.

3.1.1.1. Les méthodes perspectives.

Les levés topographiques et architecturaux employaient depuis longtemps des méthodes utilisant les lois de la perspective pour déterminer des mesures du terrain ou d'un objet à partir d'une vue lointaine. Le procédé de triangulation fut ainsi formalisé au 15^e siècle en Italie, dans une orientation essentiellement architecturale, à partir des méthodes de mesures indirectes développées dès le 13^e siècle sur les bases des propriétés de la perspective et des proportions décrites chez Euclide¹⁰⁰³. En 1490, Piero della Francesca publiait d'ailleurs un des premiers traités de perspective, *De prospectiva pingendi*.

Le dispositif de la chambre noire, mentionné notamment chez Aristote, Al Hazen et Léonard de Vinci, fut utilisé par de nombreux artistes pour l'étude des perspectives. Il était formé d'une boîte fermée, étanche à la lumière, dont une des faces était percée d'un petit

¹⁰⁰³ Voir supra, partie 1, chapitre 1.1.

trou, le sténopé, qui faisait se former sur la paroi opposée une image inversée d'un objet éclairé placé à l'extérieur. L'adjonction d'une lentille optique au sténopé permit d'améliorer la netteté de cette image projetée. Les perspectives furent également à l'origine de la chambre claire, un instrument imaginé au 17^e siècle par Robert Hooke et singulièrement perfectionné par le chimiste anglais William Hyde Wollaston en 1807, pour les observations microscopiques : l'utilisation d'un prisme superposant la vue d'un objet visé et celle de la pointe d'un crayon permettait de décalquer sur une feuille de papier l'image de l'objet.

Les méthodes perspectives furent reprises et systématisées au début du 19^e siècle par l'ingénieur hydrographe Beautemps-Beaupré, puis exposées dans sa *Méthode pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques* (1811)¹⁰⁰⁴. En mettant en œuvre ces principes et la chambre claire de Wollaston, le colonel Aimé Laussedat (1819-1907) utilisa, à partir de 1845, des croquis architecturaux panoramiques pour déterminer la position et l'altitude des points du paysage.

3.1.1.2. L'introduction de la photographie.

L'invention de la photographie consistait dans l'application des propriétés chimiques de certaines matières photosensibles au dispositif de la chambre noire. Lors de la présentation de l'invention de Daguerre et Niepce à l'Académie des sciences en 1839, le savant François Arago envisageait d'ailleurs « les moyens rapides d'investigation que le topographe [pourrait] emprunter à la photographie »¹⁰⁰⁵, par analogie aux emplois connus de la chambre noire aux relevés architecturaux.

Ce fut exactement dans cette orientation que Laussedat adopta pour la première fois, en 1850, la chambre photographique pour les levés architecturaux de l'église Santa Mari delle Grazie à Milan. Approuvée par l'Académie des sciences en 1859, la méthode fut expérimentée à partir de 1861 à l'école régimentaire du Génie de la garde impériale, sans réalisation marquante jusqu'à ce que Laussedat charge le 18 mai 1863 le capitaine Javary, chef des travaux graphiques à l'école Polytechnique, de poursuivre les expériences au Dépôt des fortifications – nouvel exemple du caractère innovant des travaux réalisés dans cet organisme par rapport à l'orientation plus productrice du Dépôt de la guerre.

3.1.1.3. Les premiers levés photographiques.

Javary mena des expérimentations limitées dans des zones d'intérêt militaire. En 1863, il dressa un plan au 1 : 1 000 du fort de Bicêtre, mais dut abandonner celui de la position militaire de Culoz à cause d'une série d'épreuves photographiques ratées. L'année suivante, il réalisa plusieurs levés d'essai à Fleuri (Meudon), à Palaiseau dans la vallée d'Orsay, à Grenoble et au fort de Rosny dans la région parisienne, ce dernier étant interrompu par la mauvaise saison¹⁰⁰⁶.

En raison des particularités de la région, de la superficie levée (environ 20 km²), de sa taille et de son degré d'achèvement, le plan de Grenoble est systématiquement cité comme le premier exemple de levé topographique exécuté avec la méthode photographique

¹⁰⁰⁴ BEAUTEMPS-BEAUPRE C.F. *Méthode pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques*. Paris :

Imprimerie impériale, 1811, 96 p.

¹⁰⁰⁵ ARAGO François. Le daguerréotype. *Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences*, 1839, p. 265.

¹⁰⁰⁶ LAUSSEDAT Aimé. *Comptes-rendus sommaire des expériences de photographie appliquée au lever des plans faites par le capitaine Javary en 1863 et 1864*. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

du colonel Laussedat¹⁰⁰⁷. Dressé au 1 : 5 000, il représente le relief par des courbes de niveau équidistantes de dix mètres, qui furent interpolées à partir de points géodésiques, de six cents points restitués par la méthode des perspectives photographiques appliquée à vingt-neuf vues sur les trente-six prises, et d'autres clichés utilisés comme sources documentaires. Le plan porte également les cheminements ayant servi à déterminer les positions géodésiques des prises de vue, ainsi que la position des axes des différentes photographies. Sans compter les cheminements tachéométriques, le travail photographique n'avait duré qu'environ soixante heures sur le terrain, mais l'exploitation des clichés et le dessin avaient nécessité presque deux mois¹⁰⁰⁸.

Si le caractère extrêmement limité et souvent inachevé des précédents essais explique leur passage sous silence au profit du seul plan de Grenoble dans toutes les études abordant le développement des levés photographiques, je pense cependant qu'il ne faut pas sous-estimer leur importance dans la mise au point de la méthode, en particulier dans la prise de conscience de la rigueur nécessaire aux prises de vues photographiques pour permettre leur exploitation. Ce fut seulement grâce à l'expérience tirée des cinq levés précédents que Laussedat et Javary réussirent à dresser un plan complet de la place forte de Grenoble, formalisant suffisamment leur méthode pour en donner un premier exposé détaillé.

3.1.2. La méthode Laussedat.

3.1.2.1. La restitution photographique.

Laussedat et Javary décrivent la méthode employée pour dresser le plan de Grenoble dans une série de lettres et de rapports conservée au Service historique de l'armée de terre¹⁰⁰⁹. Cette méthode reposait sur le principe qu'une image photographique était assimilable à une perspective conique : au moment de la prise de vue, tous les rayons lumineux passaient par le même point – le centre optique de l'objectif – qui constituait donc le point de fuite des perspectives de l'image ainsi produite. Si la position de la station d'où la photographie avait été prise était connue (par une triangulation préparatoire, par exemple), les lois de la perspective permettaient de déterminer l'orientation de chaque point sur le cliché par rapport à ce point de fuite et de reporter cette orientation sur un plan. Si un élément se trouvait sur plusieurs clichés, il était alors possible de déterminer sa position par recoupement des droites représentant ces orientations sur le plan, de façon similaire à la méthode topographique de l'intersection graphique¹⁰¹⁰. L'altitude était déterminée par calcul à partir de l'altitude de la station photographique, de l'angle entre la ligne de visée et l'horizontale, c'est-à-dire l'inclinaison de l'axe optique au moment de la prise de vue, et de la mesure de la distance entre le point de prise de vue et le point à déterminer effectuée directement sur le plan en cours de construction. L'ensemble des opérations permettant la détermination des points identifiés sur les photographies constituait la *restitution*.

¹⁰⁰⁷ JAVARY Capitaine. *Lever photographique de Grenoble construit et nivelé par le capitaine Javary au moyen de perspectives, selon la méthode M. le commandant Laussedat*. Paris : [sn], 1864. Dessin minute en couleur. Echelle 1 : 5 000, 103 x 138 cm. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

¹⁰⁰⁸ Lettre de Laussedat au général de division Charron, président du comité des fortifications, datée du 29 novembre 1864. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

¹⁰⁰⁹ SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1 et 2.

¹⁰¹⁰ Voir glossaire et supra, partie 1, chapitre 1.2.2.2.

Convaincu du potentiel de sa méthode, Laussedat n'en proposa pourtant que tardivement un exposé systématique. A l'exception des différents rapports communiqués au Dépôt des fortifications, il ne rédigea aucun ouvrage méthodologique avant la fin des années 1880. A ce moment-là, il ne publia d'ailleurs que quelques livres importants mais très concis, en particulier *La Métrophotographie* en 1889¹⁰¹¹ et *Les Applications de la perspective au lever des plans* en 1893¹⁰¹². Tous ses travaux ne furent réunis dans une somme fondamentale qu'au tournant du 20^e siècle, avec la publication de ses *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique*, dont les trois tomes parurent respectivement en 1898, 1901 et 1903¹⁰¹³.

3.1.2.2. Un instrument spécifique : le photothéodolite.

Les données nécessaires à l'emploi de la méthode de Laussedat n'étaient pas différentes de celles déterminées dans un levé topographique classique : la distance de visée était mesurée par l'emploi de la méthode stadimétrique, les angles azimutaux et zénithaux mesurés à l'aide d'un théodolite ou d'un tachéomètre. Mais, contrairement à une station de levés topographiques classiques qui nécessitait la visée et la mesure de nombreux points, il suffisait avec la photographie de déterminer pour chaque prise de vue un angle vertical, un angle horizontal et une longueur de visée.

Pour faciliter les opérations, Laussedat avait d'ailleurs mis au point le photothéodolite, qui permettait d'effectuer avec un seul instrument les mesures d'angles et la prise de clichés photographiques. Mais cet instrument spécifique ne fut finalement que peu employé. Jusqu'en 1864, la détermination de la position des stations était assurée par un instrument goniométrique quelconque. En 1865 et 1866, le capitaine Javary employa bien le photothéodolite, notamment pour le levé des environs de Faverges en Savoie¹⁰¹⁴, mais il trouva « de graves inconvénients à réunir l'instrument goniométrique à l'instrument photographique »¹⁰¹⁵, parmi lesquels le poids de l'appareil, l'imprécision du goniomètre intégré et la mise en station longue et délicate à cause de la lunette excentrée, qui, en ralentissant le travail, provoquait des variations de lumière entre les prises de vue d'un même point depuis plusieurs stations. Pour le levé de Belfort qu'il effectua en août 1866, Javary sépara définitivement les opérations géométriques et photographiques, utilisant un appareil photographique ordinaire qui présentait à ses yeux l'intérêt supplémentaire d'être facile à se procurer en campagne. De cette façon, il gagnait également quatorze kilogrammes par rapport au photothéodolite.

¹⁰¹¹ LAUSSE DAT A. *La Métrophotographie*. Edition révisée [1^{ère} édition 1889]. Paris : Gauthier-Villars, 1899, 52 p.

¹⁰¹² LAUSSE DAT Colonel A. *Les Applications de la perspective au lever des plans, vues dessinées à la chambre claire, photographies...* Paris : Gauthier-Villars et fils, 1893.

¹⁰¹³ LAUSSE DAT Colonel A. *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique*. Paris : Gauthier-Villars, 1898-1903. 3 vol.

¹⁰¹⁴ Le levé fut effectué à partir d'une triangulation avortée ne comportant finalement que huit points trigonométriques, complétée par des cheminements. Javary effectua cent trois stations, dont vingt-neuf photographiques qui fournirent cent cinquante-sept épreuves de différents formats et permirent la restitution de six cent quatre-vingts points. Les zones ne pouvant être restituées par la photographie, principalement les sous-bois, furent couvertes par des levés de reconnaissance rapide. Le plan final représentait une surface de douze mille hectares. Le levé avait nécessité dix-huit jours de travail sur le terrain et cinq mois de rédaction à deux topographes.

¹⁰¹⁵ JAVARY capitaine. *Mémoire relatif à l'application de la photographie au lever des plans*. Paris : Dépôt des fortifications, Paris, 1866. SHAT, Dépôt des Fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°2.

3.1.2.3. L'exploitation difficile des photographies.

Relativement simple sur le plan théorique, la « méthode des perspectives photographiques », comme l'avait nommée Laussedat lui-même, était beaucoup plus complexe sur le plan pratique. Dans les opérations de terrain, les prises de vue souffraient des caractéristiques des techniques photographiques disponibles. Javary avait mené ses expérimentations avec des glaces collodionnées, dont la longueur de préparation empêchait parfois de profiter de conditions météorologiques favorables, à tel point que Laussedat émettait le souhait de disposer d'« un procédé assez rapide de photographie sur papier »¹⁰¹⁶.

Dans les opérations de bureau, une bonne connaissance du terrain représenté était nécessaire pour assurer une exploitation efficace des photographies. Mais même alors, la qualité variable des clichés rendaient délicates la reconnaissance et la définition précise d'un même point sur différentes photographies. D'une façon général, l'application de la méthode des perspectives restait essentiellement artisanale : chaque photographie demandait un traitement particulier, de nombreux calculs devaient être effectués à la main, et le report sur le plan des points déterminés se faisait par des constructions graphiques relativement complexes.

Laussedat assurait que dans les expérimentations du 1 : 1 000 au 1 : 20 000, « le temps économisé [sur le terrain] était considérable, comparé à celui qu'[exigeaient] les anciennes méthodes »¹⁰¹⁷, mais la mise en œuvre au bureau restait beaucoup plus longue et minutieuse. L'accueil fait à la méthode fut particulièrement marqué par cette opposition paradoxale entre la volonté de simplifier les opérations de terrain et la complexité de la mise en œuvre des données ainsi recueillies.

3.1.3. Un développement limité en France.

3.1.3.1. Des applications restreintes aux régions difficiles.

Jusqu'à la fin du siècle, la méthode Laussedat ne fut l'objet en France que de quelques expérimentations extrêmement limitées au sein du Dépôt de la guerre, du Dépôt des fortifications, puis du Service géographique de l'armée. Suite aux levés des environs de Grenoble, le capitaine Javary fut placé à la tête d'une Brigade d'études photographiques chargée d'expérimenter la méthode dans des opérations locales menées dans les Alpes-Maritimes, les Alpes de Savoie et les Vosges, mais la brigade fut dissoute en 1871¹⁰¹⁸ et jamais reformée ou remplacée. Pourtant, Laussedat et Javary assuraient de la polyvalence de la méthode et militaient pour sa généralisation aux plans de fortification et aux levés en région accidentée, sans pour autant juger pertinente sa substitution totale aux méthodes de la brigade topographique, comme le soulignait Javary dans un rapport de 1865 :

« Les expériences faites jusqu'à ce jour permettent de poser les conclusions suivantes : La photographie, dans les conditions dans lesquelles elle a été expérimentée en 1863 et 1864, peut être considérée comme avantageuse pour les levés aux échelles comprises entre 1/5.000 et 1/10.000. Elle peut donc être utilement appliquée pour les levés du terrain autour des places de guerre

¹⁰¹⁶ LAUSSEDAT Aimé. *Comptes-rendus sommaire des expériences de photographie appliquée au lever des plans faites par le capitaine Javary en 1863 et 1864*. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

¹⁰¹⁷ LAUSSEDAT. *La Métrophotographie*. Op. cit.

¹⁰¹⁸ ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne aux levés topographiques à grande échelle*. Paris : Eyrolles, 1930, p. 16.

dans l'étendue considérable que les perfectionnements de l'Artillerie obligent à étudier. On pourra rapidement et à peu de frais étendre jusqu'à la distance de 5 000 mètres le plan général des places pour lesquelles ce travail n'a pas encore été exécuté. Quant à ces dernières, quelques vues photographiques jointes au plan seront d'une utilité considérable pour le commenter et l'expliquer ; et souvent les vues seules pourront servir à décider des questions d'assiette et de défilement. Pour les reconnaissances de terrains étendus, en pays fortement accidenté, dans lesquels les procédés ordinaires obligeront à de longs et difficiles travaux, la photographie donnera des levés suffisamment exacts pour établir les avant-projets et faire les études préparatoires. Il y aura dans ce but quelques essais à faire et il sera peut-être nécessaire de combiner dans certains cas la méthode photographique avec les moyens ordinaires de la topographie [comme Javary le fit lui-même dans le levé des environs de Faverges]. En temps de guerre, les levés nécessaires pour un siège pourront se faire de très loin, avec une exactitude plus grande, des détails plus nombreux et dans un temps plus court que par les procédés ordinaires. De ce côté encore, il y aura à étudier quels seront les appareils les plus convenables, les procédés les mieux appropriés à ce genre d'opérations [le levé de Belfort fut jugé très satisfaisant sur le point de la rapidité et de la facilité]. Mais il y aurait peut-être quelque désavantage à vouloir employer la méthode photographique pour des levés aussi minutieusement détaillés, aussi rigoureusement exacts que ceux que fait la brigade topographique. »¹⁰¹⁹

Je trouve la dernière remarque de Javary très significative de la conception des levés photographiques à la fin du 19^e siècle : leur emploi n'était envisagé que pour des opérations très localisées ou des levés de reconnaissance justifiés par l'impossibilité de parcourir la région à couvrir, en raison de son étendue, de son relief accidenté ou de son inaccessibilité militaire. D'une façon générale, la méthode des perspectives photographiques était privilégiée dans le levé de régions difficiles où les méthodes perspectives traditionnelles étaient déjà souvent employées, des régions pour lesquelles l'allongement des opérations au bureau pour réduire celles de terrain présentait un avantage indéniable. Ce fut le cas dans certains pays étrangers qui adoptèrent rapidement la méthode Laussedat, notamment au Canada où J.J. McArthur couvrit par des levés photographiques plus de cinq mille kilomètres carrés dans les montagnes Rocheuses entre 1888 et 1893, avec une équipe très réduite : un aide topographe, un muletier et un manoeuvre¹⁰²⁰.

A la fin du 19^e siècle, les débats engagés sur la précision des perspectives photographiques par rapport aux méthodes régulières de levés topographiques ne furent jamais véritablement tranchés, selon moi essentiellement parce que les deux méthodes ne concernaient que très ponctuellement le même type de région. En Europe, à côté de ses applications architecturales, comme Meydenbauer en Allemagne à partir de 1867, les applications topographiques de la métrophotographie de Laussedat se développèrent principalement dans des pays au relief accidenté, comme en Italie avec Porro à partir de

¹⁰¹⁹ JAVARY Capitaine du Génie A. *Applications de la photographie*. Paris : Dépôt des fortifications, 5 janvier 1865. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

¹⁰²⁰ PELLETIER Monique. Photographie et méthodes de lever du relief. *Op. cit.*, p. 145.

1863 ou surtout en Suisse avec Rothlisberger, Helbling et Wild, dont les essais entre 1892 et 1896 entraînèrent une adoption limitée à des cas spéciaux¹⁰²¹.

En France, la modification de la méthode Laussedat par Henri et Joseph Vallot pour leurs levés du massif du Mont Blanc à partir de 1890, s'inscrivait dans la même volonté de permettre la représentation topographique détaillée et rapide des zones inaccessibles. Mais jusqu'en 1911, le Service géographique de l'armée n'utilisa jamais la photographie dans les travaux de la carte de France, autrement que dans un but strictement documentaire pour la représentation des masses rocheuses et des glaciers, jugeant les procédés perspectifs moins précis et plus laborieux que les méthodes classiques des levés de précision.

3.1.3.2. L'accueil des contemporains.

D'un point de vue théorique, l'accueil réservé par les (presque) contemporains à la méthode Laussedat concentra le débat autour du positivisme technique, en mêlant la croyance dans la marche perpétuelle du progrès technique, le culte des inventeurs et le nationalisme scientifique. Ainsi, la plupart des auteurs souligna paradoxalement à la fois le génie du colonel Laussedat, louant la capacité d'innovation des savants français, et à la fois l'évidence de son invention, située dans le cours « logique » du progrès scientifique¹⁰²². Tous les partisans de la méthode Laussedat critiquèrent sévèrement les services officiels de ne pas l'avoir adopté plus tôt, mais toujours plusieurs décennies après les premiers travaux, alors même qu'elle avait connu de nombreuses applications dans le monde et même en France. Aucun spécialiste ne s'était élevé contre son rejet dans les années 1870, et le véritable débat ne fut mené que dans les années vingt, alors que le Service géographique de l'armée commençait à généraliser son emploi dans les zones montagneuses et avait considérablement développé les applications de la photographie aérienne pendant la guerre¹⁰²³.

A ce moment-là, quelques auteurs minoritaires critiquèrent avec vigueur la simplicité tant vantée de la méthode, essentiellement dans des manuels de topographie destinés à un public non spécialiste, soutenant qu'elle était en fait bien plus difficile à mettre en œuvre que les procédés classiques à la planchette déclinée. Mais derrière ces critiques méthodologiques féroces perçaient souvent des hostilités institutionnelles anciennes, comme chez le professeur d'université Henri Bouasse qui s'attaquait à l'« esprit taupin » de Laussedat¹⁰²⁴, ce qui me fait considérer avec une certaine circonspection des arguments qui ne furent d'ailleurs que très peu repris.

La majorité des auteurs, parmi lesquels le très influent Emmanuel de Martonne dans son *Traité de géographie physique* (première édition en 1909)¹⁰²⁵, adopta une position plus modérée. S'ils reconnaissaient des qualités à la méthode des perspectives photographiques, principalement pour le levé de régions difficiles grâce à la diminution du

¹⁰²¹ Repris en 1916, puis en 1924, ces essais n'aboutirent qu'en 1926 à l'introduction définitive des levés photographiques terrestres pour des cartes topographiques.

¹⁰²² Ce paradoxe était particulièrement criant chez Alphonse Berget, par exemple dans ce passage : « il était naturel qu'on pensât [...] à appliquer aux travaux de la Topographie, c'est-à-dire de la représentation du terrain, la nouvelle conquête de notre génie national. Cette application fut conçue et réalisée par un Français, au nom illustre : le Colonel du Génie Laussedat (mort en 1907). » BERGET Alphonse. *Topographie : cartes, échelles, instruments, etc.* Paris : Larousse, 1921, p. 283.

¹⁰²³ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

¹⁰²⁴ BOUASSE Henri. *Géographie mathématique*. Paris : libr. Delagrave, 1919, p. 39.

¹⁰²⁵ MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. Op. cit.

temps passé sur le terrain, ils doutèrent, dans un premier temps, de son extension future à toutes les régions, puis l'expliquèrent, dans un second temps – par exemple dans la neuvième édition du *Traité de géographie physique* en 1951 –, par l'apparition d'instruments permettant d'automatiser l'exploitation des clichés photographiques – principalement aériens.

Enfin, certains auteurs, plus tardifs comme Georges Perrier¹⁰²⁶ ou plus enthousiastes comme Alphonse Berget¹⁰²⁷, n'hésitèrent pas à voir dans cette nouvelle méthode la principale évolution de la topographie au tournant du 20^e siècle. Ils interprétèrent d'ailleurs la longue opposition des topographes professionnels, « adversaires systématiques » de la méthode, par leur perception de celle-ci comme « une rivale par laquelle ils craignaient, bien à tort d'ailleurs, d'être complètement supplantés »¹⁰²⁸.

Même si elle se manifestait effectivement par le rejet de la méthode des perspectives photographiques, la position du Service géographique de l'armée n'était cependant pas aussi caricaturale. Explicitée par le colonel Berthaut en 1898, elle reprenait l'argument classique de la précision : les opérations nécessaires sur le terrain et au bureau pour les levés photographiques comportaient un trop grand nombre d'erreurs potentielles, notamment dans les constructions graphiques complexes et délicates, pour atteindre une précision équivalente aux levés de précision réguliers, d'autant plus que les conditions de prise de vue jouaient fortement sur le figuré du détail qui ne pourrait pas égaler celui effectué par des cheminements sur le terrain. Ainsi, « l'emploi de la photographie [ne devait être regardé] que comme une aide utilisable à l'occasion, et non comme un moyen appelé à remplacer les méthodes régulières »¹⁰²⁹. Ce fut d'ailleurs la position que maintint le SGA jusqu'aux débuts des années 1910¹⁰³⁰.

3.1.3.3. La polémique sur le nom de la méthode.

En France, le débat sur le terme à adopter pour désigner la méthode décrite par Laussedat prit curieusement une ampleur bien plus importante que les applications pratiques de cette méthode sur le territoire national, qui se limitèrent longtemps aux expérimentations de Javary et aux levés des Vallot dans le massif du Mont Blanc. Alimenté par l'esprit revanchard, le nationalisme scientifique français s'opposa au nom de *photogrammétrie* sous lequel la science allemande avait rapidement développée cette méthode, alors que Laussedat avait utilisé le terme de *métrophotographie* pour désigner la science des applications de la photographie à des mesures métriques, couvrant la topographie mais aussi les relevés architecturaux ou archéologiques, qui restèrent pendant longtemps ses principales applications.

Selon l'intensité de leur patriotisme, les auteurs français employaient le terme allemand, à l'image de Georges Perrier, ou le terme français, comme Alphonse Berget, mais la majorité contourna pendant longtemps le problème en n'utilisant que les expressions plus générales de « levés photographiques », « techniques photographiques » ou « photographie »,

¹⁰²⁶ PERRIER Général Georges. Les progrès de la géodésie, de la topographie et de la cartographie, 1880-1930. *Le Génie Civil*, novembre 1930, numéro spécial cinquantenaire, p. 134-139.

¹⁰²⁷ BERGET Alphonse. *Topographie. Op. cit.*

¹⁰²⁸ *Ibid.*, p. 283.

¹⁰²⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France. T.2. Op. cit.*, p. 321.

¹⁰³⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 3.3.

comme Emmanuel de Martonne ou Henri Bouasse. Pour preuve de l'importance de la polémique sur le terme à employer, Henri Vallot ouvrait son manuel *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne* (1907) par trois paragraphes discutant de ce problème de vocabulaire, tranchant finalement pour son application à la topographie en faveur du terme de *phototopographie*, qui mettait selon lui en valeur l'orientation topographique de la méthode :

« le but, c'est la Topographie ; le moyen, c'est la Photographie ; d'où l'expression très rationnelle de Phototopographie, déjà adoptée en Italie (Fototopografia), employée en maints endroits dans son ouvrage par le colonel Laussedat et également par M. Flemer, aux Etats-Unis d'Amérique. »¹⁰³¹

La position la plus modérée, mais aussi la plus sarcastique, fut défendue dès 1891, bien avant que le débat ne s'enflamme avec les tensions précédant et suivant la première guerre mondiale, par le commandant Legros dans ses *Eléments de photogrammétrie*. La saveur de son texte justifie que j'en fasse une citation un peu longue :

« La photogrammétrie est le nom donné par les Allemands à cette partie des arts graphiques qui a pour objet le rétablissement, à l'aide des perspectives exactes, des projections orthogonales des objets extérieurs. Les bases de cette science pratique ont surtout été établies par le colonel Laussedat ; et quelques écrivains français, d'un patriotisme plus ardent qu'éclairé, ont pris texte de là pour stigmatiser comme un empiétement déloyal la prétention qu'avaient eue les savants de l'autre côté du Rhin de lui assigner une appellation. Ils ont été jusqu'à dire que les professeurs Meydenbauer et Stolze avaient tenté de démarquer à leur bénéfice l'œuvre du colonel Laussedat, en se l'appropriant sans même prononcer son nom. La vérité nous oblige à dire que c'est dans le mémoire même du Dr. Stolze que se trouve le résumé le plus explicite qu'il nous ait été donné de rencontrer des travaux du colonel Laussedat. Seulement, tandis qu'en France ces travaux ont passé à peu près inaperçus, et sont longtemps restés en oubli, ils forment actuellement en Allemagne la matière principale de l'enseignement d'une demi-douzaine de chaires importantes, qu'il n'était guère possible de créer sans éprouver le besoin de les baptiser. D'autre part, en dépit de son apparence tant soit peu barbare, le mot "Photogrammétrie" est bien plus dans les allures de la terminologie scientifique des langues latines, et, plus particulièrement, de la langue française, que dans celles de la terminologie allemande. Rien ne nous empêche donc d'y voir un hommage rendu par les savants allemands aux travaux scientifiques de notre éminent compatriote. De fait, les germanisants intransigeants, qui se sont fait un titre d'honneur de répudier jusque dans le langage scientifique la solidarité universelle de la pensée humaine, ne disent pas "Photogrammétrie", mais bien "Lichtbildmefzkunst" [imprimé en gothique] (le caractère gothique est de rigueur, comme seul digne de la profondeur des conceptions que le vocable a la prétention de recéler). »¹⁰³²

¹⁰³¹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie*. Op. cit..

¹⁰³² LEGROS Commandant V. *Eléments de photogrammétrie. Applications élémentaires de la photographie à l'architecture, à la topographie, aux observations scientifiques et aux opérations militaires*. Paris : Société d'étude scientifique, 1891, p. 3.

L'histoire donna raison au commandant Legros : lors de sa création en 1913, ce fut bien le nom de *Société internationale de photogrammétrie* que choisit la fédération des différentes sociétés nationales de ce domaine, en particulier parce qu'elles ne concernaient pas uniquement les applications topographiques. Mais le terme *photogrammétrie* mit longtemps à rentrer dans l'usage français. Comme pour ne pas avoir à trancher, la société française de photogrammétrie avait été créée au sein de la Société française de photographie sous le nom de *Section Laussedat*¹⁰³³. L'influent Emmanuel de Martonne ne commença à utiliser le terme qu'en 1948 dans sa *Géographie aérienne*¹⁰³⁴ et en 1951 pour la neuvième édition de son classique *Traité de géographie physique*¹⁰³⁵.

Le graphique suivant représente l'évolution des termes employés pour désigner les levés photographiques sur les feuilles de mon corpus publiées par le SGA, puis par l'IGN (graphique 14). Il montre une préférence manifeste pour les différentes déclinaisons du terme *stéréotopographie*, qui désigne l'application topographique de la photographie stéréoscopique sans employer ne serait-ce qu'une partie du mot *photographie*. Le terme *stéréophotographie* ne fut employé que de façon très ponctuelle, alors que le terme *photogrammétrie* ne fut utilisé qu'une fois en 1954 avant sa généralisation à la fin des années soixante-dix, sur les feuilles de la carte de France dite *type 1972*¹⁰³⁶. J'interprète cette évolution du vocabulaire comme un reflet de l'évolution de l'utilisation des méthodes de levés photographiques : bien qu'expérimentées dès les années 1860, elles ne s'imposèrent en France qu'au cours des années trente, marquées par leur première mention sur des feuilles publiées, puis se généralisèrent après la deuxième guerre mondiale dans un système technique qui ne connut pas de changement fondamental avant la fin des années soixante, époque à laquelle l'évolution technique se traduisit par une modification du vocabulaire¹⁰³⁷.

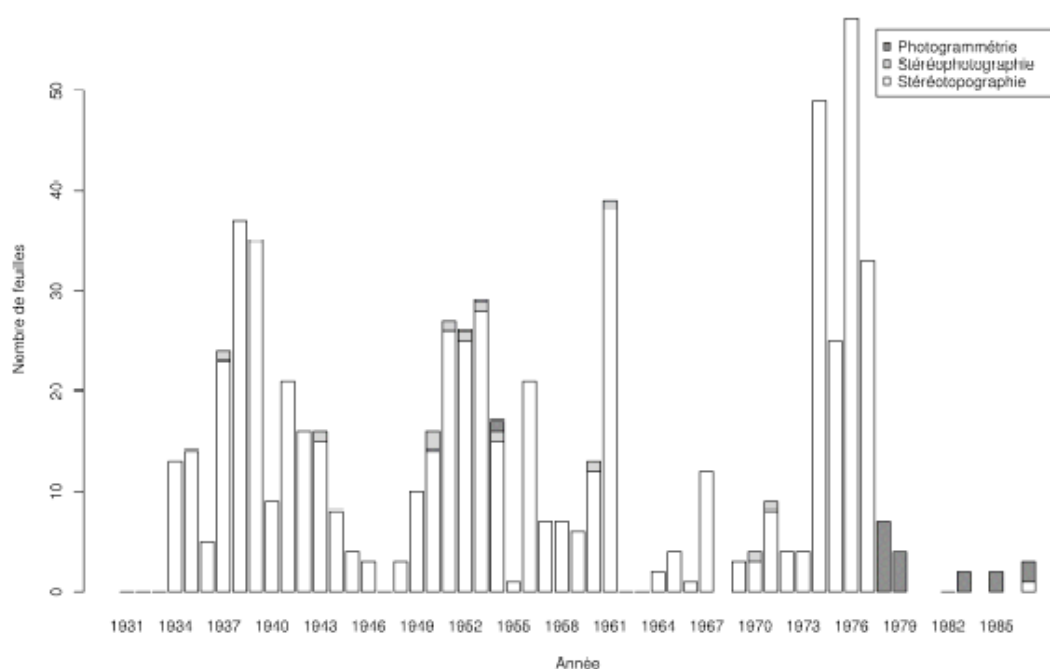
¹⁰³³ PERRIER Général. Les expositions et congrès internationaux de photogrammétrie à Zurich (septembre 1930). *Le Génie Civil*, 25 octobre 1930, 17, p. 422.

¹⁰³⁴ MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne*. Paris : Albin Michel, 1948..

¹⁰³⁵ MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. T.2. *Le relief du sol*. 9^e édition. Paris : libr. A. Colin, 1951.

¹⁰³⁶ Voir infra, « Après 1960... », 2.1.

¹⁰³⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.3.



Graphique 14 : Evolution des termes employés pour désigner les levés photographiques sur les cartes officielles, de 1930 à 1987.

3.2. Henri Vallot, les topographes-alpinistes et les levés photographiques.

Jusqu'au début du 20^e siècle, à l'exception des expérimentations menées au Dépôt des fortifications par le capitaine Javary, la seule application importante de la méthode formalisée par le colonel Laussedat fut l'œuvre des topographes-alpinistes Henri et Joseph Vallot pour leur carte au 1 : 20 000 du massif du Mont Blanc. Leur entreprise correspondait parfaitement au domaine de prédilection de la méthode des perspectives cartographiques, tel que Laussedat et Javary eux-mêmes l'avaient défini : le levé des terrains accidentés et difficiles à parcourir. Pourtant, les cousins Vallot ne semblent pas s'être basés uniquement sur des critères rationnels pour adopter une méthode qu'ils connaissaient encore mal au moment de leur choix. En conséquence sans doute de cette ignorance, l'adaptation de la méthode Laussedat aux besoins exprimés par les Vallot nécessita une longue phase de mise au point influencée par son usage pratique, qui constitue un exemple particulièrement révélateur du développement de nouvelles techniques dans un contexte dominé par l'idéologie du progrès. Finalement, la simplification graphique opérée par Henri Vallot lui permit d'imposer l'utilisation de ce qu'il appela lui-même la *méthode Laussedat-Vallot* aux topographes-alpinistes de la Commission de topographie du CAF, même si elle ne se développa jamais en dehors de ce cadre restreint.

3.2.1. Ambition d'originalité et désir de contrôle, les raisons implicites du choix des Vallot.

3.2.1.1. Un choix initial par élimination.

En 1890, quand les cousins Henri et Joseph Vallot décidèrent de dresser une carte entièrement nouvelle du massif du Mont Blanc¹⁰³⁸, ils se proposaient de lever « les parties les moins accessibles [...] à l'aide de l'orographe Schrader, ainsi que par les procédés photographiques imaginés par le colonel Laussedat, dans les régions où cette méthode [paraîtrait] avantageuse »¹⁰³⁹, des procédés qu'ils affirmaient avoir déjà « mis à l'épreuve à l'occasion d'un avant-projet de chemin de fer souterrain entre les Houches et le Mont-Blanc »¹⁰⁴⁰. Cependant, je considère que leur hésitation, ainsi que la brièveté des références aux levés photographiques, témoignaient d'une connaissance encore limitée de cette méthode très peu diffusée parmi les topographes français et qui n'avait d'ailleurs encore jamais été expérimentée en haute montagne.

Leur choix s'effectua en fait par l'élimination successive des techniques envisagées, lors de ce qu'ils appelèrent les « essais et [...] tâtonnements »¹⁰⁴¹ de 1890-1892 et des premiers levés réguliers en 1893. Pour représenter les régions inaccessibles à la méthode classique de la planchette déclinée, leur ambition scientifique leur imposait d'adopter une méthode de levé indirect qui puisse s'accorder avec le degré de précision des levés directs : les méthodes des vues perspectives dessinées à la main ou des intersections graphiques effectuées sur le terrain à la règle à éclimètre furent donc rejetées. Il leur fallait également une méthode susceptible d'être utilisée avec précision pour des visées lointaines : l'orographe de Schrader fut donc également rejeté, parce que dans des dimensions compatibles avec les conditions de travail en haute montagne, il ne permettait pas, selon les Vallot, d'effectuer des visées à plus de trois mille mètres à l'échelle du 1 : 20 000¹⁰⁴². Il ne restait donc que la photographie, dont ils confirmèrent le choix en 1894, en même temps qu'ils énonçaient les arguments rationnels censés le justifier : « c'est dans les procédés photographiques que nous avons cru trouver les conditions de rapidité, de fidélité et de précision qui nous étaient nécessaires »¹⁰⁴³.

3.2.1.2. Fausse rationalité scientifique et méconnaissance de la méthode.

Les deux arguments de la rapidité et de la précision des levés photographiques formèrent le socle de la justification « officielle » du choix des Vallot, rappelée systématiquement dans toutes leurs publications. Selon moi, ces arguments s'expliquaient par l'orientation scientifique de leur projet. Henri Vallot avait affirmé son ambition de concurrencer les levés de précision militaire, c'est-à-dire d'inscrire son œuvre de topographe indépendant dans

¹⁰³⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 2.3.2.

¹⁰³⁹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte. *Op. cit.*, p. 10-11.

¹⁰⁴⁰ VALLOT Charles. Un portrait du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 100. Le projet fut naturellement abandonné ; il s'accordait d'ailleurs mal avec l'idéologie du respect de la montagne et du mérite de sa découverte développée au Club alpin français.

¹⁰⁴¹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte. *Op. cit.*, p. 12.

¹⁰⁴² L'orographe avait classiquement un plateau de trente-deux centimètres, mais « la forme abrupte et souvent inaccessible des versants montagneux [obligeait] généralement à exécuter le levé du détail depuis le versant opposé de la vallée, c'est-à-dire à une distance de 5,000 à 6,000 mètres, quelquefois même supérieure » ; or, au 1 : 20 000, les visées possibles sans trop d'erreurs de dessin étaient limités à trois mille mètres avec l'orographe, ou il aurait fallu utiliser un plateau de dimensions doubles peu pratique en haute montagne. Cependant, ce dernier argument était particulièrement spécieux, puisqu'en 1893, juste après l'abandon de l'orographe, Joseph Vallot opéra avec un photothéodolite Laussedat très encombrant (il produisait des clichés au format 24 x 30 cm), que Charles Vallot qualifia rétrospectivement de « monument offert au vent des cimes ». VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note. *Op. cit.*, p. 4-5 ; VALLOT Charles. Un portrait du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 99.

¹⁰⁴³ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note. *Op. cit.*, p. 5.

une évolution vers une représentation plus géométrique du terrain. Plus généralement, les deux cousins manifestaient la croyance dans le progrès technique que partageaient tous les savants et ingénieurs de l'époque, dans laquelle l'utilisation d'une nouvelle technique s'auto-justifiait par sa seule nouveauté. Henri Vallot, en particulier, faisait preuve d'un vif désir de participer à ce progrès par la mise au point de nouvelles méthodes topographiques.

Mais l'analyse des différentes notes publiées au cours de leur longue entreprise me fait douter de la connaissance qu'Henri et Joseph Vallot avait du potentiel et des limites de la méthode des perspectives photographiques. Ainsi, après la première campagne systématique sur le terrain en 1894, ils annonçaient disposer de « 400 clichés, tous susceptibles de fournir des données absolument certaines »¹⁰⁴⁴. Pourtant, après quelques années de pratique, ils reconnaissaient en 1903 qu'ils appliquaient la méthode Laussedat « en excluant toute prétention à la haute précision »¹⁰⁴⁵, puis en 1907 que « la précision obtenue dans la détermination des points photographiques [pouvait] soutenir la comparaison avec celle fournie par les procédés ordinaires d'intersection graphique bien compris » – qu'ils avaient pourtant rejetés comme insuffisants en 1890 –, seulement grâce « aux précautions prises, dans l'organisation du travail, en vue de diminuer l'importance des erreurs, et d'éviter les fautes »¹⁰⁴⁶.

La pratique avait ainsi conduit les Vallot à relativiser l'argument de la précision, pourtant fondamental dans la justification de leur choix. En 1913, au cours d'un exposé à la Commission de topographie sur les travaux pour sa carte au 1 : 20 000 du massif de Gavarnie et du Mont-Perdu, Franz Schrader classait d'ailleurs les instruments de détermination d'un point dans cet ordre de précision : théodolite, orographe, règle à éclimètre Goulier, et photographie¹⁰⁴⁷. Henri Vallot lui-même reconnut plus tard les limites de la restitution photographique en présentant pour la première fois en 1909 la nécessité de recourir à des « opérations de complétage sur le terrain »¹⁰⁴⁸, dont il n'expliqua clairement le principe et la raison qu'en 1911 : le « *complétage* [...] est uniquement motivé par l'insuffisance préalablement constatée du procédé photographique dans certaines parties du terrain »¹⁰⁴⁹. Dans l'entreprise de la carte du massif du Mont Blanc, cette insuffisance expliqua l'augmentation de la surface levée à la planchette, de cent kilomètres carrés initialement prévus, à cent trente kilomètres carrés en 1911, puis finalement cent quatre-vingts sur les cinq cent trente que devait couvrir la carte. Encore Henri Vallot justifiait-il le recours à des levés de complétage par les défauts de l'organisation des travaux provoqués par le retard pris par Joseph, malade, dans les opérations de prises de vue¹⁰⁵⁰ : dans une organisation optimale, les levés photographiques auraient dû précéder les levés à la planchette qui auraient naturellement complété les premières – permettant à Henri Vallot d'éviter d'avoir à justifier l'insuffisance d'une méthode dont il aurait préféré, en enthousiaste du progrès technique, laisser l'adoption dans son écrin de fausse rationalité scientifique.

¹⁰⁴⁴ *Ibid.*, p. 6.

¹⁰⁴⁵ VALLOT Henri. Troisième note. *Op. cit.*, p. 385.

¹⁰⁴⁶ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie. Op. cit.*, p. X.

¹⁰⁴⁷ PV Com. Topo. CAF. Séance du 19 novembre 1913, p. 32.

¹⁰⁴⁸ PV Com. Topo. CAF. Séance du 22 octobre 1909, p. 27.

¹⁰⁴⁹ PV Com. Topo. CAF. Séance du 27 octobre 1911, p. 28.

¹⁰⁵⁰ VALLOT Henri. Troisième note. *Op. cit.*, p. 384.

L'évolution même de l'emploi des levés photographiques par les Vallot confirme mon hypothèse de leur méconnaissance de cette méthode au moment de leur choix initial et définitif. En particulier, la longue phase de mise au point et d'adaptation¹⁰⁵¹ souligne leur ignorance des caractéristiques précises de la méthode Laussedat, relativement inadaptée à l'utilisation qu'ils souhaitaient en faire à l'origine. Concrètement, je considère qu'Henri et Joseph Vallot adoptèrent la méthode des perspectives photographiques *par défaut*, après avoir jugé toutes les autres méthodes insuffisantes. Sans la connaître véritablement, ils justifiaient leur choix par des arguments rationnels de rapidité et de précision qui ne s'appuyaient sur aucun essai détaillé, tout en envisageant les développements et perfectionnements qu'ils pourraient y apporter. Mais, au-delà de leur adhésion à l'idéologie du progrès technique, d'autres raisons implicites justifiaient probablement leur choix.

3.2.1.3. L'ambition d'originalité et la volonté de contrôle d'Henri Vallot.

Selon moi, la décision prise par les cousins Vallot d'utiliser la photographie comme méthode d'intersection n'était pas déterminée par les seuls arguments scientifiques et techniques qu'ils présentèrent toujours dans leurs publications et qui me paraissent insuffisants pour justifier cette solution compte tenu des difficultés initiales, de la longue mise au point, et de l'adaptation nécessaire de la méthode. Je pense que plusieurs raisons moins techniques qu'idéologiques et psychologiques expliquaient ce choix rapide et définitif, notamment l'ambition intellectuelle d'originalité scientifique, dont j'ai déjà souligné l'importance chez Henri Vallot¹⁰⁵², et qui s'exprimait dans le désir des deux hommes de dresser une carte entièrement nouvelle par l'emploi d'une méthode elle aussi entièrement nouvelle.

Mais je pense qu'une deuxième raison justifiait également l'investissement considérable que constituait l'adaptation de la méthode Laussedat aux ambitions topographiques des cousins Vallot : la volonté de contrôle total manifestée par Henri Vallot pour assurer son autorité et son perfectionnisme exacerbé. En effet, l'emploi de levés photographiques déplaçait du terrain au bureau une grande partie des compétences nécessaires à la représentation topographique. Les opérations de terrain étaient relativement simples et rapides, en particulier par rapport aux méthodes d'intersection graphique classiques qui nécessitaient d'être exécutées entièrement sur place. Ainsi, les Vallot pouvaient accélérer les travaux dans des régions difficiles sans avoir besoin, du moins dans un premier temps, d'autres opérateurs qu'eux-mêmes. L'organisation des levés photographiques s'adaptait d'ailleurs particulièrement bien aux conditions de travail en montagne, en diminuant la charge des campagnes estivales de terrain relativement courtes (quatre mois maximum quand les conditions météorologiques le permettaient) au profit de celle des travaux de bureau qui s'étaient potentiellement sur huit mois entiers.

Mais cette organisation avait aussi l'avantage considérable de permettre l'emploi d'opérateurs moins qualifiés, sans que la qualité des travaux n'en soit véritablement altérée. Ainsi, quand la santé de Joseph Vallot l'empêcha d'effectuer les prises de vues photographiques, Henri Vallot engagea d'autres opérateurs : les frères Jean et Louis Lecarme exécutèrent quatre-vingt-sept stations photographiques, Toutain et Cellerier un anecdotique tour d'horizon photographique en 1910, Senouque cinquante-trois stations à partir de 1911, Henri Bregeault vingt-quatre stations, et Charles Vallot cent quatre-vingt-dix stations en moyenne montagne. L'essentiel du travail résidait toujours dans l'exploitation des clichés, la *restitution photographique*, qui resta toujours sous l'entière et l'unique

¹⁰⁵¹ Voir infra, partie 3, chapitre 3.2.2.

¹⁰⁵² Voir supra, partie 2, chapitre 2.3.2.3.

responsabilité d'Henri Vallot : il s'occupait de « tout ce qui [concernait] l'interprétation géométrique ou topographique des épreuves » et ne confiait la partie matérielle des constructions graphiques et les calculs élémentaires qui les accompagnaient, qu'à un seul dessinateur « dont le travail se [trouvait] constamment vérifié par des procédés de contrôle appropriés »¹⁰⁵³.

La méthode des levés photographiques permettait ainsi à un seul homme de maîtriser un maximum de paramètres dans la précision et la qualité de la restitution topographique, à partir de documents rassemblant des données de terrain *a priori* aussi précises et objectives, quel que soit l'opérateur chargé des prises de vue. Elle s'adaptait parfaitement au perfectionnisme un peu dictatorial d'Henri Vallot, qui l'avait aussi poussé, par exemple, à exécuter personnellement une partie des calculs de la triangulation des Alpes dont il avait inspiré l'entreprise à Paul Helbronner¹⁰⁵⁴. L'emprise d'Henri Vallot sur tout le travail de restitution témoignait aussi de la nature artisanale de sa méthode, qui pouvait difficilement être assurée par plusieurs personnes sans risquer de perdre en cohérence.

3.2.2. La longue mise au point de la méthode Laussedat-Vallot.

3.2.2.1. Un nouvel instrument : le phototachéomètre.

En 1894, en même temps qu'ils confirmaient leur choix de la méthode des perspectives photographiques, Henri et Joseph Vallot précisait que « la photographie [était] un art trop nouveau pour que [ils aient] pu l'appliquer sans tâtonnements à une région aussi difficile que celle du Mont-Blanc, surtout eu égard à ce fait que l'instrument *adaptable* à cette région n'existait pas »¹⁰⁵⁵. En effet, leurs premières expérimentations de levés photographiques avaient été menées en 1893 avec un photothéodolite Laussedat de focale 400 mm, produisant des clichés pelliculaires au format 24 x 30 cm, qui s'était révélé totalement inadapté aux conditions d'opération en haute montagne, principalement à cause de son poids et d'une instabilité liée à sa grande taille – Charles Vallot le qualifia plus tard de « monument offert au vent des cimes »¹⁰⁵⁶. Henri Vallot lui reprochait également un manque de précision et d'amplitude, c'est-à-dire d'angle de champ. Le capitaine Javary avait lui-même arrêté de l'utiliser dans ses derniers levés d'essai, pour les mêmes raisons d'encombrement et d'imprécision goniométrique.

Au cours de l'hiver 1893-1894, Henri et Joseph Vallot mirent donc au point un nouvel instrument dérivé du photothéodolite, qu'ils nommèrent *phototachéomètre*¹⁰⁵⁷. Ils le décrivent pour la première fois dans leur deuxième note sur la carte du massif du Mont Blanc, publiée dans l'*Annuaire du Club alpin français* de 1894. Il s'agissait d'un théodolite à cercle azimutal répétiteur sur lequel pouvait s'adapter soit une alidade holométrique pour la triangulation, soit une chambre 13 x 18 cm de focale 150 mm pour le levé photographique :

« basé sur le principe, préconisé par le colonel Laussedat, d'une perspective figurée sur un tableau plan vertical, [...] cet appareil est essentiellement composé de trois parties : la première est la base de tout instrument géodésique,

¹⁰⁵³ VALLOT Henri. Troisième note. *Op. cit.*, p. 385-386.

¹⁰⁵⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 1.3.1.

¹⁰⁵⁵ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note. *Op. cit.*, p. 5.

¹⁰⁵⁶ VALLOT Charles. Un portrait du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 99.

¹⁰⁵⁷ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note. *Op. cit.*, p. 5.

comprenant triangle, niveau, déclinatoire et cercle horizontal divisé permettant d'apprécier le centigrade et de répéter les angles [un cercle azimutal répétiteur] ; la seconde, qui peut se fixer à volonté sur la première, n'est autre que l'éclimètre holométrique du colonel Goulier, avec lunette grossissant douze fois, et réticule divisé, permettant de mesurer les angles zénithaux à un centigrade près et de se servir de l'instrument avec une stadia [une alidade holométrique] ; il remplit donc à la fois le rôle de théodolite (pour la triangulation de la région intraglacière) et de tachéomètre. La troisième partie, qui, pour les opérations photographiques, peut se substituer à l'éclimètre, est une chambre noire entièrement métallique, construite en aluminium, et donnant des clichés de 0,13 m sur 0,18 m. Elle est à foyer fixe, et porte un objectif de 0,15 m de longueur focale [une chambre photographique 13 x 18 cm de focale 150 mm] ; celui-ci, monté à baïonnette, peut prendre, sur une même verticale, trois positions différentes, qui permettent de déplacer la ligne d'horizon de telle sorte que les pics les plus élevés puissent être mis en plaque, aussi bien que les fonds les plus bas. Un dispositif spécial divise automatiquement le panorama en sept plaques. Cet appareil est d'une grande stabilité, et peut même être employé par un vent assez fort ; il se place sur un pied articulé très robuste, pourvu de la calotte sphérique du Génie, qui rend très rapide la mise en station. La dimension restreinte des clichés permet, sans emporter une charge excessive, d'employer des plaques de verre, qui donnent plus de garantie de précision que les pellicules. La grande finesse des épreuves autorise à prendre des mesures sur le verre par transparence, sous un grossissement d'au moins deux fois, ce qui correspond à 0,30 m au moins de foyer, et autorise à faire usage du levé photographique jusqu'à une distance de 6 000 à 8 000 mètres. »¹⁰⁵⁸

Le phototachéomètre, son pied, la caisse de transport et les trente-six plaques prévues pour une journée de travail pesaient dix-huit kilogrammes, une charge raisonnable par rapport au photothéodolite Laussedat ou à certains instruments utilisés par le Service géographique de l'armée. Grâce au développement des techniques photographiques, les prises de vues sur le terrain étaient beaucoup moins problématiques dans les années 1890 qu'au moment des premiers essais de Javary dans les années 1860. En particulier, les procédés à plaques et même à films étaient devenus très fonctionnels, et les formules optiques limitaient suffisamment les déformations. Au niveau des instruments topographiques, les cousins Vallot profitèrent également des progrès effectués au Dépôt des fortifications par Goulier et de la Noë. Finalement, avec la mise au point du phototachéomètre, les opérations de terrain constituaient la partie la moins problématique du procédé de levé photographique employé par les Vallot, et l'effort méthodologique d'Henri se focalisa donc sur la restitution des clichés.

3.2.2.2. La simplification graphique.

En même temps que la mise au point du phototachéomètre, Henri Vallot avait décidé de simplifier l'application de la méthode Laussedat au bureau. Les véritables difficultés pratiques résidaient en effet moins dans les opérations de terrain que dans la restitution des photographies, qui nécessitait de nombreux calculs et de délicates constructions graphiques. Bien qu'Henri Vallot ait toujours revendiqué sa fidélité à la méthode graphique

¹⁰⁵⁸ *Ibid.*, p. 5-6.

employée par Laussedat et Javary, dont il affirma avoir seulement fait une « mise au point », et la proximité de son approche avec celle d'Edouard-Gaston Deville, ancien officier de la marine française devenu chef du Service topographique canadien et auteur d'un manuel sur les levés photographiques¹⁰⁵⁹, son adaptation donna naissance à une méthode originale qui fut appelée *méthode Laussedat-Vallot*.

Contrairement aux nombreux calculs effectués par Laussedat ou à l'utilisation d'instruments de restitution complexes envisagée par Deville¹⁰⁶⁰, Henri Vallot préconisa toujours des instruments simples, « la règle à dessin, [...] la règle à calculs, et [...] quelques "bouts de carton" », et le rejet de « l'emploi des calculs numériques et [de] l'usage des instruments coûteux et compliqués qui sont plus ou moins en faveur à l'étranger »¹⁰⁶¹. Pour identifier et déterminer un point, il utilisait entre trois et cinq clichés photographiques sur lesquels étaient mesurées à la loupe l'abscisse et l'ordonnée, dans un système à deux axes dont l'origine se trouvait au foyer focal. Il calculait ensuite l'altitude de ce point grâce aux lois de la perspective, puis le reportait par des constructions graphiques sur un dessin au 1 : 20 000. Finalement, les photographies servaient aussi de façon strictement documentaire à la représentation du rocher à l'effet.

« La définition de la position et de l'altitude d'un seul point résultait au minimum de trois directions graphiques et de dix-huit lectures », et nécessitait « une observation ininterrompue à travers la loupe, une main toujours légère et précise, une attention soutenue »¹⁰⁶², ainsi qu'une grande connaissance du terrain pour identifier les points sur les photographies et reconnaître les lignes caractéristiques à reporter sur le dessin. Pour la carte du massif du Mont Blanc, Henri Vallot restituait une moyenne de soixante-quinze à cent points par kilomètres carrés pour le tracé des courbes, et de cent vingt à cent cinquante points pour le dessin du rocher¹⁰⁶³. Hormis les calculs d'altitude et de mise à l'échelle, toutes les opérations étaient effectuées manuellement par des mesures et constructions graphiques. La connaissance du terrain et l'habileté manuelle nécessaires faisaient de la méthode Laussedat-Vallot, plus encore que la méthode Laussedat dont elle dérivait mais qui multipliait les calculs pour limiter les mesures graphiques, un procédé essentiellement artisanal dans lequel les qualités de l'opérateur jouaient un rôle beaucoup plus important que la formalisation du procédé lui-même.

3.2.2.3. Un perfectionnement continu.

La méconnaissance de la méthode des perspectives photographiques et son inadaptation initiale pour les ambitions topographiques des Vallot se traduisirent de façon révélatrice par une longue période de perfectionnement. Entre les premiers essais de 1893 et les derniers levés de 1923, la méthode utilisée ne cessa d'être modifiée pour répondre au perfectionnisme d'Henri Vallot et à l'évolution de l'exigence cartographique dans la représentation de la haute montagne. Elle ne fut fixée dans ses grandes lignes qu'en 1907, quelques quatorze ans après les premières opérations de terrain, avec la publication

¹⁰⁵⁹ DEVILLE Edouard-Gaston. *Photographic surveying, including the elements of descriptive geometry and perspective*. Ottawa : Impr. du Gouvernement, 1895.

¹⁰⁶⁰ Voir infra, partie 3, chapitre 3.3.1.

¹⁰⁶¹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie*. Op. cit., p. XIV.

¹⁰⁶² PELLETIER Monique. *Photographie et méthodes de lever du relief*. Op. cit., p. 147.

¹⁰⁶³ *Ibid.*

du manuel sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*¹⁰⁶⁴.

Elle connut cependant d'autres perfectionnements postérieurs, focalisés sur un emploi de plus en plus rigoureux pour la carte du massif du Mont Blanc. Charles Vallot écrivait ainsi en 1923 qu'ils avaient « assez récemment [...] envisagé sous son jour définitif, dans sa forme et dans sa précision, la représentation des hautes régions et que, par voie de conséquence, [ils avaient] exigé du procédé photogrammétrique beaucoup plus qu'il ne lui avait été primitivement demandé »¹⁰⁶⁵. Joseph Vallot s'était d'ailleurs opposé à cette recherche de précision plutôt que de rapidité qui avait retardé la réalisation de la carte, défendant l'idée d'« une carte par la photo, c'est-à-dire sans exactitude rigoureuse » et critiquant son cousin « de vouloir péter plus haut que [son] cul »¹⁰⁶⁶ ! Mais Henri, puis après sa mort Charles, continuèrent de chercher une exploitation optimale des possibilités de la méthode graphique, ce qui permit à Emmanuel de Martonne de souligner le « travail énorme » qu'avait demandé aux Vallot le levé et la représentation du massif du Mont Blanc selon une méthode dont la mise au point elle-même avait demandé un investissement considérable¹⁰⁶⁷.

Alors qu'Henri et Joseph Vallot avaient toujours justifié leur choix initial de la méthode des perspectives photographiques par des arguments rationnels de rapidité et de précision, la méthode Laussedat-Vallot n'atteignit une certaine efficacité que tardivement, après la laborieuse amélioration instrumentale et méthodologique effectuée par Henri Vallot. Parmi les raisons de son choix qu'avancèrent les Vallot, seule la rapidité d'exécution *sur le terrain* fut validée, mais seulement après plusieurs années de formalisation. Même si Henri Vallot tenta toujours d'accroître la précision de la restitution, les méthodes graphiques adoptées ne démontrèrent jamais définitivement leur supériorité ou même leur équivalence avec les méthodes traditionnelles d'intersection. Le développement de la méthode Laussedat-Vallot constitue ainsi un parfait exemple du modèle d'évolution, notamment décrit par David Edgerton¹⁰⁶⁸, dans lequel une technique est adoptée pour des arguments soi-disant rationnels, mais non prouvés, et ne devient véritablement efficace que par des perfectionnements successifs liés à l'usage, qui finissent *parfois* par prouver *a posteriori* les arguments rationnels initialement avancés.

3.2.2.4. Une simplification pour les autres membres de la Commission de topographie.

Paradoxalement, en même temps qu'il exigeait pour sa carte du massif du Mont Blanc une précision de plus en plus grande dans la restitution photographique, Henri Vallot soutenait la simplicité de sa méthode graphique « si l'on [était] pas trop exigeant sous le rapport de la précision et si l'on [avait] pris la précaution d'approprier l'appareil photographique dont on se [servait] à son usage topographique, par quelques dispositifs qui [n'étaient] ni compliqués

¹⁰⁶⁴ VALLOT Henri. *Applications de la photographie. Op. cit.*

¹⁰⁶⁵ VALLOT Charles. Quatrième note sur la carte au 20 000^e du Massif du Mont Blanc. *Revue Alpine*, 1^{er} trimestre 1923, 24, 1, p. 13.

¹⁰⁶⁶ Lettre de Joseph Vallot à Henri Vallot en 1920, cité par PELLETIER Monique. Photographie et méthodes de lever du relief. *Op. cit.*, p. 148.

¹⁰⁶⁷ MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique. T.2. [9^e éd.] Op. cit.*, p. 508.

¹⁰⁶⁸ EDGERTON David. De l'innovation aux usages, dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques. *Annales Histoire Sciences Sociales*, juillet-octobre 1998, 53, n°4-5, p. 815-837.

ni bien coûteux »¹⁰⁶⁹. Pour diffuser leur méthode au sein de la Commission de topographie, les cousins Vallot présentaient dans les *Applications...* deux variations qui reposaient sur les mêmes principes mais n'offraient pas la même précision : la première faisait appel à des instruments complexes, notamment le phototachéomètre, alors que la deuxième employait des appareils photographiques classiques et des instruments topographiques simples, comme la règle à éclimètre.

L'investissement d'Henri Vallot dans une longue mise au point de la méthode des levés photographiques s'explique également par son implication dans la Commission de topographie : il désirait proposer aux membres de la Commission une méthode simple et rapide sur le terrain, demandant des stations relativement courtes mais permettant d'obtenir des résultats satisfaisants au point de vue de la précision, pour une exploitation décalée des données, envisageable pendant les mois d'hiver et loin des régions montagneuses que la plupart des membres ne fréquentait que quelques semaines en été. Les limites et les exigences de la méthode n'étaient pas jugées problématiques pour des opérateurs qui connaissaient bien les régions levées et ne cherchaient pas une précision extrême dans la représentation de zone qu'aucune carte à grande échelle ne couvrait encore.

3.2.3. Une utilisation limitée aux seules topographes-alpinistes.

Dans son activité de prosélytisme technique à l'intérieur de la Commission de topographie¹⁰⁷⁰, Henri Vallot imposa sa méthode simplifiée de levé photographique, qui connut un développement rapide parmi les membres : certes, il donna à plusieurs occasions une vision déformée de la diffusion de cette méthode. En particulier, quand il affirmait en 1906 que, pour habiller son canevas géodésique, « le topographe alpiniste [disposait] des procédés photographiques, qui lui [étaient] familiers, qu'il [avait] constamment à sa disposition et auxquels il [avait] recours le plus volontiers, parce qu'il s'en [servait] aisément et presque sans dépense supplémentaire, ni éducation préalable »¹⁰⁷¹, Henri Vallot tenait plus du prédicateur transformant son désir en constat à des fins de propagande, que de l'observateur critique. Non seulement, une « éducation préalable » semblait plus que nécessaire au vu de la production passée et à venir d'Henri Vallot en matière de manuels et d'articles expliquant sa méthode, mais les applications concrètes ne se généralisèrent jamais dans les travaux des membres de la Commission.

Pour mesurer la diffusion des levés photographiques, j'ai effectué un comptage des travaux signalés dans les procès-verbaux de la première Commission de topographie (1903-1914), toutes régions confondues (tableau 15). Avant 1907 et la publication des *Applications...*, les membres avaient effectivement commencé à utiliser la méthode d'Henri Vallot dans neuf projets sur vingt-deux, soit environ 40,9 %, et *prévoient* seulement de le faire dans quatre autres projets, soit 18,2 %. Après 1907, dix-neuf entreprises en cours sur vingt-huit étaient exécutées avec cette méthode, soit 41,3 %. Même si dans la majorité de leurs travaux, les membres *envisageaient* d'exécuter des levés photographiques, la proportion de réalisation effective resta toujours à peu près égale à celle des travaux « classiques ». Le prosélytisme technique d'Henri Vallot dissimula remarquablement ce fait, appuyé en cela par la focalisation des instances dirigeantes du CAF et des spécialistes de

¹⁰⁶⁹ VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie*. Op. cit., p. 39-40.

¹⁰⁷⁰ Voir supra, partie 3, chapitre 1.2.

¹⁰⁷¹ VALLOT Henri. La nouvelle carte de France au 50.000^e. Op. cit., p. 228-229.

la cartographie – mais pas de tous les alpinistes eux-mêmes – sur ce que j’ai appelé les « grands œuvres » de la Commission¹⁰⁷².

Tableau 15 : Utilisation de la méthode Laussedat-Vallot dans les travaux des membres de la Commission de topographie du CAF, entre 1903 et 1914*.

	1903-1907		1908-1914	
	Effectifs	Pourc.	Effectifs	Pourc.
Pas d’utilisation de la photographie	9	40,9 %	18	39,1 %
Utilisation envisagée de la photographie	4	18,2 %	9	19,6 %
Utilisation effective de la photographie	9	40,9 %	19	41,3 %
Total	22	100 %	46	100 %

* La date de 1907 a été choisie parce qu’elle correspond à la publication du manuel d’Henri et Joseph Vallot sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*.

D’un point de vue qualitatif, à l’exception des descriptions des travaux des Vallot dans le massif du Mont Blanc, les références à l’utilisation de la photographie restaient très vagues avant 1907 : elles évoquaient des « stations photographiques » ou des « tours d’horizon photographiques et à la règle à éclimètre », qui permettaient d’envisager des restitutions qui n’étaient pas toujours réalisées. Entre 1907 et 1911, les descriptions se firent beaucoup plus précises : la première occurrence du terme « restitution photographique » apparut dans le procès-verbal de la séance du 20 novembre 1908 à propos des travaux de Flusin dans le massif des Grandes Rousses, puis se retrouva dans les descriptions des travaux de Schrader, Heïd, Engelbach ou Perret. En même temps que la technique entrait véritablement dans l’usage, le vocabulaire se précisait et se fixait. Enfin, après 1911, les précisions se firent de moins en moins nombreuses, témoignant d’une familiarité plus grande avec la méthode qui ne justifiait plus de descriptions détaillées. Selon moi, ce n’est probablement pas une coïncidence si ce fut cette même année qu’Henri Vallot exposa enfin clairement les limites de sa méthode et la nécessité du complètement à la planchette : non seulement les membres disposaient enfin d’une connaissance technique et pratique qui permettait d’aborder ce sujet précis, mais surtout l’assise de la méthode était suffisamment assurée pour ne pas risquer d’en enrayer la diffusion.

A l’exception de cette pratique répandue au sein de la Commission de topographie du CAF et auprès de certains topographes proches de celle-ci comme Flusin, je n’ai trouvé aucun autre exemple d’utilisation de la méthode Laussedat-Vallot. Bien que certains auteurs, en particulier des membres du CAF, aient vu dans le développement des levés photographiques au SGA une influence de la Commission, la méthode Laussedat-Vallot prônée par celle-ci, qui restait dans ses deux variantes essentiellement artisanales, différait radicalement de la méthode stéréotopographique qu’adopta le SGA, basée sur une mécanisation de la restitution qui s’était développée à l’étranger.

3.3. Le SGA et la mécanisation de la restitution photographique, prélude à l’industrialisation des levés topographiques.

Jusqu’au début du 20^e siècle, la métrophotographie n’avait été appliquée à la topographie que pour le levé de reconnaissance de régions étendues qu’aucune carte à grande ou

¹⁰⁷² Voir supra, partie 3, chapitre 1.3.

moyenne échelle ne couvrait encore (Etats-Unis, Canada, Russie), ou pour le levé de zones inaccessibles de surface réduite dans des opérations détaillées (Suisse, Italie, France avec les Vallot dans le massif du Mont Blanc). Le principal obstacle au développement de ces applications restait la laborieuse phase d'exploitation des photographies, la *restitution*, pour laquelle de nombreux calculs et constructions graphiques complexes étaient nécessaires.

A la fin du 19^e siècle, au Canada, Deville avait déjà identifié cet obstacle et proposé une piste de recherche dans la mise au point d'un instrument permettant de mécaniser, au moins partiellement, les opérations de restitution¹⁰⁷³. Au cours de la première décennie du 20^e siècle, une recherche technologique active aboutit à la mise au point des premiers procédés mécaniques de restitution, en Allemagne, en Suisse et au Canada : basés sur la stéréophotographie, ils concrétisaient partiellement l'orientation industrielle des levés topographiques déjà envisagée dans les levés de précision. En opposition avec la méthode expérimentée par Laussedat et Javary et avec sa simplification graphique par Henri Vallot, le Service géographique de l'armée commença à exécuter des levés photographiques seulement après qu'un instrument ait permis de mécaniser la restitution des clichés, puis les généralisa dans les régions montagneuses après la première guerre mondiale.

3.3.1. Les procédés mécaniques de restitution photographique et les débuts de l'automatisation des levés topographiques.

3.3.1.1. La stéréotopographie.

En même temps qu'Henri Vallot simplifiait l'utilisation de la méthode Laussedat en privilégiant les constructions graphiques, des recherches étaient menées sur la possibilité de mécaniser le processus de restitution des clichés photographiques, dans des pays comme l'Allemagne, la Suisse ou le Canada, qui avaient adopté assez rapidement, et pour des raisons très différentes, la photogrammétrie.

Toutes les solutions envisagées reposaient sur l'emploi de clichés stéréophotographiques, des vues jumelées prises avec la même orientation depuis les extrémités d'une base, qui donnaient une impression de relief quand elles étaient observées simultanément avec un binoculaire. A cause de la distance des éléments à positionner, l'utilisation topographique de la stéréophotographie, parfois appelée *stéréotopographie*, nécessitait l'emploi d'une base bien plus longue que pour les applications architecturales, de cent à mille mètres¹⁰⁷⁴. L'emploi du photothéodolite permettait d'effectuer la prise de vue et de déterminer en même temps les coordonnées, la direction et la longueur de la base par les méthodes classiques : détermination des angles au théodolite, à partir de points connus du canevas géométrique, et mesure de la longueur de la base par stadimétrie.

La méthode de restitution reposait sur les principes énoncés par Laussedat, mais elle était singulièrement simplifiée par l'utilisation de clichés stéréoscopiques. En effet, les lois de la perspective permettaient de calculer directement les coordonnées et l'altitude d'un point présent sur les deux clichés à partir des mesures de la parallaxe stéréoscopique, « c'est-à-dire la différence des abscisses des deux images du point M par rapport aux centres des deux clichés », et de « l'ordonnée de l'une d'elle par rapport à l'horizontale passant par le centre du cliché intéressé »¹⁰⁷⁵. La stéréotopographie présentait des avantages

¹⁰⁷³ DEVILLE Edouard-Gaston. *Photographic surveying*. Op. cit.

¹⁰⁷⁴ Le SGA. Op. cit., p. 154.

¹⁰⁷⁵ *Ibid.*.

considérables. Tout d'abord, l'emploi de couples de clichés d'orientation exactement identique réduisait ainsi à deux le nombre de photographies nécessaires pour la restitution d'un point. Ensuite, l'impression de relief donnée par l'observation binoculaire facilitait l'identification des points importants, en particulier pour les opérateurs ne connaissant pas bien le terrain. Enfin, « la stéréoscopie [ouvrait] la voie à une solution instrumentale du problème »¹⁰⁷⁶ de la complexité de la méthode graphique de Laussedat.

3.3.1.2. Le stéréocomparateur, premier instrument de restitution mécanique.

La symétrie des vues stéréophotographiques prises dans la même direction permettait d'envisager de mécaniser les mesures effectuées sur les clichés. Au tournant du 20^e siècle, la recherche technologique sur les levés photographiques s'orienta très nettement vers la mise au point d'une telle solution instrumentale. Selon les auteurs, l'invention du premier instrument de restitution mécanique est attribuée à Deville au Canada ou au docteur Pulfrich en Allemagne. Deville avait envisagé dès 1895 « le principe d'un appareil de stéréophotogrammétrie appliqué au tracé des courbes de niveau »¹⁰⁷⁷ dans son ouvrage *Photographic surveying*, mais il n'avait construit cet appareil qu'en 1902. Pulfrich avait entre temps mis au point en 1898 un télémètre stéréoscopique, consistant en deux chambres photographiques fixées aux extrémités d'une courte base, sur le principe duquel il avait construit la première version de son *stéréocomparateur*.

« En déplaçant les clichés au moyen des volants [de] l'appareil de façon à obtenir le contact stéréoscopique entre une marque repère, vue dans la lunette binoculaire, et le point du terrain [à] restituer »¹⁰⁷⁸, le stéréocomparateur permettait « de mesurer sur les photographies les données utilisées à leur restitution »¹⁰⁷⁹, c'est-à-dire à leur situation dans l'espace : l'écartement du point avec l'axe de la vue, qui donnait la direction du point ; la parallaxe stéréoscopique qui donnait son éloignement de la station ; sa hauteur au-dessus de l'horizontale qui donnait son altitude. Le principal avantage de cet instrument était de ne pas nécessiter de connaissance particulière du terrain à restituer : lorsque la marque repère semblait toucher un point du relief, par l'effet optique de la stéréoscopie, il était possible de le restituer sans avoir besoin de l'identifier, contrairement à la méthode Laussedat classique qui obligeait à reconnaître le point à restituer sur chacune des photographies utilisées avant d'effectuer les mesures. Un stimulus visuel direct remplaçait ainsi un processus cognitif complexe.

Le succès du stéréocomparateur fut particulièrement important en Europe, où il connut plusieurs déclinaisons avec Fourcade (1901), Capetownl, ou Von Hübl (1903)¹⁰⁸⁰. Mais les manipulations étaient longues et fastidieuses et réclamaient une attention soutenue, tandis que les calculs restaient encore nombreux et laborieux. Ces contraintes expliquent son rejet par des topographes comme Henri et Joseph Vallot qui connaissaient suffisamment le terrain couverts par leurs levés photographiques pour ne pas rencontrer systématiquement des problèmes d'identification. Mais dans la perspective de levés plus importants, elles s'avéraient insignifiantes par rapport à la possibilité de confier la restitution à un opérateur ne connaissant pas le terrain parce qu'il n'avait pas lui-même effectué les

¹⁰⁷⁶ MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. T.2. [9^e édition] *Op. cit.*, p. 508.

¹⁰⁷⁷ ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 18.

¹⁰⁷⁸ Le SGA. *Op. cit.*, p. 154.

¹⁰⁷⁹ PERRIER Général. *Les progrès...* *Op. cit.*, p. 138.

¹⁰⁸⁰ ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 18.

levés photographiques. A l'époque même où le taylorisme se développait dans les pays industrialisés, cette possibilité permettait d'envisager une division plus marquée du travail topographique, que Laussedat lui-même appelait de ses vœux dès 1865¹⁰⁸¹, et l'emploi d'« ouvriers spécialisés » sans compétence topographique particulière, une tentation dont j'ai déjà souligné l'importance dans l'instrumentation des levés de précision¹⁰⁸². Dans la première décennie du 20^e siècle, les recherches s'orientèrent donc vers la simplification et l'automatisation de l'utilisation des instruments de restitution.

3.3.1.3. Le stéréoautographe, entre automatisation et pratique artisanale.

Même avec le stéréocomparateur, la méthode stéréotopographique ne permettait de gagner du temps que dans les opérations de terrain, et elle n'était rentable que dans les situations particulières où la difficulté ou l'urgence du travail de terrain justifiait un accroissement du travail de bureau. Son développement reposait donc essentiellement sur l'accélération du processus de restitution. Dans ce domaine, l'innovation majeure fut la mise au point, en 1907, d'un nouvel instrument de restitution par le lieutenant Von Örel de l'Institut géographique militaire de Vienne : le *stéréoautographe*.

Cet appareil complétait le stéréocomparateur, puisqu'il permettait « la résolution mécanique des formules géométriques qui donnent les coordonnées des points restitués, en partant des éléments fournis par le stéréocomparateur »¹⁰⁸³. En pointant les différents points caractéristiques des lignes planimétriques sur l'instrument de Pulfrich, l'opérateur obtenait avec le stéréoautographe le tracé continu et mécanique de ces lignes. Ce procédé pouvait être adopté pour le tracé des courbes de niveau. L'altitude de chaque point était indiquée par un curseur qui se déplaçait sur une règle divisée. Ce curseur pouvait être immobilisé, de telle sorte que tous les points pour lesquels était obtenu le contact stéréoscopique avec l'index mobile se trouvent à la même altitude. Le stéréoautographe traçait alors mécaniquement et de façon continue la courbe de niveau pour cette altitude. La précision des points déterminés et donc du tracé atteignait deux à trois mètres en position et en altitude, ce qui se révélait satisfaisant pour une échelle comme le 1 : 20 000 puisqu'elle ne dépassait pas la tolérance graphique du quart du millimètre¹⁰⁸⁴.

Dans son principe, le stéréoautographe permettait donc une certaine « automatisation » du tracé des lignes planimétriques et des courbes de niveau, qui accélérât considérablement les opérations de restitution et améliorerait la précision du dessin topographique en résultant. Non seulement il supprimait les calculs fastidieux et les constructions graphiques complexes nécessaires à la détermination des points, qui ralentissaient la restitution, mais en accélérant et simplifiant celle-ci, il permettait également de baser le tracé sur un beaucoup plus grand nombre de points restitués.

Cependant, l'automatisation obtenue grâce au stéréoautographe était en fait très limitée. D'une part, elle ne concernait qu'une partie du processus cartographique. L'instrument ne faisait que tracer des lignes à partir d'une série de points définis et pointés successivement par l'opérateur. La majeure partie des opérations des levés photographiques n'était pas concernée par cette automatisation : le choix des bases

¹⁰⁸¹ LAUSSEDAT Aimé. *Compte-rendu sommaire des expériences de photographie appliquée... Op. cit.*

¹⁰⁸² Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.

¹⁰⁸³ *Le SGA. Op. cit.*, p. 154.

¹⁰⁸⁴ GENDRE Commandant F. Travaux du Service Géographique de l'Armée dans les Alpes en 1923 et 1924. *La Montagne*, 21, 181, avril 1925, p. 99.

photographiques, la réalisation des clichés sur le terrain, leur développement au laboratoire, le dessin du rocher, entre autres, formaient autant de phases encore artisanales où la compétence et l'expérience de l'opérateur étaient fondamentales pour obtenir toute la précision possible de la méthode stéréotopographique. D'autre part, le fonctionnement même du stéréoautographe n'était que peu automatisé. Son maniement particulièrement complexe, le choix des points caractéristiques pour les lignes à restituer, la gestion des imperfections et des lacunes des photographies (angles morts, flous, etc.), nécessitaient des opérateurs compétents en topographie et limitaient l'accélération de la restitution. Dans la pratique, il s'agissait donc plus d'une *mécanisation* que d'une automatisation, puisque l'essentiel des manipulations restait manuel.

Dans certaines situations, cette mécanisation montrait d'ailleurs de sérieuses limites. Selon les photographies et la compétence du restituteur, 10 à 25 % de la surface ne pouvait pas être restituée et nécessitait des opérations de complètement à la planchette sur le terrain, en particulier pour les fonds de vallée encaissées. Le tracé mécanique des courbes de niveau se révélait aussi problématique, donnant des courbes qui se touchaient ou qui traduisaient mal l'escarpement du terrain, dans des configurations où un topographe compétent aurait effectué un travail de généralisation ou de systématisation pour mettre en valeur la topographie. Ce tracé devait donc être revu par un topographe, à partir des photographies elles-mêmes s'il connaissait suffisamment le terrain, ou dans certains cas plus graves sur le terrain directement, augmentant encore le travail de complètement nécessaire. La méthode stéréotopographique restait donc encore largement artisanale, dans le sens où elle reposait toujours sur le talent des opérateurs plus que sur l'efficacité des instruments.

3.3.1.4. La généralisation des instruments de restitution.

Malgré son coût élevé et son maniement particulièrement difficile, le stéréoautographe connut un grand succès. Son principe fut utilisé dans la plupart des instruments de restitution développés dans la première moitié du 20^e siècle, que ce soit pour l'exploitation de clichés terrestres ou aériens¹⁰⁸⁵. L'emploi d'instruments de ce type se généralisa rapidement dans les levés photographiques, à tel point que l'utilisation des méthodes graphiques devint rapidement négligée, voire méconnue. La plupart des auteurs ne signalait l'utilisation des méthodes graphiques en France que dans les travaux du capitaine Javary et des cousins Vallot. Les levés photographiques de ces derniers étaient d'ailleurs systématiquement présentés comme une œuvre ambitieuse et titanique, réalisée avec une qualité qui forçait l'admiration, mais avec des techniques que ces auteurs jugeaient presque préhistoriques. Emmanuel de Martonne, partisan enthousiaste des instruments de restitution qu'il considérait comme le principal facteur du développement de la photogrammétrie¹⁰⁸⁶, écrivit même en 1948 que ces appareils avaient notamment servi à établir « des levés de haute montagne, mis en train par des initiatives privées, en vue de favoriser l'alpinisme et la recherche scientifique »¹⁰⁸⁷, alors même qu'ils ne furent jamais utilisés en France par des topographes indépendants. Cette assimilation hâtive de la méthode Laussedat-Vallot à la restitution mécanisée était d'autant plus problématique qu'Henri Vallot lui-même s'était

¹⁰⁸⁵ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

¹⁰⁸⁶ La « photogrammétrie, préconisée depuis un siècle par Laussedat, s'est imposée à partir du moment où des instruments ont permis d'effectuer automatiquement la restitution (opérations longues et minutieuses par lesquelles la carte est construite d'après les photographies). » MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. T.2. [9^e édition] *Op. cit.*, p. 508.

¹⁰⁸⁷ MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 69.

toujours opposé à l'emploi d'appareils coûteux et complexes pour privilégier une méthode abordable tant financièrement que techniquement par les topographes-alpinistes. De fait, l'utilisation d'instruments pour restituer des levés photographiques des régions de haute montagne française se développa exclusivement dans les opérations de la carte de France menées par le Service géographique de l'armée, d'abord expérimentalement entre 1910 et 1914, puis régulièrement au cours des années vingt.

3.3.2. L'adoption de la stéréotopographie au SGA.

3.3.2.1. Une méthode rejetée jusqu'en 1910.

Créée pour expérimenter la méthode Laussedat, la Brigade d'étude photographique ne fut jamais reformée après sa suppression provoquée par la guerre de 1870. Les différents essais qu'elle avait menés n'avaient concerné que des plans à des échelles supérieures au 1 : 10 000, et les maigres ressources du Dépôt des fortifications, puis de la Brigade des levés de précision au sein du Service géographique de l'armée, furent consacrées en priorité aux levés des plans directeurs dans les régions de l'est de la France. La méthode des levés de précision¹⁰⁸⁸ semblait suffisamment satisfaire les besoins militaires en terme d'efficacité, de rendement et de précision, pour qu'il ne soit pas envisagé de reprendre des expérimentations qui, si elles avaient été concluantes du point de vue qualitatif, avaient également montré la longueur des opérations nécessaires à la restitution des photographies.

Jusqu'au début du 20^e siècle, le credo topographique du Service géographique de l'armée était que pour les zones accessibles, les levés directs restaient plus simples à mettre en œuvre de façon systématique, et que pour les zones inaccessibles, les procédés classiques d'intersection suffisaient à une représentation qui n'avait pas besoin d'être trop détaillée. Comme nous l'avons vu¹⁰⁸⁹, si la brigade des Alpes eut très ponctuellement recours à l'orographe dans certaines régions jugées favorables au procédé perspectif, les textes officiels assuraient que les levés directs étaient privilégiés dans la plus grande partie possible des surfaces couvertes. Les photographies n'étaient utilisées que dans un but documentaire, pour aider à la représentation du terrain, et en particulier du rocher, lors de la mise au net au bureau.

Le rapport d'activité de 1903 donne un exposé particulièrement claire de la position du SGA par rapport aux levés photographiques :

« Nulle part jusqu'à présent, dans la région dont nous parlons [les Alpes], il n'est apparu qu'on aurait trouvé avantage à faire appel à la photogrammétrie. Ce n'est pas ici le lieu de mettre en balance dans une discussion théorique ses mérites et ses défauts. Du moins convient-il de déclarer, en toute impartialité, que le nombre des cas rencontrés qui eussent pu lui être propices a paru assez restreint, et qu'on en a constaté au contraire une notable quantité où elle eût été manifestement, soit impraticable, soit non praticable : car il faut considérer comme rédhitoires en topométrie les cas où la somme de travail qu'exige un procédé est hors de proportion avec le résultat qu'on a besoin d'obtenir. L'expérience des conditions de travail propres à la topographie à grande échelle en montagne, exécutée en quelque sorte industriellement comme

¹⁰⁸⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 4.

¹⁰⁸⁹ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.2.3.

c'est le rôle d'une brigade topographique, ne porte point à penser que le levé par la photographie, avec sa complexité d'organisation, ses sujétions de toute sorte et ses cas d'impuissance, eût fourni, en l'espèce, des résultats supérieurs comme homogénéité dans la précision utile, fidélité dans le rendu topoplastique, simplicité dans les moyens mis en œuvre, régularité de marche du travail, utilisation du personnel et du temps. »¹⁰⁹⁰

En insistant sur des problématiques explicitement qualifiées d'industrielles, en particulier la complexité de mise en œuvre de la photogrammétrie, ce texte souligne l'influence potentielle des instruments de restitution dans l'analyse et la position du SGA. D'ailleurs, celui-ci ne reprit les expérimentations de levés photographiques qu'une fois qu'il disposa d'un stéréocomparateur.

3.3.2.2. Les expérimentations alpines de 1910-1914.

La focalisation sur l'opposition franco-allemande en matière scientifique et technique joua – encore une fois – un rôle fondamental dans le développement de la photogrammétrie au Service géographique de l'armée. Le stéréocomparateur et le stéréoautographe avaient tous deux été mis au point par des chercheurs germanophones. Présentés dans des expositions internationales, ils avaient connu une diffusion relativement importante en Europe. Pourtant, ce ne fut qu'assez tardivement, en 1910, que le SGA commença à s'intéresser véritablement à la restitution mécanique. Cette année-là, une mission officielle composée du colonel Vidal, chef de la section de topographie, du lieutenant-colonel Jardinet, chef du service des reproductions et tirages, et du capitaine Perrier de la section de géodésie, fut envoyée pour « étudier l'organisation et le fonctionnement du bureau central de la photogrammétrie dont [l'] attaché militaire [français] à Berlin avait signalé la création à la Landesauhnahme prussienne. [Elle] y vit fonctionner le stéréocomparateur du Dr Pulfrich et se rendit compte de la facilité et de la précision fournies par cette appareil pour la restitution des vues stéréophotogrammétriques »¹⁰⁹¹.

Dès le retour de cette mission, le SGA décida rapidement « l'achat des instruments du Dr Pulfrich et l'essai de la stéréophotogrammétrie, pendant la campagne de 1911, pour les levés au 20.000^e de la région glaciaire du Pelvoux »¹⁰⁹². Le choix d'expérimenter la méthode dans une région montagneuse répondait à l'avis partagé par tous les spécialistes que la photogrammétrie était particulièrement adaptée aux régions accidentées. Il s'agissait aussi des seules régions françaises où les brigades du SGA recouraient aux méthodes perspectives, les procédés topographiques classiques fonctionnant de façon tout à fait satisfaisante dans les régions peu ou moyennement accidentées. Sur ces raisons méthodologique et géographique se greffaient des raisons stratégiques, la focalisation sur la frontière orientale, et concurrentielle, les levés photographiques des topographes-alpinistes, qui militaient pour le choix des Alpes comme laboratoire d'expérimentation photogrammétrique pour le SGA. Ainsi, entre 1911 et 1913, l'officier d'administration du génie Coulon exécuta seul des essais de levés photographiques dans l'Oisans, puis en 1914 sur le versant ouest du massif du Mont Blanc, ces derniers levés étant interrompus

¹⁰⁹⁰ Rapp. SGA 1903, p. 13-14.

¹⁰⁹¹ Rapp. SGA 1911, p. 40.

¹⁰⁹² *Ibid.*.

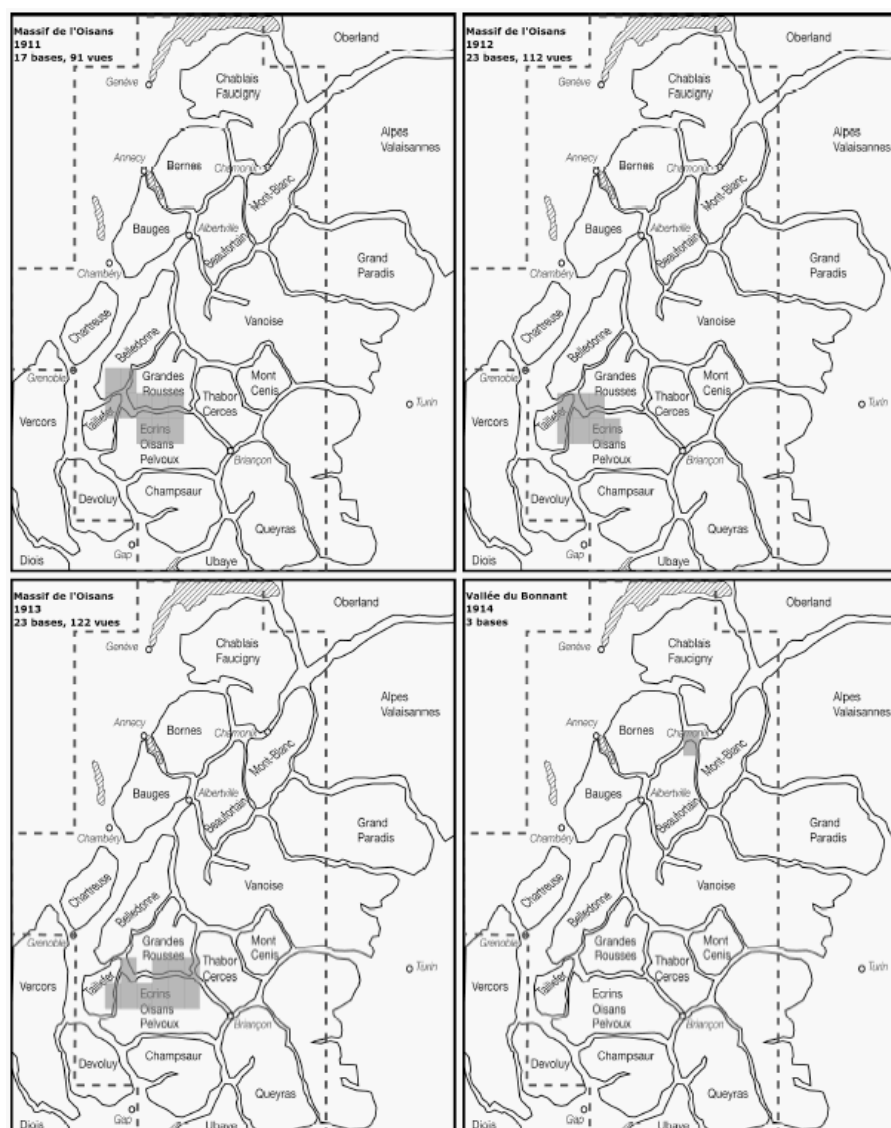
par la guerre¹⁰⁹³ : si la difficulté de parcours de ces régions justifiait en partie leur couverture par des levés photographiques, leur succès touristique et leur cartographie privilégiée par les topographes indépendants participaient probablement aussi à ce choix (carte 21).

La nouveauté et la méconnaissance de la méthode stéréotopographique expliquent le contenu très détaillé des rapports annuels du SGA au sujet des essais menés dans l'Oisans. Toutes les étapes des opérations y furent minutieusement décrites, détaillant jusqu'au système adopté pour la numérotation des plaques photographiques¹⁰⁹⁴. Le texte insistait sur la difficulté des opérations de terrain, à cause du mauvais temps et du parcours délicat des zones à photographier – comme pour tous les travaux déjà effectués dans les Alpes –, mais aussi du poids de l'équipement à transporter et de la taille réduite de l'équipe : l'officier responsable des essais ne disposait en effet que d'un à deux guides, de quatre ou cinq aides topographes, et d'un ou deux mulets, selon les années.

¹⁰⁹³ Menés dans les environs des Contamines et de Saint-Gervais, ces levés furent interrompus en juillet 1914 alors que seules trois stations sur les trente prévues avaient pu être effectuées. Les opérations ne furent finalement jamais reprises dans leur objectif initial d'expérimentation méthodologique : la région de Saint-Gervais ne fut couverte par des levés photogrammétriques terrestres que tardivement à la fin des années trente, en complément de levés aériens.

¹⁰⁹⁴ Rapp. SGA 1911, p. 40-44.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).



Carte 21 : Essais de levés photographiques du SGA dans les Alpes du nord, entre 1911 et 1914.

Le processus des levés photographiques s'intégrait particulièrement bien dans la nouvelle organisation des levés de précision : l'étape de préparation qui précédait les levés proprement dits restait la même quel que soit le procédé de levé employé, et la rédaction cartographique elle-même n'était pas profondément modifiée. Seules les phases intermédiaires variaient. Les essais de levés photographiques du SGA furent menés suivant la procédure suivante :

- prises de vue au photothéodolite (modèle Pulfrich) : à chaque base, l'opérateur déterminait la position de la station et des points de contrôle au théodolite, mesurait la base stéréoscopique par chaînage ou stadimétrie, et prenait des clichés, non seulement stéréoscopiques, mais aussi dans diverses directions pour éviter les angles morts ou servir de documentation pour la représentation du terrain. Les bases faisaient de deux à cinq cents mètres en moyenne, avec une longueur maximale de 874 mètres ;

- opérations de laboratoire : elles étaient effectuées par l'officier dirigeant les essais lui-même ;
- restitution : l'officier utilisait le stéréocomparateur avec les vues stéréoscopiques pour déterminer les points intéressants du terrain à représenter, et pour les placer sur la minute de restitution qui portait déjà la projection et les données géodésiques ;
- dessin : l'officier dessinait lui-même les détails et le figuré du terrain dans les mailles du canevas des points restitués, en s'aidant des formes de l'image en relief observée au stéréocomparateur ; des dessinateurs effectuaient ensuite la réduction au 1 : 20 000 et l'assemblage des minutes pour former une coupure complète.

Les opérations de restitution se mirent lentement en place. En 1912, seulement cinq vues purent être restituées avant la campagne d'été, mais avec l'habitude, le rythme augmenta : en juillet 1912, 3 760 hectares avaient été restitués, puis 1 480 d'août à décembre ; en juillet 1913, 1 870 hectares supplémentaires avaient été restitués, puis 580 en novembre et décembre ; enfin, 3 900 hectares de janvier à juillet 1914. En tout, 11 590 hectares furent ainsi restitués pendant la durée des essais avant la guerre. Il restait alors 8 000 hectares couverts par les levés photographiques qui n'avaient pas encore pu être exploités. Toutes ces opérations furent menées avec le seul stéréocomparateur acquis par le SGA. Certains points restitués furent également déterminés par des mesures et calculs trigonométriques : la comparaison des résultats montra pour la position planimétrique une différence inappréciable d'un demi millimètre sur le papier et pour l'altitude une différence inférieure à deux mètres. Confronté au problème des zones invisibles sur les photographies (angles morts, couvert végétal, etc.), le SGA mit en place des opérations de complètement dès 1913, en libérant un officier d'administration de la brigade des Alpes pour effectuer les levés à la planchette des zones non restituées, qui représentaient environ mille hectares en 1913¹⁰⁹⁵.

3.3.2.3. Un brusque revirement lié à l'affirmation d'une orientation « industrielle ».

Le changement de la position du SGA par rapport aux levés photographiques fut particulièrement rapide. Alors que jusqu'en 1910, il était régulièrement rappelé que la photogrammétrie était trop complexe à mettre en œuvre pour le levé de zones inaccessibles dont la représentation par les méthodes d'intersection offrait un niveau de détail suffisant, le discours tenu en 1912 après les premières expérimentations de 1911 était radicalement différent et particulièrement positif :

« L'essai de photogrammétrie de 1911 a permis de constater qu'on peut obtenir par ce procédé, même aux grandes échelles, des résultats très précis, et en tout cas très supérieurs à ceux que fourniraient des opérations régulières en pays presque inaccessible où l'on serait forcé de représenter le terrain à distance sans le bien voir et sans posséder un canevas suffisant. L'utilité et même la nécessité [c'est moi qui souligne le terme] du levé par la photographie des régions supérieures des hautes montagnes semble donc démontrée. »¹⁰⁹⁶

Malgré la présentation qu'en fit plus ou moins explicitement le SGA, je considère que ce brusque revirement ne peut s'expliquer par la seule « découverte » du stéréocomparateur. L'instrument existait depuis presque dix ans et son principe était bien connu des

¹⁰⁹⁵ Rapp. SGA 1913, p. 54.

¹⁰⁹⁶ Rapp. SGA 1911, p. 44.

topographes européens : son expérimentation tardive par le SGA était moins la cause de ce changement soudain qu'une de ses conséquences. D'ailleurs, cet enthousiasme subit pour la photogrammétrie ne se limitait pas aux seuls procédés de restitution instrumentale. Le SGA envisageait d'effectuer des levés photographiques de reconnaissance à petite échelle, avec des appareils ordinaires plus légers et plus portatifs que le photothéodolite et avec une restitution graphique, alors même qu'il soulignait auparavant la complexité de cette méthode. La restitution instrumentale n'était privilégiée que « pour les levés au 20.000^e en haute montagne, [pour lesquels] il y [avait] intérêt à employer les instruments spéciaux du Dr Pulfrich, photothéodolite et stéréocomparateur, qui [rendaient] la restitution plus facile et plus précise »¹⁰⁹⁷.

Les procédés photogrammétriques adoptés par le SGA étaient très différents de ceux formalisés par Henri Vallot pour les topographes-alpinistes. Pourtant, tout en rappelant que le SGA s'était rallié à la photogrammétrie « grâce à une méthode nouvellement importée de l'étranger », le Club alpin français, à travers son organe officiel *La Montagne*, avouait vouloir « croire [...] que la campagne menée depuis vingt ans par Henri Vallot en faveur de l'emploi des procédés photogrammétriques en haute montagne et ses exemples de levés dans le massif du Mont Blanc, [avaient] enfin porté leurs fruits »¹⁰⁹⁸. Cette interprétation dictée par la fierté associative ne m'apparaît pas plus convaincante que la « révélation du stéréocomparateur », en particulier parce qu'elle sous-estimait l'opposition radicale entre la position d'Henri Vallot, qui refusait catégoriquement l'emploi de tout instrument de restitution, et celle du SGA, qui avait toujours jugé la méthode graphique trop laborieuse à mettre en œuvre.

A mon avis, si l'activité des topographes-alpinistes eut une influence sur l'adoption des levés photographiques par le SGA, ce ne fut qu'indirectement, au travers d'un antagonisme structurel dont nous avons déjà vu les modalités d'expression. S'il se manifestait principalement dans l'opposition entre les cartographies officiel et indépendante, accentuée par la nature symbolique de l'acte cartographique, il était également alimenté par les oppositions entre topographes professionnels et amateurs, et entre productions nationale et locale. Selon moi, ces oppositions favorisèrent l'affirmation des problématiques industrielles qui se développaient au SGA depuis l'instrumentation des levés de précision¹⁰⁹⁹, en particulier dans les Alpes par réaction à la production des topographes-alpinistes. Ainsi, s'il reconnaissait que même avec le stéréocomparateur, le travail de dessin restait long et délicat, en particulier quand la restitution portait sur des régions rocheuses inaccessibles¹¹⁰⁰, le SGA voyait dans cet appareil une réponse instrumentale aux problèmes de complexité de la méthode Laussedat qui s'accordait à ses exigences de rendement pour des levés « exécutés en quelque sorte industriellement »¹¹⁰¹.

Toutefois, si la question du rendement était bien fondamentale pour le SGA – en particulier à un moment où sa situation budgétaire était critique –, cette perception d'un travail presque industriel – plus fantasmé que réel – doit être sérieusement relativisée. L'hétérogénéité des levés exécutés, l'apparition de topographes spécialisés dans les régions montagneuses, les faibles crédits limitant les surfaces levées, témoignaient au

1097

Ibid.

1098 La stéréophotogrammétrie dans le Massif des Ecrins. *La Montagne*, juin 1914, X, 6, p. 354-355.

1099 Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.

1100 Rapp. SGA 1912, p. 52.

1101 Rapp. SGA 1903, p. 14.

contraire d'une pratique encore essentiellement artisanale des levés topographiques, même avec l'instrumentalisation des méthodes instaurée par Goulier et confirmée par le recours au stéréocomparateur pour les essais de levés photographiques. Ces premières expérimentations s'inscrivaient d'ailleurs entièrement dans une telle pratique artisanale : le rôle fondamental joué par les quelques topographes alpins du SGA dans le développement de cette méthode¹¹⁰² montrait l'importance prépondérante de l'expérience du terrain sur les procédés mis en œuvre, c'est-à-dire de la compétence artisanale sur l'organisation industrielle.

3.3.3. La stéréotopographie au SGA dans les années vingt et trente, un procédé complémentaire limité aux régions montagneuses.

3.3.3.1. La rupture de la première guerre mondiale.

Dans le domaine des levés photographiques, la première guerre mondiale constitua une rupture beaucoup plus profonde que dans le domaine institutionnel où elle confirma seulement des tendances antérieures¹¹⁰³. L'exploitation des photographies terrestres et surtout aériennes se développa pour répondre aux besoins de l'artillerie dans une guerre de position où les cibles changeaient souvent de localisation et restaient généralement invisibles. Les progrès faits par l'aéronautique et le nouveau besoin en photographies aériennes provoquèrent le développement des études, puis de l'emploi de la stéréotopographie aérienne¹¹⁰⁴.

Dans la dynamique des travaux exécutés pendant le conflit, le Service géographique de l'armée investit tardivement mais activement le domaine de la photogrammétrie. Ainsi, lors du deuxième congrès de la Société internationale de photogrammétrie, créée à Vienne en 1913 autour des sociétés allemandes et autrichiennes, qui se tint à Zurich en 1930, le SGA exposa non seulement ses nombreux travaux dans le domaine, mais en profita aussi pour réhabiliter la figure du colonel Laussedat en exposant dans la section française des documents historiques et des travaux de l'inventeur reconnu de la photogrammétrie. Illustration révélatrice de ce nouvel investissement du service cartographique français, le congrès suivant se tint à Paris en 1934.

3.3.3.2. Les levés photographiques du SGA dans les années vingt et trente.

L'apparente similitude dans les points de vue de la cartographie et de la photographie aérienne favorisait le développement des levés aériens, mais les difficultés techniques posées par les prises de vue depuis un avion et l'exploitation topographique des clichés, ralentirent leur généralisation et laissèrent pendant presque deux décennies une place pour les levés photographiques terrestres¹¹⁰⁵. Au SGA, la volonté de la nouvelle direction d'accélérer les travaux de la carte de France en partie grâce au développement des procédés photogrammétriques entraîna l'accroissement rapide des zones couvertes par ces procédés au cours des années vingt et trente¹¹⁰⁶.

¹¹⁰² Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.3.

¹¹⁰³ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.

¹¹⁰⁴ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

¹¹⁰⁵ Voir infra, partie 4, chapitre 2.3.

¹¹⁰⁶ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.1.3, graphique 10.

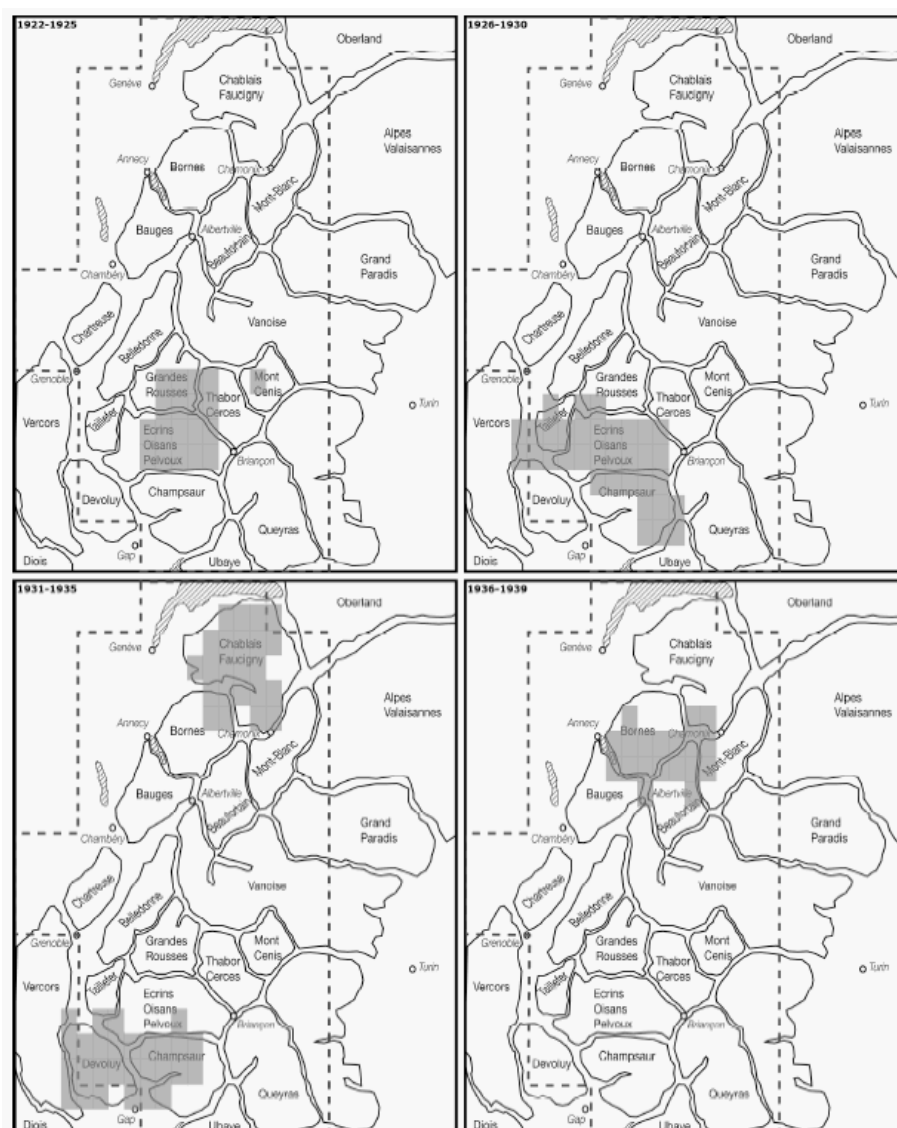
Jusqu'en 1921, aucun nouveau levé photographique ne fut exécuté, mais les photographies prises avant la guerre furent restituées par la Société française de stéréotopographie (SFS), sous le contrôle du service de la photographie du SGA. A partir de 1922, la SFS employa pour la première fois un stéréoautographe Von Örel pour restituer des levés du SGA. Les levés photographiques reprurent en 1922 : d'abord confiés à un seul officier, le capitaine Recordon, détaché des brigades de levés classiques¹¹⁰⁷, ils furent exécutés, à partir de 1926, par des brigades spécialement formées, sous la direction d'officiers compétents, Recordon encore, puis Barrère. Cette même année, le photothéodolite Prédhumeau remplaça peu à peu le modèle Pulfrich employé jusque-là¹¹⁰⁸ : avec l'adoption du stéréoautographe, ce fut la seule modification instrumentale de la méthode expérimentée dès 1911 dans l'Oisans.

Les levés photographiques terrestres du SGA concernèrent d'abord les zones particulièrement difficiles d'accès des massifs de l'Oisans et du Pelvoux où avait été expérimentée la méthode avant la guerre, peu à peu étendues vers le sud aux environs d'Orcières et de Chorges (carte 22). Régions privilégiées d'expérimentation de la stéréotopographie, elles furent couvertes exclusivement par des levés photographiques terrestres (naturellement complétés par des levés locaux à la planchette) qui permirent la publication de cinq feuilles des cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 : St. Christophe-en-Oisans (1932-1934), La Mure (1934-1935), Orcières (1936-1938), Chorges (1938-1939), St. Bonnet (1939-1941)¹¹⁰⁹. Puis, avec le développement de la stéréotopographie aérienne au cours des années trente, la photographie terrestre fut employée dans des zones moins accidentées comme le massif du Chablais ou les environs d'Annecy, en complément des levés aériens dont le rendement n'était pas encore satisfaisant, sans que la répartition des deux méthodes ne repose sur une véritable différenciation des terrains à lever. Ainsi, les feuilles de mon corpus dressés à partir de nouveaux levés exécutés entre 1930 et 1939 exploitaient pour la plupart un mélange de levés stéréotopographiques terrestres et aériens : Thonon (1938-1939), Samoëns (1938-1941), Cluses (1941-1943), St. Gervais (1942-1943) et Chamonix (1949).

¹¹⁰⁷ Recordon dépendait de la 8^e Brigade topographique de levés au 1 : 20 000 dirigée par le chef de bataillon Gendre en 1922, de la 7^e Brigade en 1923 et de la 9^e Brigade en 1924.

¹¹⁰⁸ Rapp. SGA 1926-27, p. 23.

¹¹⁰⁹ Les années données correspondent à l'année d'édition des différentes coupures au 1 : 20 000, publiées plus rapidement que la feuille du 1 : 50 000 couvrant la même région.



Carte 22 : Levés stéréotopographiques terrestres du SGA, entre 1922 et 1939.

3.3.3.3. Un procédé complémentaire et encore artisanal.

L'emploi de la stéréotopographie terrestre resta limité aux seuls levés alpins du SGA. Les spécialistes s'accordaient depuis longtemps à dire que la méthode était particulièrement efficace dans les régions accidentées, d'abord parce qu'elle permettait de lever des zones inaccessibles avec une précision supérieure aux autres méthodes perspectives, ensuite parce que les points de vue élevés et l'étalement plus marqué des plans facilitaient la restitution des clichés. Malgré tout, le SGA avait effectué, « en 1929, des essais de levé par ces mêmes méthodes en régions moins accidentées (Lorraine) [qui] avaient montré qu'elles devenaient désavantageuses quand le terrain [n'offrait] pas de dénivellations suffisantes, permettant des vues étendues »¹¹¹⁰.

D'un emploi finalement très spécifique, la stéréotopographie terrestre ne sortit jamais au SGA d'une utilisation essentiellement complémentaire aux méthodes classiques,

¹¹¹⁰ Le SGA. *Op. cit.*, p. 156.

contrairement aux services topographiques suisses, autrichiens ou italiens qui en avaient développé une utilisation plus systématique dans les années vingt, favorisée par une proportion beaucoup plus importante de régions montagneuses sur leur territoire. Le SGA ne chercha d'ailleurs à améliorer le rendement de la méthode que par un effort d'équipement, rapidement arrêté par l'investissement privilégié dans la photographie aérienne. Si en 1929, il acquit son propre stéréoautographe, l'investissement ne fut jamais renouvelé et cet unique instrument, utilisé par deux équipes, sept heures par jour chacune, ne permit jamais de restituer plus que l'équivalent de la surface d'une feuille au 1 : 50 000 par année. Le SGA continua donc à utiliser les services de la SFS pour la restitution des clichés pris par ses brigades photographiques.

Dans son principe même, la méthode n'avait connu aucun perfectionnement important – autre signe de sa nature complémentaire. Depuis les essais de 1911-1914, les limites de la restitution étaient connues : selon les restituteurs et le terrain levé, 10 à 25 % de la surface n'était pas couverte par la restitution. Des opérations de complément furent donc mises en place au sein des brigades de levés classiques, puis de brigades de complément spécialement dès 1934. De plus, le travail au stéréoautographe donnait dans certaines conditions des courbes accolées ou inexpressives, qui nécessitaient que des zones pourtant couvertes par la restitution soient également révisées et complétées. Enfin, les levés photographiques eux-mêmes nécessitaient de parcourir le terrain et d'atteindre les points élevés qui étaient les plus propices aux bases stéréoscopiques. Même si la division du travail et sa mécanisation partielle participait à un début d'industrialisation des levés topographiques, elle était fortement limitée par toutes ces contraintes qui nécessitaient une succession d'opérations (prises de vues, complément, dessins topographiques) dans lesquelles la connaissance du terrain et les contingences (mauvais temps, lumières, etc.) jouaient un rôle important. La remarquable insertion des levés photographiques dans un processus bien établi qui laissait une place importante à la compétence individuelle, en particulier dans la couverture des régions montagneuses, et la reconnaissance du petit nombre d'officiers spécialisés dans cette méthode pour des compétences qui dépendaient moins des techniques employées que de leur connaissance du terrain, montraient bien à quel point la mise en œuvre de la stéréotopographie terrestre restait artisanale au SGA.

3.3.3.4. Une technique de transition vers l'industrialisation des levés topographiques.

Principalement développée au SGA sous l'influence du développement des levés aériens pendant la première guerre mondiale, la stéréotopographie terrestre resta toujours une technique de complément pour le service officiel. Limitée dans son emploi efficace aux zones montagneuses, elle se trouva très rapidement en concurrence avec la stéréotopographie aérienne qui avait l'avantage non seulement de permettre une coupure plus nette avec le terrain, en ne rendant nécessaire son parcours que pour les phases de préparation et de complément, mais aussi de proposer un angle de vision beaucoup plus proche de la projection horizontale employée en cartographie. Les rares manifestations d'une industrialisation des levés stéréotopographiques terrestres furent d'ailleurs toujours dérivées de l'organisation plus systématique mise en place pour les levés aériens. Ainsi, la création d'un laboratoire de photographie, qui permit d'éviter à l'opérateur ayant effectué les prises de vue terrestre de devoir développer lui-même ses épreuves, fut en fait provoquée par le nombre beaucoup plus important de clichés photographiques que produisaient une mission aérienne.

A mes yeux, la stéréotopographie terrestre constituait, moins dans son principe que dans la façon dont elle fut appliquée au SGA, une technique de transition entre les méthodes classiques formalisées par le colonel Goulier et la généralisation des levés aériens après la deuxième guerre mondiale. Relativement peu développée, elle joua cependant un rôle charnière dans le passage d'une approche artisanale à une approche industrielle, en confirmant une organisation des levés topographiques indépendante des opérations géodésiques instaurée par les levés de précision et en mettant en œuvre les premières tentatives d'automatisation et de division du travail cartographique – des principes repris dans le développement des levés aériens¹¹¹¹.

Conclusion

A peine une décennie après la première présentation de la photographie à l'Académie des sciences de Paris, le colonel du génie Laussedat avait expérimenté ses premières applications à la mesure d'objets distants grâce aux lois de la perspective, créant une discipline qu'il appela *métrophotographie*. Lentement formalisée au cours de la deuxième moitié du 19^e siècle, sa méthode fut notamment appliquée aux levés topographiques au cours de quelques essais menés par le capitaine Javary au sein du Dépôt des fortifications durant les années 1860. Mais la Brigade d'études photographiques fut dissoute au lendemain de la guerre de 1870 et les levés photographiques cessèrent d'être expérimentés par le service cartographique français jusqu'en 1910, alors qu'ils connaissaient un développement parfois important dans des pays comme le Canada, la Russie, l'Allemagne, la Suisse ou l'Italie.

De l'avis de tous les spécialistes – Laussedat compris –, la méthode des perspectives photographiques était particulièrement adaptée aux levés de reconnaissance, pour lesquels la rapidité d'exécution des opérations de terrain était primordiale, ou aux levés détaillés de régions inaccessibles, pour lesquels elle était supposée aussi précise que les méthodes d'intersection classiques. En particulier, les régions de haute montagne, avec leurs points de vue élevés et leurs plans bien détachés, offraient des conditions optimales pour la réalisation de clichés facilement exploitables. Quand Henri et Joseph Vallot décidèrent au début des années 1890 de lever une carte du massif du Mont Blanc en utilisant la méthode de Laussedat, ils justifiaient leur choix par ces deux qualités de rapidité et de précision, mais j'ai montré qu'aucun des deux cousins ne connaissaient pas véritablement la méthode au moment de cette décision. Leur adoption des levés photographiques avait surtout été un choix pragmatique et par défaut de la technique la moins inadaptée à leur ambition de rapidité, de praticabilité en haute montagne et de précision. Ce choix était favorisé par des déterminants moins rationnels mais plus cruciaux, comme l'ambition intellectuelle de réaliser une carte originale jusque dans les méthodes employées, une culture technique dominée par la foi dans le progrès et le désir de participer à celui-ci, ainsi que la volonté malade d'Henri Vallot de contrôler l'ensemble des travaux tout en permettant un levé rapide. Leur méconnaissance de la méthode Laussedat se traduisit par une longue phase de mise au point et d'adaptation à leurs besoins particuliers ; l'importante simplification graphique opérée par Henri Vallot formalisa une méthode originale baptisée *méthode Laussedat-Vallot*. Exposée en 1907 dans un manuel sur les *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*¹¹¹², elle se présentait en deux déclinaisons, la première plus exigeante utilisant le phototachéomètre mis au point par les

¹¹¹¹ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

¹¹¹² VALLLOT Joseph, VALLLOT Henri. *Applications de la photographie*. Op. cit.

Vallot, la deuxième plus simple destinée aux topographes-alpinistes de la Commission de topographie du Club alpin français, qui furent dans les faits les seuls utilisateurs de cette méthode.

Dans la première décennie du 20^e siècle, en même temps que se développait l'emploi de la méthode Laussedat-Vallot, plusieurs instruments de restitution mécanisée des clichés photographiques furent mis au point pour limiter les calculs et les constructions graphiques complexes nécessaires à l'exploitation des photographies. Tous reposaient sur l'utilisation de clichés stéréoscopiques, formant une discipline qui fut appelée *stéréotopographie*, et leur emploi fut rapidement généralisé. Selon la version officielle, le SGA se décida à recommencer les expérimentations de levés photographiques après que plusieurs officiers aient vu fonctionner le stéréocomparateur du docteur Pulfrich à Berlin en 1910, mais j'ai montré que cette décision s'insérait plus probablement dans la double dynamique d'un début d'industrialisation des opérations de levé déjà envisagé dans les levés de précision¹¹¹³ et d'une réponse à la concurrence gênante des topographes-alpinistes qui avaient déjà adopté les levés photographiques. Les premiers essais portèrent d'ailleurs sur des zones limitées des massifs touristiques des Ecrins et du Mont Blanc, entre 1911 et 1914. Après la rupture profonde que marqua la première guerre mondiale, notamment par l'essor de la photographie aérienne, et l'affirmation de l'orientation industrielle, la stéréotopographie terrestre connut un développement important dans les années vingt et trente. Elle resta cependant une technique complémentaire pour le SGA, limitée par son emploi efficace dans les seules régions montagneuses et le caractère encore très artisanal de son application, qui nécessitait moins des compétences techniques que des connaissances précises du terrain représenté. Offrant les premières possibilités d'automatisation et de division du travail, cette méthode constitua véritablement une technique de transition entre les levés de précision classiques et les levés aériens qui se généralisèrent dans les années trente¹¹¹⁴.

Parallèlement, le tracé automatique des courbes de niveau et la nouvelle orientation industrielle participèrent à une certaine formalisation des modes de représentation du relief, qui aboutit à la fin des années vingt à la généralisation d'un système plus géométrique et moins figuratif encore majoritairement utilisé aujourd'hui.

Chapitre 4. Géométrisation et formalisation de la représentation du relief : l'impact des nouvelles techniques.

Jusqu'à la fin du 19^e siècle, la représentation cartographique du relief, en particulier pour la haute montagne, avait été dominée par une approche figurative entretenue par la conception fixiste de la cartographie et le désintérêt des utilisateurs pour ces régions. Mais à la fin du siècle, la perception du relief par les cartographes avait considérablement changé, provoquant la généralisation d'un mode de représentation géométrique : les

¹¹¹³ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.

¹¹¹⁴ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

courbes de niveau¹¹¹⁵. S'il ne satisfaisait pas complètement les utilisateurs, en particulier au niveau de l'expressivité, ce mode de représentation s'intégrait parfaitement dans la mutation technologique des levés photographiques et de leur restitution mécanisée, qui permettait le tracé automatique des courbes. L'affirmation du caractère scientifique de la cartographie topographique – c'est-à-dire basée sur des mesures du terrain –, le début de l'industrialisation des levés topographiques du service officiel et l'activité plus artisanale des topographes-alpinistes dans les Alpes du nord initièrent ainsi une double dynamique de géométrisation accrue et de formalisation de la représentation du relief. La nouvelle carte de France au 1 : 50 000 en était l'expression la plus directe au sein du Service géographique de l'armée, mais la persistance d'une tradition figurative imposa un système de représentation particulièrement complexe, appelé *type 1900*, dont l'expressivité et le luxe se heurtèrent aux limitations de crédits et aux critiques concernant sa lisibilité et sa praticité. Au début des années vingt, les modifications qui aboutirent au *type 1922* instituèrent un modèle durable, s'inspirant en partie des travaux des topographes-alpinistes, la collaboration de ces derniers avec le SGA sur les problèmes de représentation du rocher et d'expressivité du relief favorisant la persistance d'un héritage figuratif malgré l'affirmation d'une approche scientifique. Les nouvelles possibilités offertes par le développement de la stéréotopographie et la mécanisation du tracé des courbes de niveau furent à l'origine d'expérimentations dans l'automatisation de la représentation, qui ne furent jamais ni réellement adoptées ni définitivement abandonnées.

4.1. Le type 1900, entre mutation conceptuelle et tradition figurative.

Après l'acceptation du projet par la Commission centrale des travaux cartographiques en 1897 et le ministre de la Guerre en 1898, les spécifications de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 furent étudiées par le SGA, qui rédigea une feuille spécimen dérivée du plan directeur de Paris. « Les propositions du Service Géographique furent présentées le 23 juin 1899 à la Commission centrale, qui délégua, dans la même séance, à une sous-commission présidée par M. le Général Bassot, sous-chef d'Etat-Major général de l'Armée, Directeur du Service Géographique, le soin de les examiner et "d'étudier toutes les questions de cartographie se rattachant à l'établissement de la carte en projet". »¹¹¹⁶ Les conclusions de la sous-commission, adoptées à l'unanimité par la Commission centrale le 26 octobre 1900, définirent les spécifications de la nouvelle carte et fondèrent ce qui fut appelé par la suite le *type 1900* :

« La carte sera établie d'après la projection polyédrique [ou polycentrique] ; les feuilles, mesurant 20' centésimales en latitude et 40' en longitude auront (zone moyenne) 0,40 m sur 0,55 m environ. La carte sera en courbes de niveau et imprimée en huit couleurs : les courbes seront rehaussées, en terrain moyennement et fortement accidenté, d'un estompage en gris bleuté comportant à la fois l'application des conventions de la lumière zénithale et de la lumière oblique. On aura recours, comme mode de reproduction, aux procédés combinés de la gravure et de l'héliogravure sur zinc ; les signes conventionnels seront conformes au tableau arrêté par la sous-commission. Les types et les dimensions des écritures seront conformes aux principes admis pour l'exécution de la lettre

¹¹¹⁵ Plus précisément, les courbes de niveau filées sur le terrain ou extrapolées à partir d'un grand nombre de points déterminés par intersections ou procédés perspectifs. Voir supra, partie 2, chapitre 4.

¹¹¹⁶ Rapp. SGA 1901, p. 11.

sur la carte d'Etat-Major. Enfin il sera établi deux éditions de la carte : l'une dite édition générale, commune à tous les services, l'autre technique, ainsi que des cartes dérivées. »¹¹¹⁷

Par la projection, le mode de représentation du relief et les techniques de reproduction utilisés, la nouvelle carte de France s'insérait dans l'évolution contemporaine de la cartographie topographique, dominée par la représentation scientifique du terrain et les préoccupations d'actualité. Mais elle héritait aussi de la carte d'état-major l'ambition de répondre aux besoins de tous les services publics et la tradition d'une représentation figurative du territoire. Il en résulta une œuvre de transition un peu « mal née », qui fut autant louée pour sa perfection et son luxe que critiquée pour son manque de praticité et d'efficacité.

4.1.1. L'influence des mutations conceptuelles et techniques.

4.1.1.1. L'impact de la conception utilitariste sur l'adoption d'une projection conforme.

Lors de la définition des spécifications de la carte d'état-major, la projection conique modifiée de Bonne avait été choisie pour sa qualité d'équivalence, c'est-à-dire de conservation des distances et des surfaces. La qualité de conformité, c'est-à-dire de conservation des angles, avait pendant longtemps été réservée aux seules cartes marines. Pourtant, quand le SGA décida, après 1870, de dresser systématiquement les plans directeurs des environs de places fortes, il adopta un système de projection conforme dite *polycentrique* ou *polyédrique*, dans lequel l'origine de la projection se trouve au centre de chaque feuille¹¹¹⁸, ce qui limite les déformations par la petite taille de la surface projetée, spécialement aux échelles topographiques. Dans le dernier quart du 19^e siècle, la plupart des états européens « modernes » avaient également adopté des systèmes polycentriques pour leurs nouvelles cartes. En 1897-1900, le choix de ce système de projection pour la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 procédait donc de l'évolution contemporaine de la cartographie, et marquait une rupture majeure avec la carte d'état-major.

A mon sens, le changement de la qualité principale demandée au système de projection marquait une étape dans la généralisation de la conception utilitariste. En effet, si l'utilisation de projections équivalentes était justifiée pour les plans cadastraux par la nécessité de conserver les surfaces sur lesquelles se calculaient l'imposition, elle s'expliquait surtout, pour les cartes topographiques, par la volonté explicite de pouvoir assembler les feuilles les unes avec les autres sans déformation. Cet assemblage qui permettait de représenter théoriquement l'intégralité du territoire de façon continue, constituait une construction fondamentale dans le cadre d'une conception fixiste de la carte comme un portrait de ce territoire. Au contraire, la conception utilitariste nécessitait de pouvoir effectuer des mesures *locales* d'angles et de distances, entre autre pour les besoins de l'artillerie, sur un nombre limité de feuilles adjacentes qui n'étaient donc que faiblement déformées par la projection.

Si le changement conceptuel m'apparaît fondamental au niveau symbolique, son impact dans la pratique était beaucoup plus limité. En effet, avec un système de projection conforme, l'impossibilité d'assembler les feuilles entre elles n'était que théorique. Dans les

¹¹¹⁷ Cité dans *Ibid.*

¹¹¹⁸ Ou plus exactement : « chaque feuille représente une facette quadrangulaire plane tangente en son centre à l'ellipsoïde et limitée par deux plans méridiens et deux plans parallèles ». ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 59.

faits, le jeu du papier et les déformations limitées de la projection polycentrique permettait facilement de raccorder neuf ou seize feuilles entre elles, ce qui excédait déjà de loin la pratique courante – ne serait-ce qu'à cause de la place qu'un tel assemblage aurait demandé. Les déformations limitées ou compensées des projections ne permettaient d'ailleurs pas de repérer des différences sensibles entre les systèmes de projection sur une surface aussi réduite que celle représentée sur une feuille au 1 : 50 000 ou au 1 : 80 000¹¹¹⁹. Le changement de projection n'avait de véritable influence que sur les opérations géodésiques, le quadrillage éventuellement utilisé sur les feuilles et le découpage général de la carte.

Ainsi, pour la nouvelle carte de France, la première conséquence de l'adoption d'une projection polycentrique fut la détermination d'un nouveau tableau d'assemblage. La qualité de conformité ne permettait plus de définir strictement la surface couverte par une feuille, comme cela avait été fait pour la carte d'état-major dont une feuille représentait toujours un rectangle de soixante-quatre kilomètres sur quarante. Au contraire, la surface représentée sur chaque feuille était définie par ses dimensions géographiques, c'est-à-dire des mesures d'angle : quarante minutes en longitude et vingt minutes en latitude. Le territoire français fut alors découpé selon un tableau d'assemblage suivant les méridiens et les parallèles (en grades), qui le divisait en mille cent feuilles, désignées par les numéros de la colonne, en chiffres romains de I à XXXIX, et de la ligne, en chiffres arabes de 1 à 50. Ce nouveau tableau servit pour les cartes de France au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000 jusqu'à la fin des années soixante-dix, quand des formats de feuilles plus grands commencèrent à nécessiter un autre mode de désignation.

4.1.1.2. De la projection polycentrique à la projection de Lambert, le rôle des besoins militaires.

Comme dans de nombreux autres domaines de la cartographie officielle, la première guerre mondiale confirma et accentua l'évolution en cours dans les systèmes de projection employés. Si la préférence pour la qualité de conformité ne fut pas remise en question, un système de projection plus adapté aux nouveaux besoins militaires fut adopté. En effet, la guerre de position et le rôle central du tir d'artillerie d'après cartes avaient démontré la nécessité pour les militaires de disposer de coordonnées non plus seulement géographiques (degrés ou grades), mais aussi rectangulaires (kilométriques) afin de pouvoir obtenir les coordonnées d'une position directement par leur mesure sur la carte¹¹²⁰. Or le système polycentrique ne permettait pas d'assembler plusieurs feuilles selon un système cohérent de coordonnées rectangulaires, une lacune particulièrement problématique compte tenu de la faible surface couverte par les coupures des plans directeurs. Pour les canevas de tir et les plans directeurs dressés pendant la guerre, le SGA avait donc adopté en 1915 la projection de Lambert, une projection conique modifiée *conforme*.

Dans la projection de Lambert, la conformité, c'est-à-dire la conservation des angles, nécessitait une correction qui s'accroissait avec l'éloignement du parallèle moyen choisi pour la projection, ce qui obligeait à limiter la zone d'utilisation du système dans le sens nord-sud pour éviter une trop grande altération des longueurs¹¹²¹. Le système Lambert adopté

¹¹¹⁹ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 329.

¹¹²⁰ Rapp. SGA 1914-19, p. 36-38.

¹¹²¹ Pour augmenter cette zone, le SGA avait remplacé le cône tangent développé le long du parallèle moyen (le long duquel l'échelle était normalement conservée), par un cône légèrement sécant, suivant deux parallèles également distants du parallèle moyen

pendant la guerre, appelé *zone nord de guerre*¹¹²², avait été choisi pour rendre optimal une extension vers l'est pour des raisons militaires évidentes : il ne pouvait donc pas être étendu à toute la France après la fin du conflit. Mais l'emploi des coordonnées rectangulaires s'étant révélé également avantageux au point de vue topographique, notamment pour la détermination du canevas de planimétrie, le SGA mena des études pour adopter un système de quadrillage identique sur une carte à grande échelle, 1 : 20 000 ou 1 : 50 000, qui aboutirent à l'adoption en 1920 de nouveaux systèmes de projection pour toute la France¹¹²³.

Pour les mêmes raisons militaires, la projection de Lambert, extensible indéfiniment vers l'est, fut préférée à la projection de Gauss, un cas particulier de la projection de Lambert extensible indéfiniment dans le sens nord-sud. A cause de l'augmentation des déformations avec l'éloignement du parallèle de référence de la projection¹¹²⁴, trois systèmes différents furent adoptés en France : Lambert zone nord, Lambert zone centrale, Lambert zone sud¹¹²⁵, tous se rapportant à l'ellipsoïde de Clarke 1880 et aux éléments de départ de la nouvelle triangulation (position géographique du Panthéon et azimut de Rosny). Des tables et des systèmes de transformation furent développés par la suite pour harmoniser peu à peu les feuilles existantes, mais les fonds de carte ne pouvaient en aucun cas être retouchés et seuls les coordonnées indiquées dans le cadre de la carte et le quadrillage employé furent modifiées tant que le dessin cartographique n'était pas entièrement refait à la suite de nouveaux levés.

Le changement de systèmes de projection avait un impact sur la rédaction cartographique, mais également sur les opérations géodésiques et topographiques : seule la triangulation de 1^{er} ordre continua à être calculée en coordonnées géographiques, les autres adoptant les coordonnées rectangulaires, c'est-à-dire kilométriques, jusque dans les triangulations complémentaires exécutées en préparation des levés et qui fournissaient le canevas trigonométrique dans lequel ces levés s'inscrivaient. Une instruction du 7 novembre 1921 prescrit d'ailleurs définitivement l'établissement des minutes en projection Lambert. Au final, la projection polycentrique adoptée en 1900 ne fut utilisée que pendant vingt ans avant d'être remplacée par une autre projection conforme, dont la longévité fut bien plus grande puisqu'elle est encore utilisée aujourd'hui par l'IGN¹¹²⁶.

4.1.1.3. Courbes de niveau et métallographie, une réponse aux problèmes d'actualité et aux nouveaux besoins techniques.

Sur la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, l'adoption des courbes de niveau équidistantes pour représenter le relief constituait également une rupture majeure avec la carte d'état- (le long desquels l'échelle était conservée dans la version modifiée). Mais malgré cet artifice, la projection ne pouvait être étendue sur toute la France.

¹¹²² Son origine était située à l'intersection du méridien 6 grades est et du parallèle 55 grades nord.

¹¹²³ Note de la Direction du Service Géographique, en date du 10 août 1920, concernant l'adoption de nouveaux systèmes de projection Lambert pour toute la France. Rapp. SGA 1920-21, p. 8-12.

¹¹²⁴ Des parallèles en fait, puisque l'utilisation d'un cône sécant fut reprise : les parallèles sur lesquels l'échelle était conservée étaient tous deux distants d'un grade du parallèle moyen.

¹¹²⁵ Leurs origines étaient situées sur le méridien de Paris et sur les parallèles 55 grades, 42 grades et 49 grades, respectivement pour les zones nord, centrale et sud. La région couverte par mon corpus se trouve donc à cheval entre la zone centrale et la zone sud.

¹¹²⁶ Sous une forme modifiée, dite *Lambert-93*, retenue en septembre 1996 pour s'adapter au nouveau système géodésique français *RGF93* qui remplace la nouvelle triangulation de la France (NTF).

major. Elle était motivée à la fois par l'ambition scientifique de géométriser l'utilisation même de la carte, en particulier pour répondre aux nouveaux besoins techniques, les courbes permettant selon Berthaut « de donner les formes géométrales d'une façon plus claire et plus commode pour les divers travaux auxquels la carte à grande échelle [devait] servir de base »¹¹²⁷, et à la fois par le souci d'actualité de la carte sans cesse réaffirmé depuis la guerre de 1870, l'expérience de la carte d'état-major ayant montré que la révision des cuivres était particulièrement difficile et que la mise à jour de la planimétrie nécessitait trop souvent de « reprendre une telle quantité de hachures que le travail de gravure [revenait] presque, dans certains cas, à une réfection totale »¹¹²⁸.

Malgré l'attachement de nombreux cartographes aux hachures normalisées, jugées plus expressives, et à la gravure en taille-douce, jugée plus subtile, la nouvelle carte de France s'inscrivait aussi, pour ces deux domaines intimement liés de la représentation du relief et de la reproduction, dans l'évolution contemporaine de la discipline. Le rendement supérieur de la gravure et de l'héliogravure sur zinc avait déjà entraîné leur adoption pour les éditions dérivées du type 1889 de la carte d'état-major, et il justifiait également leur utilisation pour la nouvelle carte, d'autant plus que les courbes de niveau s'accordaient bien mieux à ce type de reproduction que les hachures, difficiles à distinguer des écritures dans la gravure sur zinc.

En ce sens, loin d'être la carte résolument innovatrice que certains voyaient en elle, la nouvelle carte de France type 1900 reprenait surtout des changements adoptés antérieurement dans d'autres productions du Dépôt de la guerre et du Service géographique de l'armée. Comme je l'ai déjà montré, ces changements s'inscrivaient dans l'affirmation d'une conception utilitariste de la cartographie, avec ses déclinaisons logiques qu'étaient la problématique de l'actualité de la carte et l'orientation industrielle des travaux. Je pense néanmoins que de multiples vestiges de la conception fixiste et figurative révélaient la nature « compilatrice » de la nouvelle carte.

4.1.2. Universalisme et figuratisme, l'héritage de la conception fixiste.

4.1.2.1. L'ambition d'universalité, négation de la spécificité des utilisations.

Si par certains aspects, la nouvelle carte de France se positionnait en rupture avec la carte d'état-major, elle présentait aussi des caractéristiques similaires qui témoignaient d'une certaine persistance de la conception fixiste. Au niveau des objectifs de la carte, le Service géographique de l'armée renouait explicitement avec la volonté jadis exprimée par le Dépôt de la guerre de produire une carte susceptible de satisfaire tous les services publics – si ce n'était tous les usagers. Il affirmait que « les caractéristiques de la carte du type 1900 avaient [...] été arrêtées en cherchant à donner satisfaction à tous les desiderata exprimés par les divers Services publics au moment où sa publication avait été décidée »¹¹²⁹.

La carte d'état-major elle-même n'avait jamais atteint ce but, mais il avait été repris plus ou moins explicitement dans de nombreux argumentaires, généralement sous la forme de variation autour de l'idée avancée par Brossier en 1816 qu'une carte militaire réunissait tous les éléments nécessaires aux autres utilisations potentielles. La multiplication des cartes dérivées du 1 : 80 000 pour les besoins propres de certains services publics avait montré que le Dépôt de la guerre avait sous-estimé la spécificité des différentes utilisations.

¹¹²⁷ BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 343-344. Voir aussi supra, partie 2, chapitre 4.3.3.

¹¹²⁸ *Ibid.*, p. 343.

¹¹²⁹ Rapp. SGA 1920-21, p. 25.

Je considère surtout que cette ambition d'universalité procédait en fait de la nécessité intrinsèque à la conception fixiste de donner un *tableau unifié et figé* du territoire, c'est-à-dire une représentation *unique* niant la spécificité des besoins.

4.1.2.2. La polychromie comme réponse à l'ambition d'universalité.

Afin que la nouvelle carte réponde au maximum de besoins, le SGA avait défini les spécifications du type 1900 pour que le dessin intègre une grande quantité de détails spéciaux susceptibles d'être utiles aux administrations et dont l'absence avait justement été critiquée dans la carte d'état-major. Ces détails prirent essentiellement la forme de signes conventionnels indiquant les structures administratives comme les mairies, les gendarmeries, les bureaux de postes, etc. Mais assez paradoxalement, et toujours en réaction aux critiques faites à la carte d'état-major, cette surcharge de détails s'accompagnait aussi d'une volonté d'amélioration de la lisibilité. Déjà expérimentée avec succès dans certaines cartes dérivées du 1 : 80 000¹¹³⁰, la polychromie devait permettre de faciliter la lecture d'une carte particulièrement dense en détails.

Si la reproduction des minutes au 1 : 10 000 et 1 : 20 000 restait monochrome¹¹³¹, le SGA considérant que leur grande échelle évitait la plupart des problèmes de lisibilité provoqués par la confusion entre les courbes de niveau et les traits planimétriques, il adopta pour la carte au 1 : 50 000 une représentation en huit à douze couleurs selon les régions représentées. Celles-ci nécessitaient quatorze planches de tirage :

« - 2 rouges (un pour les chiffres de population, un pour les constructions) ; - 2 noirs (noir franc pour les écritures, en caractères à pleins et déliés, noir rompu pour le reste de la planimétrie) ; - 3 bleus (un pour le trait, un pour la lettre, un pour les plans d'eau) ; - 3 verts (un pour les bois, un pour les vergers, un pour les prairies, broussailles, pâturages, etc..., chaque type de culture comportant dans sa couleur un signe conventionnel particulier) ; - violet (vignes) ; - bistre (courbes de niveau à l'équidistance de 10 m. quelle que soit la région) ; - 2 estompages (zénithal en bistre, oblique en gris-bleuté). »¹¹³²

Cette multiplication des couleurs donnait un aspect particulièrement riche aux feuilles du type 1900 (annexe 2, figure 12). Bien que la représentation du relief soit géométrique, je trouve que les rares feuilles alpines offrent une impression générale très picturale, se rapprochant plus, par la subtilité du dessin, des couleurs et des effets de lumière, des cartes-tableaux de la fin du 19^e siècle (Viollet-le-Duc, Imfeld et Kurz, Schrader), que des plans directeurs monochromes destinés aux utilisations techniques. De plus, l'emploi d'un papier de grande qualité, épais et relativement rigide, accentuait ce caractère pictural, confirmant mon impression d'une carte avant tout conçue comme une illustration plutôt qu'un outil. Sa nature figurative était également marquée par le recours à la combinaison de deux estompages différents pour rehausser les courbes de niveau, afin de donner un rendu plus expressif du modelé du terrain.

4.1.2.3. Le retour en grâce de l'éclairage.

¹¹³⁰ Voir supra, partie 2, chapitre 3.3.3.1.

¹¹³¹ Elle pouvait ainsi être exécuté par le procédé simple de reproduction des dessins par héliogravure sur papier dioptrique.

¹¹³² ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne. T.2. Op. cit., p. 60.*

Alors que l'utilisation d'un éclairage pour rehausser les hachures avait été rejetée par la Commission de 1828, puis finalement autorisée pour la carte d'état-major par l'emploi d'un diapason, les cartes dérivées du 1 : 80 000, à la fin du 19^e siècle, n'avaient généralement pas utilisé un tel artifice, même quand le relief était représenté par des courbes de niveau jugées peu expressives. Mais si l'emploi d'un estompage ne fut pas jugé nécessaire pour accentuer le relief sur les minutes et leur reproduction, exécutées dans un but strictement technique, il fut adopté pour la nouvelle carte de France au 1 : 50 000.

Dépassant les anciens débats autour de la direction de l'éclairage, la sous-commission présidée par Bassot décida d'appliquer un double estompage zénithal et oblique. Le diapason Goulier, développé pour le projet abandonné de carte au 1 : 50 000 en courbes dérivée du 1 : 80 000¹¹³³, fut préconisé pour l'éclairage oblique. Cependant, les instructions recommandaient expressément de ne pas chercher une application stricte du diapason, qui aurait été délicate à mettre en œuvre et n'aurait de toute façon pas été décelable sur les feuilles achevées, puisque la mesure de l'intensité d'une teinte n'était pas aussi évidente à l'œil humain que la mesure d'une distance entre deux courbes. Dans leur principe et leur application même, les deux estompages du type 1900 représentaient un souci d'expressivité assez typique de l'héritage figuratif de la conception fixiste. En 1923, le SGA reconnaissait lui-même que « le travail [de rédaction] [avait été] exécuté avec beaucoup de soin, de finesse, et dans un réel sentiment artistique »¹¹³⁴.

4.1.3. Réalisation complexe et ambitions contradictoires, une carte de transition « mal née ».

4.1.3.1. Un processus de rédaction et reproduction complexe.

Reprenant des méthodes expérimentées pour les cartes dérivées du 1 : 80 000 et pour la carte d'Algérie et de Tunisie au 1 : 50 000 commencée dans le dernier quart du 19^e siècle, le processus de rédaction et de tirage des feuilles de la nouvelle carte de France s'avérait particulièrement complexe, à cause du nombre de planches et du détail de la facture elle-même, mais aussi de l'emploi successif de trois échelles différentes de rédaction et de la combinaison de techniques diverses (encadré 6).

Encadré 6 : Processus de rédaction et de reproduction de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, type 1900¹¹³⁵.

¹¹³³ Voir partie 2, chapitre 3.3.2.2.

¹¹³⁴ *La Nouvelle carte de France. Op. cit.*, p. 100.

¹¹³⁵ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne. T.2. Op. cit.*, p. 61.

1) Etablissement de la feuille de projection au 1 : 40 000, et décalques de réductions des minutes dessus.
2) Dessin de la planche de planimétrie, toutes couleurs confondues, sur la feuille de projection.
3) Réduction photographique au 1 : 50 000 de la planche de planimétrie, en autant d'exemplaires que de planches, et copie sur zinc des couleurs fondamentales (noir, bleu, rouge).
4) Dessin de la planche d'écriture, toutes couleurs confondues, sur un tirage au 1 : 30 000 de la planimétrie, puis réduction au 1 : 50 000 et copie sur zinc.
5) Rédaction de la planche de courbes au 1 : 50 000, par le procédé du traçage sur glace blanchie, et copie sur zinc.
6) Etablissement des planches de teintes en zincographie.
7) Exécution des deux planches d'estompage au pinceau sur un fond orhydrographique au 1 : 50 000, puis photographie tramée et copie sur zinc (une planche en bistre pour l'éclairage vertical, une planche en gris bleuté pour l'éclairage oblique).
8) Premier tirage d'essai en trois couleurs, vérification et correction de la gravure.
9) Deuxième tirage d'essai, établissement d'un modèle pour l'habillage et les détails orographiques trop fins pour le procédé sur glace blanchie, gravure sur les planches de zinc d'après ce modèle.
10) Tirage d'un essai complet avec estompage, vérification et mise au point définitive en gravure.

La plupart des nouvelles techniques adoptées pour la carte de France avait été expérimentées et parfois développées pendant les travaux de la carte d'Algérie, premier exemple de carte polychrome produite en série à partir de levés directs par le SGA. Plusieurs changements importants étaient ainsi intervenus dans le procédé de production de la carte. Tout d'abord, les procédés de reproduction photographique avaient été généralisés, soit pour effectuer les modifications d'échelle des dessins (photographie), soit pour obtenir plus rapidement les planches de reproduction et assurer un bon alignement des couleurs (métallographie). Ces procédés s'appliquaient dorénavant même à l'estompage, considéré comme la partie la plus artistique de la rédaction cartographique, c'est-à-dire la moins « normalisable », mais qui n'échappait plus à la volonté d'industrialisation du processus cartographique qui commençait à se développer au SGA. La méthode traditionnelle nécessitait d'établir un modèle au lavis au pinceau sur une épreuve de la feuille, puis à le recopier au crayon lithographique, en inverse, sur une planche de zinc. Dans le but explicite « de substituer à ce travail long et coûteux et dont les résultats étaient parfois incertains, un procédé de reproduction photomécanique de l'effet duquel on fût absolument maître et capable de rendre la demi-teinte par tirage sur la presse lithographique »¹¹³⁶, le SGA avait finalement réussi à mettre au point un procédé basé sur des clichés tramés. Expérimenté à partir de 1898 et appliqué régulièrement dès 1901¹¹³⁷, ce procédé consistait à reproduire un modèle d'estompage par photographie tramée, puis à copier le cliché sur zinc par héliogravure pour obtenir une planche de tirage.

Les procédés de reproduction photographique servaient également à répondre aux exigences de la rédaction des cartes polychromes, c'est-à-dire du dessin lui-même. A la fin du 19^e siècle, le dessin par couleurs séparés sur papier Rives s'était imposé. Il consistait « à utiliser autant de reproductions en bleu [non photogénique] qu'il y [avait] de couleurs

¹¹³⁶ Rapp. SGA 1900, p. 14.

¹¹³⁷ Rapp. SGA 1901, p. 21.

et à exécuter autant de dessin séparés, chacun d'eux comportant seulement les signes ou écritures devant être imprimés dans la même couleur, [...] exécutés en noir, avec une encre de Chine »¹¹³⁸. Le dessin était exécuté sur du papier Rives, particulièrement adapté aux travaux fins, qui était collé sur une feuille de zinc pour assurer sa rigidité et éviter les déformations qui nuiraient à l'alignement des différentes planches. Une fois achevé, le dessin était copié sur zinc par héliogravure, seuls les traits noirs étant ainsi reproduits puisque la reproduction initiale de la minute était en bleu non photogénique. Ce procédé, réservé aux productions relativement prestigieuses à cause du coût du papier et de la longueur des opérations, resta la base de la rédaction cartographique pendant plus d'un demi-siècle¹¹³⁹. Pour le type 1900, il ne s'appliquait pas au dessin des courbes de niveau, pour lequel il avait été jugé plus rapide et plus simple d'utiliser le procédé du traçage sur glace blanchie, également expérimenté sur la carte d'Algérie-Tunisie : ce dernier permettait de tracer plus facilement des traits courbes uniformes, le verre glissant mieux que le papier, et d'obtenir facilement un négatif permettant une héliogravure rapide¹¹⁴⁰.

Mon hypothèse est que l'adoption de toutes ces nouvelles techniques témoignait d'une volonté paradoxale d'accélérer la rédaction cartographique dans chacune de ses étapes, tout en conservant des spécifications luxueuses traduites entre autres par la multiplication des planches. Ce mélange relativement hétérogène de procédés montre bien que le type 1900 constituait encore une œuvre de transition entre les mutations techniques de la fin du 19^e siècle et leur systématisation « industrielle » dans les années vingt. En particulier, il témoignait de l'absence de recul sur des innovations relativement récentes, reprises de façon quasi-systématique de la carte d'Algérie, et de la prise en compte limitée des problématiques d'actualité et d'efficacité que la conception utilitariste plaçait au cœur des questions cartographiques.

4.1.3.2. Une révision difficile.

La combinaison de la polychromie et de la métallographie devait théoriquement permettre une révision plus rapide, puisque seules les planches contenant des détails planimétriques nécessitaient des modifications. Cette caractéristique avait d'ailleurs été une des principales raisons de leur adoption pour les nouvelles cartes du SGA.

Mais le nombre important de planches utilisées pour la carte de France au 1 : 50 000 type 1900 rendait la préparation des impressions très délicates. Malgré l'expérience acquise sur les différents projets de cartes en couleurs dérivées du 1 : 80 000, les variations chromatiques restaient mal maîtrisées, particulièrement dans les interférences entre les teintes d'estompage et les couleurs dominantes de la planimétrie (rouge, bleu, vert). Les expérimentations continues, les tâtonnements, les nombreuses vérifications et modifications nécessaires rendaient la production lente et peu économique, alors même que le budget de la carte de France était très limité. Ainsi, les premières feuilles ne parurent finalement qu'en 1906. En 1914, seulement quarante-trois feuilles étaient publiées, dont trois dans les Alpes (*Tignes*, *Petit-Saint-Bernard* et *Lanslebourg*), et une vingtaine en cours de rédaction.

Dans ces conditions, le SGA pouvait difficilement songer à une révision rapide et régulière de la carte. Dans les faits, les révisions, dont le nombre fut limité par l'arrêt

¹¹³⁸ *Le SGA. Op. cit.*, p. 172-173.

¹¹³⁹ Voir infra, partie 4, chapitre 4.1.

¹¹⁴⁰ Voir glossaire.

précoce des publications en type 1900, s'avèrent toujours très problématiques, ce qui participa d'ailleurs à la modification des spécifications de la carte après la première guerre mondiale pour répondre aux besoins de plus en plus aigus d'actualisation des données cartographiques¹¹⁴¹.

4.1.3.3. Des spécifications luxueuses empêchant une utilisation efficace.

Même si elle fut reconnue comme une œuvre cartographique remarquable, notamment par son rendu plastique très expressif, la nouvelle carte de France fut rapidement critiquée, au sein même du SGA, pour ses spécifications trop luxueuses. Non seulement celles-ci s'avéraient problématiques dans le contexte financier particulièrement difficile de la réalisation de la carte, mais en plus elles ne permettaient pas de répondre aux besoins des utilisateurs. Dès 1912, la Commission centrale des travaux géographiques reconnut qu'en plus de la lenteur d'exécution et des difficultés de révision introduits par le luxe de la rédaction cartographique, la quantité de détails intégrés pour répondre au maximum de besoins et le nombre de couleurs employées nuisaient en définitive à la lisibilité. Contrairement à ce que supposait Berthaut en 1898, quand il affirmait que les spécifications et techniques de reproduction adoptées plaçaient l'entreprise « dans les meilleures conditions de rapidité et d'économie » et que « la carte [serait] plus lisible pour le public, et par conséquent plus appréciée »¹¹⁴², cette dernière ne répondait pas à ces objectifs.

Bien que son point de vue partisan d'une réforme de la carte soit à considérer avec précaution, l'ouvrage consacré par le SGA à la *Nouvelle carte de France* en 1923 donnait une présentation très claire des problèmes posés par le type 1900 :

« C'est une carte de luxe qui ne répond pas aux conditions de rapidité d'exécution et d'économie qui s'imposent. Sa préparation exige beaucoup trop de temps et comporte des frais exagérés. [...] D'ailleurs, l'expérience a montré que la recherche de la perfection en cartographie, par l'abondance et la variété des détails représentés, par l'augmentation du nombre des couleurs, est dans une certaine mesure illusoire. Une carte d'intérêt général ne peut satisfaire à tous les besoins particuliers ; elle ne peut remplacer certaines cartes spéciales, ni des schémas, des guides, des croquis, des notices statistiques, etc... Elle doit seulement comporter certains éléments de base généraux et avant tous les éléments topographiques du terrain. [...] Si l'impression d'une carte nécessite un nombre important de tirages et si les planches servant à l'impression sont trop nombreuses et trop chargées, on conçoit que l'opération de la tenue à jour puisse devenir inextricable. Or, les indications planimétriques d'une carte ne présentent de valeur qu'autant que la révision en est relativement récente. »¹¹⁴³

Dans les années cinquante, Georges Alinhac considérait que le type 1900 avait « péché par excès de qualités et dépassé son objet en cherchant à l'atteindre trop bien »¹¹⁴⁴. Je considère plutôt qu'il s'était « étranglé » entre des ambitions contradictoires, d'une part la volonté d'universalisme et de prestige héritée de la conception fixiste, d'autre part la volonté d'utilité pratique imposée par l'essor de la conception utilitariste. La nouvelle carte

¹¹⁴¹ Voir infra, partie 3, chapitre 4.2.1.

¹¹⁴² BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 344.

¹¹⁴³ *La Nouvelle carte de France*. *Op. cit.*, p. 102-103.

¹¹⁴⁴ ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. T.2. *Op. cit.*, p. 60.

s'avérait particulièrement « mal née », dans le sens où elle donnait une représentation luxueuse du territoire au moment même où s'imposait le besoin d'une représentation simple et efficace et où se compliquait la situation financière du SGA. A mes yeux, la carte de France type 1900 constitue indéniablement une œuvre de transition, entre l'adoption de nouvelles techniques dans un cadre théorique encore insuffisamment stabilisé qui avait motivé leur développement, et leur généralisation dans l'immédiat après-guerre au sein d'une double ambition scientifique et industrielle.

4.2. Le type 1922, les topographes-alpinistes et les cartes suisses : une normalisation durable de la représentation du relief.

Si la fin du 19^e siècle avait marqué la généralisation de l'emploi des courbes de niveau sur les cartes topographiques officielles ou indépendantes, le traitement du relief, en particulier de la haute montagne, restait relativement hétérogène. De nombreux éléments liés à l'utilisation des courbes de niveau étaient employés sous des formes très variées dans les différentes cartes : l'équidistance des courbes de niveau, la mise en valeur des courbes maîtresses par un trait gras ou pointillé ou l'indication de l'altitude, la représentation des zones glaciaires, ou encore la figuration des zones rocheuses fortement déclives. L'affirmation de la conception utilitariste avait placé au premier plan les problématiques d'efficacité et de rentabilité de la production cartographique. Les premières décennies du 20^e siècle furent donc dominées par un effort de normalisation de la représentation cartographique en général et de la représentation du relief en particulier. Pour répondre aux nouvelles problématiques industrielles et au retard accumulé par la carte de France, le SGA simplifia considérablement le type 1900, donnant naissance à ce qui fut appelé le *type 1922*. Sous l'influence des travaux des topographes suisses, les cartes du SGA et des topographes-alpinistes adoptèrent rapidement les mêmes bases de représentation du relief, provoquant une normalisation durable. Dans ce mouvement de généralisation du point de vue utilitariste, le dessin des zones rocheuses resta le principal bastion d'un héritage figuratif dans la persistance duquel les topographes-alpinistes jouèrent un rôle fondamental.

4.2.1. Le type 1922, simplification pragmatique du type 1900.

4.2.1.1. Du type 1900 au type 1922, une succession de simplifications pragmatiques.

En 1912, après plusieurs années d'une lente publication des premières feuilles de la nouvelle carte de France, la Commission centrale des travaux géographiques proposa d'en modifier la facture afin d'accélérer sa réalisation, rendue particulièrement problématique par le refus du parlement de consacrer un budget spécifique à ces travaux. Elle envisagea donc la suppression ou l'allègement de certains signes conventionnels et la réduction du nombre de couleurs à sept, en ne conservant qu'un seul noir pour la planimétrie et l'écriture, un seul bleu pour l'hydrographie, et un seul vert pour les cultures, et en abandonnant l'estompage zénithal. Mais ces mesures ne furent finalement jamais appliquées : la guerre provoqua l'arrêt de la rédaction de feuilles qui suivaient encore les spécifications de 1900 et furent achevées dans le même type après l'armistice, en même temps qu'une nouvelle modification des spécifications était envisagée.

A la fin des hostilités, l'un des premiers travaux mis en route par le Service géographique de l'armée fut la publication d'une carte d'Alsace-Lorraine au 1 : 50 000.

Conçue comme le prolongement de la carte de France type 1900, elle fut pourtant réalisée sur des principes originaux : pour répondre à l'urgence de la situation, plutôt que d'entreprendre une longue révision de la carte d'état-major ou d'attendre l'exécution de nouveaux levés topographiques, le SGA décida d'utiliser les minutes allemandes au 1 : 25 000, dont il disposait par application de l'article 52 du Traité de Versailles, pour dresser rapidement une première version de la carte. Son principal objectif était de rétablir la toponymie française, une première révision de terrain étant prévue immédiatement après la réalisation de la carte afin de la mettre totalement à jour. La première guerre mondiale ayant démontré l'importance d'une révision rapide et facile des fonds cartographiques, le SGA adopta un type simplifié pour la carte d'Alsace-Lorraine : seulement six couleurs, moins de signes conventionnels différents, caractères plus lisibles pour les écritures, utilisation préférentielle des procédés photomécaniques en place de la gravure¹¹⁴⁵.

Pour le SGA, « il apparut bientôt que cette lecture ainsi modifiée présentait d'incontestables avantages : abaissement très notable du prix de revient et par suite du prix de vente, permettant ainsi une diffusion beaucoup plus grande de la carte, mise à jour facilitée alors qu'elle apparaissait, avec le type 1900, extrêmement difficile et onéreuse. Cette constatation entraîna en 1922 l'adoption, pour l'ensemble de la carte de France au 50.000^e, d'un nouveau type (dit type 1922) »¹¹⁴⁶, inspiré du type Alsace-Lorraine, mais ne comportant que cinq couleurs (un seul vert au lieu de deux) et utilisant la projection conique conforme de Lambert au lieu de la projection polycentrique¹¹⁴⁷. En 1924, il fut finalement décidé « qu'il ne serait plus entrepris de cartes dans l'ancien type [et que] la transformation en type 1922 des feuilles ancien type [serait] effectuée au fur et à mesure des révisions régulières »¹¹⁴⁸. Ainsi, la modification définitive du type 1900 avait été dictée par des impératifs essentiellement pragmatiques, liés aux conditions d'exécution et aux utilisations potentielles de la nouvelle carte.

4.2.1.2. Un processus de rédaction et de reproduction un peu plus cohérent.

Le principal objectif de la modification des spécifications de la carte de France était de simplifier le processus de rédaction et de reproduction, afin d'accélérer le rendement et de baisser le coût de revient des feuilles. Cependant, les changements intervenus dans ce processus étaient relativement limités (encadré 7). Celui-ci s'avérait certes plus cohérent : il limitait le nombre de techniques différentes employées, par exemple en généralisant le recours au dessin par couleurs séparées sur papier Rives collé sur zinc, y compris à partir de 1926 pour la planche de courbes de niveau, auparavant établie par le procédé de la glace blanchie. Mais il conservait certaines étapes du processus suivi pour le type 1900, en particulier l'utilisation successive de différentes échelles : la transformation des feuilles du type 1900 et du type Alsace-Lorraine fut assurée en utilisant deux échelles de dessin, le 1 : 25 000 et le 1 : 40 000, puis à partir de 1927, l'échelle du 1 : 33 333 fut généralisée, parce qu'elle permettait de « faire tenir le dessin sur la plus grande feuille de papier utilisable par

¹¹⁴⁵ Rapp. SGA 1920-21, p. 24-25.

¹¹⁴⁶ *Le SGA. Op. cit.*, p. 98.

¹¹⁴⁷ Voir supra, partie 3, chapitre 4.1.1.2.

¹¹⁴⁸ Rapp. SGA 1924-25, p. 175.

un dessinateur, tout en bénéficiant des avantages d'un dessin à une échelle plus grande (1/3) que la carte définitive »¹¹⁴⁹.

Encadré 7 :Processus de rédaction et de reproduction de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, type 1922¹¹⁵⁰.

1) Assemblage des plans au 1 : 20 000 (minutes ou plans directeurs) sur une feuille de projection.
2) Réduction de la maquette ainsi obtenue au 1 : 33 333.
3) Photométagraphie et impression en bleu non photogénique sur trois « zincs habillés de Rives ».
4) Dessin séparé sur ces planches dites fondamentales du noir, du bleu et du bistre.
5) Dessin ou collage à partir d'une composition en typographie, des écritures sur la planche du noir des écritures.
6) Etablissement de la planche de vert sur un zinc par réserves à la gomme et décalques de trames.
7) Etablissement de la planche d'estompage en lavis au pinceau sur une épreuve orhydrographique en bleu non photogénique, puis photographie tramée et report sur zinc.
8) Vérification des cinq zincs sur des épreuves d'essai tirées à la presse zincographique.
9) Pressage de zincs de tirages, permettant d'archiver les zincs originaux.
10) Edition sur machine rotative offset à partir des planches de tirage, détruites après coup.

Bien que moins complexe que pour le type 1900, ce processus de réalisation restait long et, si la publication des feuilles connut effectivement une certaine accélération, elle n'atteignit jamais un rythme satisfaisant avant la deuxième guerre mondiale. En 1937, seulement cent quarante-cinq feuilles du type 1922 étaient terminées ou en cours d'exécution sur un total de mille cent prévues¹¹⁵¹, alors que la publication avait atteint un rythme annuel de douze feuilles. Un type militaire était également publié pour le 1 : 50 000 : il ne comportait que trois couleurs, sans vert ni estompage¹¹⁵², tout comme le type 1922 défini pour la nouvelle carte de France au 1 : 20 000.

4.2.1.3. La carte de France au 1 : 20 000, nouvelle carte de base du territoire.

En 1921, en même temps qu'il imposait la modification profonde des spécifications de la carte de France au 1 : 50 000, le colonel Bellot avait décidé la publication systématique d'une carte de France au 1 : 20 000 en trois couleurs¹¹⁵³, en complément de la publication des plans directeurs monochromes directement tirés des minutes de levé. La carte de France au 1 : 20 000 devint rapidement la véritable *carte de base* du pays, même si la numérotation des feuilles et coupures suivait toujours le tableau d'assemblage de la carte au 1 : 50 000.

Les spécifications adoptées pour la nouvelle carte au 1 : 20 000 étaient particulièrement simples afin d'accélérer sa publication et d'abaisser le coût des feuilles. Dans la moitié nord de la France, la carte était éditée par quart de feuille du 1 : 50 000, numéroté 1-2, 3-4, 5-6,

¹¹⁴⁹ Etablissement d'une feuille de la carte de France au 50.000^e en couleurs, type 1922. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1936, p. 4.

¹¹⁵⁰ Voir entre autre *Ibid.*.

¹¹⁵¹ Le SGA. *Op. cit.*, p. 98.

¹¹⁵² DURANTHON Marc. *La Carte de France. Op. cit.*, p. 55.

¹¹⁵³ Rapp. SGA 1920-21, p. 97.

7-8, alors que dans la moitié sud – et donc dans les Alpes –, chaque coupure correspondait à un huitième du 1 : 50 000, numéroté de 1 à 8. Contrairement aux plans directeurs en noir, qui continuèrent d'être imprimés jusqu'après la seconde guerre mondiale sous des formes variables (trente-deuxième, huitième ou quart de feuille du 1 : 50 000), la carte au 1 : 20 000 était dressée avec les trois couleurs déjà traditionnelles : noir pour la planimétrie, la toponymie et le rocher, bleu pour l'hydrographie et les glaciers, bistre pour les courbes de niveau des zones non rocheuses ni glaciaires. Gardant la même équidistance que le 1 : 50 000, soit dix ou vingt mètres selon les régions, elle était particulièrement claire et lisible, même si l'abandon de l'estompage et du vert pour la végétation la rendait moins expressive que le 1 : 50 000.

Cependant, plus facile et plus rapide à dresser que la carte au 1 : 50 000, elle fut rapidement publiée systématiquement avant celle-ci. Dans les Alpes en particulier, où les difficultés de levés ralentissaient notablement les opérations de terrain, les coupures du 1 : 20 000 étaient souvent éditées plusieurs années avant la feuille au 1 : 50 000 qui couvrait la même surface, la rédaction de celle-ci nécessitant de disposer des minutes de levés pour les huit coupures correspondantes du 1 : 20 000. De fait, à partir des années vingt, l'évolution de la carte de France au 1 : 50 000 se confondit avec celle de la carte au 1 : 20 000 dont elle découlait. Leurs spécifications relativement proches, d'autant plus proches même que certaines feuilles au 1 : 50 000 n'avaient ni vert ni estompage, répondaient à une volonté non seulement de simplification, mais aussi d'un début de normalisation des bases de la représentation cartographique, reprenant en cela des principes adoptés par les topographes-alpinistes et les autres pays européens.

4.2.2. Normalisation durable de la représentation du relief.

J'ai montré que l'adoption des courbes de niveau par le service cartographique français, avec les levés de précision et certaines cartes dérivées du 1 : 80 000, constituait à mes yeux une généralisation de la conception scientifique de la représentation du relief, en étendant l'application de la mesure à l'utilisation même de la carte¹¹⁵⁴. Même si le manque d'expressivité des courbes de niveau était encore souvent critiqué, la représentation du relief connut une normalisation rapide entre la fin du 19^e siècle et les trois premières décennies du 20^e siècle, autour d'une base simple partagée par les services officiels et les topographes-alpinistes, sous l'influence fondamentale des topographes suisses.

4.2.2.1. L'influence fondamentale des topographes suisses.

Dès la deuxième moitié du 19^e siècle, les topographes suisses avaient acquis une réputation flatteuse avec la *Topografische Karte der Schweiz*, aussi appelée « carte Dufour », du nom du chef du Bureau topographique fédéral de 1838 à 1865, qui avait dirigé sa réalisation. Publiée en vingt-cinq feuilles au 1 : 100 000 entre 1842 et 1864, elle fut « considérée comme le chef-d'œuvre de la cartographie utilisant les hachures avec éclaircissement oblique »¹¹⁵⁵. Mais le talent des topographes suisses s'imposa définitivement avec l'*Atlas topographique*, aussi appelée « Atlas Siegfried » du nom du successeur de Dufour de 1865 à 1879. Publié au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000 à partir de 1870, il proposait une remarquable représentation des zones rocheuses, abondantes sur le territoire suisse.

¹¹⁵⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.3.

¹¹⁵⁵ *Images de la montagne. Op. cit.* Cinquième partie : Techniques de représentation de la montagne sur les cartes topographiques, p. 67.

Soutenus par le Club alpin suisse, les levés originaux furent utilisés pour dresser des cartes louées dans toute l'Europe pour leur lisibilité et leur expressivité. Le relief y était représenté par des courbes de niveau de couleur bistre, avec une trame de signes conventionnels noirs pour les zones rocheuses peu déclives, ou bleus pour les glaciers, alors que les masses rocheuses particulièrement pentues étaient représentées à l'effet, en noir, par un dessin perspectif reproduisant la disposition particulière du rocher *en projection horizontale*. Sans estompage, les feuilles de l'Atlas Siegfried donnait une vision claire et lisible du relief, tout en conservant une expressivité liée à un dessin du rocher et à un tracé des courbes de niveau particulièrement travaillés.

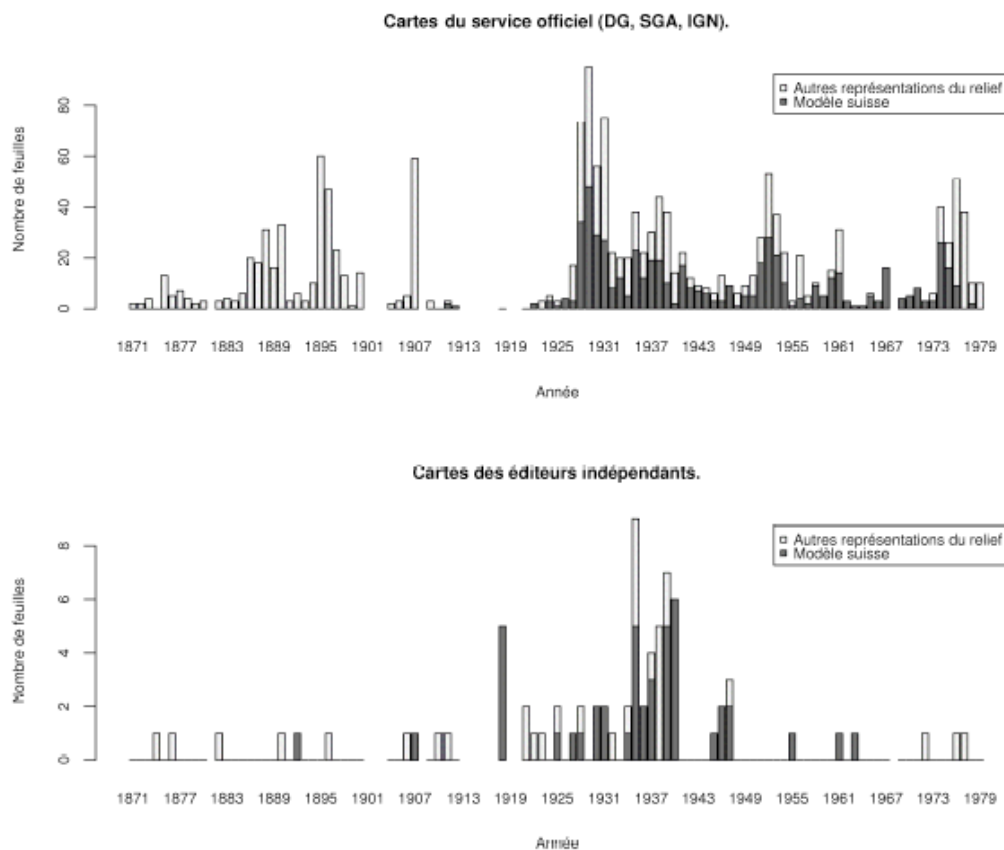
En France, les topographes-alpinistes les plus influents, comme Franz Schrader et Henri Vallot, se réclamèrent systématiquement de ce que j'appellerai le « modèle suisse »¹¹⁵⁶. A l'exception de la première carte du Mont Perdu de Schrader en 1874, toutes leurs véritables cartes topographiques (c'est-à-dire autres que les schémas topographiques et les cartes-croquis) adoptèrent une représentation topographique basée sur trois éléments dérivés des cartes suisses : des courbes de niveau en bistre et parfois en noir pour les zones rocheuses peu déclives, un dessin à l'effet du rocher, et l'emploi du bleu pour les glaciers (soit directement pour les courbes elles-mêmes, soit pour un signe conventionnel ou une représentation à l'effet sur ces courbes). Le Service géographique de l'armée reprit également ces éléments : s'ils étaient plus ou moins enrichis dans les types 1900 et 1922 de la carte de France au 1 : 50 000 (planche de vert, estompage, etc.), ils constituaient l'essentiel de la représentation cartographique sur la carte de France au 1 : 20 000¹¹⁵⁷.

4.2.2.2. Généralisation rapide et fausse naturalité.

Le graphique suivant illustre la proportion de feuilles de mon corpus basées sur le modèle suisse, c'est-à-dire les courbes de niveau, le rocher à l'effet et cette trilogie de couleurs devenue classique : noir pour le rocher, bleu pour le glacier, bistre pour les courbes (graphique 15). Il montre comment ce modèle fut adopté au début du 20^e siècle par les topographes-alpinistes, puis par le SGA avec les premières publications des nouvelles cartes de France au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000. Sa généralisation rapide et durable apparaît clairement. Elle est d'autant plus remarquable que dans les feuilles n'employant pas le modèle suisse se trouvent, à côté des éditions révisées de la carte d'état-major et des plans directeurs monochromes, des exemples d'une représentation du relief relativement proche, dans laquelle seul un élément diffère du modèle suisse, comme par exemple le rocher à l'effet dessiné en bistre et non en noir.

¹¹⁵⁶ Voir annexe 2, figure 11 : reproduction d'un détail de la feuille *Argentière* de la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000 des Vallot, parfait exemple du modèle suisse.

¹¹⁵⁷ Voir supra, partie 3, chapitre 4.2.1.3.



Graphique 15 : Evolution de l'utilisation du modèle suisse dans les cartes topographiques françaises, entre 1870 et 1980*.

* Modèle suisse : courbes de niveau en bistre, rocher à l'effet en noir, glacier en bleu.

Je trouve dans la séance du 8 mars 1912 de la Commission de topographie du CAF, durant laquelle ses membres critiquèrent la première feuille alpine de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 type 1900, une illustration particulièrement révélatrice de l'adoption générale du modèle suisse de la représentation du relief. Alors que toute la séance était très clairement consacrée à la démonstration de l'inadaptation des cartes officielles aux besoins spécifiques des alpinistes – pour justifier l'entreprise cartographique de la Commission –, les membres ne menèrent qu'une critique *interne* des différents éléments de ce système de représentation, sans jamais remettre en cause ni questionner un système qu'ils avaient eux-mêmes adoptés. Ils critiquèrent ainsi l'expressivité des courbes de niveau, l'utilisation des couleurs plus que leur choix, ou encore la qualité de la représentation à l'effet du rocher. Surtout, leur insistance sur les emplois « irrationnels » de tel ou tel élément prouvait que ce système de représentation s'était déjà imposé comme « naturel » et « rationnel » dans les milieux les plus compétents en topographie. D'ailleurs, l'absence complète de

remarque sur le processus de normalisation de la représentation du relief en cours, ne serait-ce que pour souligner, par exemple, l'adoption par le SGA du modèle de représentation défendu par les topographes-alpinistes – ce qui aurait bien été dans l'état d'esprit de ces derniers –, démontre à quel point la naturalisation de ce modèle était avancée. L'évolution cartographique témoigne de la façon dont il s'imposa rapidement pour tous les utilisateurs de cartes topographiques – jusqu'à devenir une évidence pour les utilisateurs actuels.

Cependant, sa généralisation rapide et son utilisation encore majoritaire de nos jours ne doivent pas voiler le changement fondamental qu'il représentait à la fin du 19^e siècle. Je pense qu'il faut critiquer l'apparente « naturalité » d'un modèle qui s'est imposé comme une convention dans la cartographie topographique. Dans ses travaux, Denis Wood a souligné que la perception des signes cartographiques est trop souvent qualifiée de naturelle à cause d'une analogie apparente entre les signes et la réalité géographique qu'ils représentent, alors même que leur évidence provient généralement d'un processus de naturalisation culturelle¹¹⁵⁸. Je ne considère donc pas que l'adoption du modèle suisse relève d'une représentation plus « naturelle ». A mon avis, le choix des couleurs (bistre pour le terrain meuble, c'est-à-dire la terre, bleu pour le glacier, noir pour le rocher) correspondait plus à une convention figurative ancienne, que l'on trouve déjà sur les premières gravures des régions montagneuses¹¹⁵⁹, qu'à l'expérience directe du terrain : les glaciers ne sont pas plus systématiquement bleus que le rocher n'est noir ou le terrain meuble marron (il est d'ailleurs plus souvent couvert de végétation, donc vert) – la carte du massif du Mont Blanc de Viollet-le-Duc montre d'ailleurs que le glacier peut être représenté avec expressivité dans une teinte grisée. Les courbes de niveau n'étaient pas non plus une façon « naturelle » de représenter le terrain pour les contemporains : j'ai déjà montré comment leur adoption avait considérablement modifié les habitudes de lecture de la carte¹¹⁶⁰. Enfin, le rocher à l'effet constituait selon moi un véritable paradoxe : afin de donner une représentation plus expressive et naturelle de zones impossibles à représenter en courbes de niveau (elles seraient collées les unes aux autres compte tenu de la pente), le rocher était dessiné en projection horizontale, c'est-à-dire dans l'axe de vue de la carte, mais sa forme de croquis perspectif pouvait le faire percevoir comme une représentation depuis le point de vue horizontal du topographe et de l'utilisateur de la carte sur le terrain¹¹⁶¹.

J'interprète donc cette généralisation extrêmement rapide du « modèle suisse », non pas comme la preuve de sa « naturalité », mais au contraire comme la manifestation d'une volonté de normalisation de la représentation topographique qui s'inscrivait dans la nouvelle et double orientation scientifique et industrielle de la cartographie. Ainsi, dès les années vingt, l'immense majorité des cartes topographiques utilisait les mêmes bases de représentation, modulées par une série d'éléments complémentaires, comme des couleurs supplémentaires, l'éventuel emploi d'un estompage, des variations dans l'équidistance des courbes – souvent corrélée à l'échelle –, au point qu'elles devinrent peu à peu naturelles pour les utilisateurs.

4.2.2.3. Une base stable pour des variations utilitaires.

¹¹⁵⁸ WOOD Denis. Cultured symbols. Thoughts on the cultural contexts of cartographic symbols. *Cartographica*, 1984, 21/4, p. 7-37.

¹¹⁵⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 1.1.2.

¹¹⁶⁰ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.3.3.

¹¹⁶¹ Voir infra, partie 3, chapitre 4.3.

Partie 3. Géométrisation et expressivité de la représentation du relief, la convergence des problématiques militaires et alpinistes (1890-1940).

Le modèle suisse était formé de quelques règles simples qui pouvaient être employées exclusivement, donnant des cartes relativement dépouillées comme l'Atlas Siegfried, la carte du massif du Mont Blanc des Vallot ou la carte de France au 1 : 20 000 type 1922, ou au contraire enrichies par d'autres éléments, comme dans les cartes de France au 1 : 50 000 type 1922 et surtout type 1900. Si sa formalisation répondait à une volonté de clarté et de lisibilité qui procédait d'une conception utilitariste de la cartographie, il conservait un élément figuratif fondamental, le rocher à l'effet, et pouvait être adapté à des cartes que je considère comme encore inscrite dans la conception fixiste de la cartographie, à l'image du type 1900. Ce « modèle suisse », qui ne fut d'ailleurs jamais reconnu et désigné comme tel, posait seulement les bases stables d'une représentation normalisée du relief, susceptibles d'être adaptée à des besoins divers.

Les différences entre le type 1900 et le type 1922, pourtant tous deux inspirés du modèle suisse, offrent un bon exemple des variations possibles sur les mêmes bases de représentation topographique. Ainsi, même si sa courte existence facilita une plus grande cohérence générale, le type 1900 fut la dernière carte officielle à présenter une forte homogénéité dans l'ensemble des techniques de levé et des procédés de représentation cartographique adoptés. Le tableau suivant montre la proportion de zones sur les feuilles des types 1900 et 1922 couvrant le territoire français et employant certaines variations du modèle suisse : équidistances différentes, estompage, mise en valeur des courbes maîtresses, couleurs supplémentaires au trois couleurs « de base » (tableau 16). La période de publication prise en compte pour chaque type est d'une durée relativement proche : de 1911 à 1926 essentiellement pour le type 1900 (à l'exception d'un tirage tardif de la feuille *Tignes* en 1932), et de 1926 à 1939 pour le type 1922.

Tableau 16 : Variations de la représentation cartographique dans les feuilles de la carte de France au 1: 50 000 basées sur le modèle suisse, entre 1900 et 1939*.

		Type 1900		Type 1922	
		Effectif	Pourcentage	Effectif	
Equidistance					
	20 m.	2	16,67	37	55,22 %
Estompage	Oui	11	91,67 %	47	70,15 %
	Non	1	8,33 %	20	29,85 %
Courbes maîtresses**	Gras	12	100 %	67	100 %
	Altitude	0	0 %	3	4,48 %
Nombre de couleurs	3	0	0 %	15	22,39 %
	4	0	0 %	32	47,76 %
	5	0	0 %	20	29,85 %
	6	2	15,38 %	0	0 %
	8	11	84,62 %	0	0 %
Nombre total de feuilles		12	100 %	67	100 %

* Seules ont été prises en compte les zones couvrant le territoire français, qui sont généralement les seules représentées en détail.

** Les courbes maîtresses peuvent être mises en valeur par un trait gras et / ou une indication d'altitude : le total peut donc dépasser le nombre total de feuilles.

Le tableau montre ainsi que le type 1900 présentait une homogénéité plus grande, que je considère comme une preuve supplémentaire de sa conception comme un tableau figé du territoire, donc de son inscription dans la conception fixiste de la cartographie. Au

contraire, le type 1922 présenta dès les deux premières décennies de sa publication une plus grande hétérogénéité, aussi bien par les diverses techniques de levé employées que par les variations très sensibles de son mode de représentation : équidistances des courbes de niveau, mise en valeur des courbes maîtresses, nombre et utilisations des couleurs, estompage. Les deux étaient bien sûr liés¹¹⁶², mais le respect moins strict des spécifications répondait aussi à l'affirmation de la conception utilitariste dans la pratique cartographique. Ainsi, en fonction des impératifs économiques ou des utilisations envisagées, une feuille pouvait se voir doter ou non d'un estompage, d'une équidistance plus petite ou d'une planche de vert. Si les bases du modèle suisse, comme je les ai définies, étaient toujours respectées, elles permettaient toute sorte de variations utilitaires.

Cette différence notable entre le type 1900 et le type 1922 confirme mon hypothèse que le type 1900 représentait finalement le dernier mais flamboyant avatar de la cartographie fixiste et figurative, remplacé par un type 1922 pour lequel le SGA se souciait davantage de rentabilité et d'efficacité dans ce que j'ai appelé la conception utilitariste de la cartographie. Cependant, l'approche figurative n'avait pas complètement disparu avec le type 1922 : à partir des années vingt, elle se retrouva concentrée dans la problématique de l'expressivité du relief, à laquelle participèrent activement les derniers topographes-alpinistes.

4.2.3. Héritage figuratif et approche scientifique dans la représentation à l'effet du rocher.

4.2.3.1. La technique du rocher à l'effet, entre interprétation scientifique et représentation artistique.

Nous avons vu que la formalisation de méthodes instrumentales de levés du terrain, l'adoption des courbes de niveau et l'insistance sur l'étude topologique du terrain avant sa représentation topographique, participaient à une volonté de privilégier l'interprétation scientifique du terrain à son interprétation artistique, pour en donner une représentation « exacte » assurée par des mesures et des théories scientifiques jugées indiscutables¹¹⁶³. Pour autant, l'approche figurative n'était pas entièrement rejetée, essentiellement parce que les courbes de niveau se révélaient incapables de représenter de façon satisfaisante les masses rocheuses fortement déclives : au-delà d'une certaine pente, dont l'angle exact dépendait de l'échelle et de l'équidistance des courbes, il devenait extrêmement difficile de tracer des courbes de niveau suffisamment fines pour qu'elles ne se touchent pas, rendant alors impossible toute mesure ou même représentation du relief. Les masses rocheuses étaient donc soit représentées par un signe conventionnel, soit dessinées à l'effet, c'est-à-dire sous la forme d'un croquis perspectif en projection horizontale tentant de rendre la structure particulière de la masse représentée.

Les topographes attachés à l'expressivité de la représentation cartographique voyaient dans cette limite un défaut majeur des courbes de niveau, notamment par rapport aux hachures normalisées de la carte d'état-major. En proposant un mode de représentation du relief unifié, hachures normalisées pour les pentes douces et hachures figuratives pour le rocher¹¹⁶⁴, celle-ci rendait selon eux de façon plus cohérente la progressivité et la différence entre les pentes : plus une zone était sombre, plus la pente était importante. Le mélange

¹¹⁶² Voir infra, partie 3, chapitre 4.3.

¹¹⁶³ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.

¹¹⁶⁴ Le rocher était conçu comme un signe conventionnel : il était représenté en hachures figuratives, sans souci de reproduire les caractéristiques réelles de la masse rocheuse représentée.

de courbes de niveau avec un rocher à l'effet en ton souvent trop clair, pouvait au contraire donner des impressions fausses sur les différences de pente et allait à l'encontre de la cohérence du système de représentation.

Pourtant, le dessin du rocher à l'effet avait un rôle fondamental qui dépassait la seule difficulté de représenter les pentes fortes, toujours rocheuses, en courbes de niveau. Il permettait de mettre en valeur des zones rendues peu visibles par la projection horizontale adoptée par le dessin cartographique. En effet, les zones rocheuses étant souvent proches de la verticale, elles prenaient une grande place dans la vision perspective de l'observateur sur le terrain, facilitant la perception de leur forme originale ; mais une fois projetée sur le plan, elles se retrouvaient particulièrement rétrécies, souvent proches d'une simple ligne. Selon Franz Schrader, « l'importance du rocher représenté topographiquement [était] inversement proportionnelle à son importance dans le paysage perspectif »¹¹⁶⁵, d'où l'attention particulière accordée par les topographes-alpinistes à la qualité de sa représentation à l'effet, qui devait permettre de rendre le mieux possible les spécificités de chaque masse rocheuse dans une surface très limitée du plan par rapport à son importance perçue sur le terrain.

Le dessin du rocher n'échappait pas complètement à l'influence de l'interprétation scientifique du terrain. Franz Schrader lui-même insistait sur le fait que « pour représenter correctement la topographie des formes rocheuses, telles que l'œil ne les [voyait] jamais, il [fallait] d'abord les comprendre, c'est-à-dire, avant tout, les analyser »¹¹⁶⁶ ; et il consacrait ainsi une grande partie de son *Essai sur la représentation topographique du rocher*, commandé par la Commission de topographie du CAF, aux théories scientifiques de l'érosion et à leur traduction graphique. Mais tous les topographes insistaient sur le sens artistique nécessaire à une « bonne » représentation à l'effet du rocher, et les spécialistes reconnus dans ce domaine appartenaient aux topographes les moins influencés par l'interprétation scientifique : Franz Schrader, bien sûr, mais avant lui les topographes suisses qui développèrent une représentation particulièrement expressive du rocher sans référence aux théories géomorphologiques systématisées plus tardivement par Davies. En tant qu'interprétation plus artistique que scientifique du terrain, le dessin à l'effet du rocher s'inscrivait donc plutôt dans l'approche figurative de la cartographie. Sous l'influence des topographes-alpinistes, le SGA instaura peu à peu des règles pour la représentation du rocher qui montraient clairement qu'elle se situait à la limite de la formalisation scientifique mise en place dans les levés de précision.

4.2.3.2. Limiter l'interprétation artistique pour le dessin du rocher à l'effet dans les cartes officielles.

J'ai déjà montré comment les levés de précision s'inscrivaient selon moi dans une « scientificisation » de la cartographie, en particulier par la géométrisation accrue de la représentation du relief permise par le développement de la mesure instrumentale du terrain¹¹⁶⁷. Goulier et de la Noë insistèrent particulièrement sur cette formalisation scientifique des levés topographiques, mais jusqu'au début du 20^e siècle, l'application pratique des nouvelles méthodes dans les zones de haute montagne se trouva limitée par le peu d'intérêt des militaires pour des régions inaccessibles. L'essor des troupes de

¹¹⁶⁵ SCHRADER Franz. *Essai sur la représentation topographique du rocher*. Op. cit., p. 5.

¹¹⁶⁶ *Ibid.*, p. 7.

¹¹⁶⁷ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.

montagne, le développement du tir indirect en artillerie, l'ambition de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000, provoquèrent un investissement grandissant des topographes militaires dans les hautes régions, qui se traduit dans les trente premières années du 20^e siècle par une série d'expérimentations et de règlements portant sur la représentation du rocher.

Confronté au problème « de faire traiter le levé du rocher par un ensemble de topographes, les uns experts, les autres novices aux travaux de grande montagne, et doués de facilités artistiques très inégales en matière de dessin non géométrique », le SGA envoya en 1907 « une mission d'étude sur place de la figuration artistique du rocher en montagne, [...] confiée pendant un mois à deux dessinateurs topographes professionnels de la Section de Cartographie, MM. Trinquier et Protin, en vue du dessin des feuilles alpines de la carte au 50.000^e »¹¹⁶⁸. Les conclusions de cette mission aboutirent à une nouvelle organisation du levé, dans laquelle « les opérateurs [substituaient] à la figuration artistique du rocher de simples croquis schématiques destinés à fournir aux dessinateurs professionnels tous les éléments essentiels d'une représentation raisonnée et vraie des grands escarpements ». Ces nouvelles règles donnèrent « des résultats [...] assez encourageants pour qu'il y [eût] lieu de persévérer dans cette voie en s'efforçant d'obtenir que les caractères susceptibles de différencier les grandes masses rocheuses [fussent] bien compris et exprimés fidèlement »¹¹⁶⁹. Les feuilles alpines du 1 : 50 000 déjà aux mains des dessinateurs furent complétées par des croquis réalisés spécialement sur place par le directeur de l'école des dessinateurs-topographes du service.

Cette nouvelle organisation est à comprendre comme une tentative pour laisser l'interprétation artistique du rocher aux seuls dessinateurs, en chargeant les officiers-topographes de dresser des croquis des masses rocheuses plus scientifiques que les dessins à l'effet qu'ils réalisaient auparavant directement sur les minutes. Encore dominés par les seuls besoins militaires, les travaux du SGA se concentraient sur une figuration du rocher dont le but n'était pas la « vérité » dans le sens artistique du terme, mais la position précise et facilement identifiable des masses rocheuses pour déterminer les cibles et les passages qui seuls importaient aux troupes sur le terrain. Cette volonté, « scientifique » dans sa recherche de l'efficacité objective plus que de l'expressivité subjective, se révélait d'ailleurs dans le vocabulaire employé par le SGA qui parlait d'obtenir une « représentation raisonnée et vraie ».

4.2.3.3. L'influence des topographes-alpinistes sur les travaux du SGA.

Malgré les efforts du SGA, la figuration du rocher sur les feuilles alpines du type 1900 fut sévèrement critiquée par les membres de la Commission de topographie du CAF, représentants autoproclamés des préoccupations cartographiques des alpinistes. Avec la toponymie et le nombre de cotes d'altitude, ce fut l'un des sujets les plus abordés lors de la fameuse séance de critique de la feuille *Tignes* de la nouvelle carte de France¹¹⁷⁰. D'une façon générale, les membres de la Commission trouvaient le dessin du rocher « inexpressif »¹¹⁷¹ et « faiblement traité »¹¹⁷², représenté comme un signe conventionnel,

¹¹⁶⁸ Rapp. SGA 1907, p. 17.

¹¹⁶⁹ Rapp. SGA 1908, p. 18.

¹¹⁷⁰ Voir supra, partie 3, chapitre 1.2.3.1.

¹¹⁷¹ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 28.

¹¹⁷² *Ibid.*, p. 22.

alors qu'il faudrait « traiter la haute montagne *comme un portrait*, et non comme un simple schéma »¹¹⁷³. Ils rejetaient en particulier la nouvelle organisation adoptée par le SGA, dans laquelle le dessin était exécuté au « cabinet, par un dessinateur peut-être habile, mais qui, n'ayant jamais vu le terrain et n'ayant probablement à sa disposition ni photographies, ni croquis perspectifs, ni renseignements d'aucun genre [ce qui n'était en fait pas le cas], ne saurait prétendre à *faire ressemblant* »¹¹⁷⁴. Seul Léon Maury, l'un des deux officiers participant à la séance, relativisait ses critiques par la finalité de la carte de France, soulignant que « le dessin du rocher [était] d'importance relativement secondaire, sauf au point de vue de l'alpinisme » et qu'« à ce point de vue, la seule chose qui [paraissait] indispensable [fut] qu'il [fût] facile à lire »¹¹⁷⁵ – ce qui n'était malheureusement pas le cas selon lui.

Partagés entre la potentialité d'une approche rigoureusement scientifique du dessin du rocher et le désir de voir persister une approche artistique et figurative, les membres de la Commission émettaient cependant un avis unique en se prononçant pour la nécessité de recourir à des spécialistes pour ce travail – notamment eux-mêmes. Leur activité de lobbying auprès du SGA ne fut pas sans effet. Alors qu'il paraissait relativement satisfait avant la guerre de la méthode adoptée en 1907, ce dernier changea radicalement d'orientation au début des années vingt, jugeant rétrospectivement « insatisfaisante » une organisation qu'il qualifiait de « provisoire »¹¹⁷⁶. J'interprète ce changement soudain par la double influence de la Commission de topographie, que le SGA consulta sur les problèmes de représentation du rocher, et de la publication de la nouvelle carte de France au 1 : 20 000, qui demandait de prendre en compte les besoins techniques et touristiques en plus des seuls besoins militaires considérés pour les plans directeurs. Une série d'expérimentations fut alors consacrée à la représentation des massifs rocheux, marquée par le début de l'automatisation du tracé des courbes de niveau¹¹⁷⁷.

4.2.3.4. Entre science et art, la position ambiguë des topographes-alpinistes.

Dans la conception que les topographes-alpinistes se faisaient de la figuration du rocher, se retrouvait la même opposition fondamentale entre une approche scientifique censée être rigoureuse et objective, « raisonnée », et une approche artistique teintée d'une inévitable subjectivité. La séance du 8 mars 1912, par le détail et la longueur des réflexions critiques qui y furent présentées, est particulièrement représentative de cette ambiguïté.

D'un côté, les membres de la Commission reprochaient à la nouvelle carte de France la mauvaise intelligence du terrain, c'est-à-dire sa mauvaise interprétation scientifique, qui avait donné un dessin inexact et conventionnel du rocher, sans « l'étude minutieuse des escarpements et des arêtes [...] de l'Atlas Siegfried »¹¹⁷⁸ par exemple, et qui faisait que « d'un bout à l'autre de la feuille de Tignes, le rocher [était] représenté de la même manière »¹¹⁷⁹. Cette tendance à vouloir appliquer à la représentation du rocher la même

¹¹⁷³ *Ibid.*, p. 14.

¹¹⁷⁴ *Ibid.*, p. 14-15.

¹¹⁷⁵ *Ibid.*, p. 20.

¹¹⁷⁶ GENDRE F. La feuille de « La Grave ». *Op. cit.*, p. 251.

¹¹⁷⁷ Voir infra, partie 3, chapitre 4.3.

¹¹⁷⁸ PV Com. Topo. CAF. Séance du 8 mars 1912, p. 22.

¹¹⁷⁹ *Ibid.*, p. 27.

approche objective qu'à la mesure du relief pour le tracé des courbes de niveau, se traduisait notamment dans la croyance que les officiers du SGA pouvaient arriver « à tout le degré de la perfection possible »¹¹⁸⁰ par une meilleure compréhension de la topographie et l'application de règles rationnelles.

D'un autre côté, les membres reprochaient à cette figuration du rocher d'être « peu expressive », « pas assez "parlante" », d'une « vérité banale »¹¹⁸¹, un ensemble de critiques inscrites dans le champ lexical de la représentation artistique. Je trouve que la subjectivité évidente dans ce domaine se reflétait particulièrement bien dans l'échec des membres à définir une référence unique : certains jugeaient que les feuilles de l'Atlas Siegfried présentaient le meilleur dessin du rocher, d'autres que les cartes de Franz Schrader leur étaient supérieures, d'autres encore citaient les exemples moins classiques des cartes du Club alpin austro-allemand ou des levés topographiques de Matthes en Arizona et en Californie.

Selon moi, l'ambiguïté de la position des topographes-alpinistes trouvait son origine dans leur environnement culturel et dans les besoins pratiques des alpinistes. Comme je l'ai déjà montré, tous les topographes-alpinistes s'inscrivaient dans le modèle de l'excursionnisme cultivé qui concevait la découverte de la montagne dans ses deux dimensions scientifiques et esthétique. Développée avec l'essor des conceptions modernes de la glaciologie et de la géomorphologie, leur rationalité scientifique se trouvait limitée par leur héritage romantique dans lequel persistait une approche poétique, lyrique, voire sentimentale de la haute montagne. Pour autant, les masses rocheuses constituaient un véritable problème pour l'alpiniste qui, contrairement au militaire, ne cherchait pas à les éviter mais bien à les franchir : leur représentation ne pouvait donc être seulement expressive, mais devait également contenir des informations pratiques à une époque où se développaient l'alpinisme sans guide et l'escalade pure¹¹⁸², deux pratiques avides de sources documentaires.

4.2.3.5. L'intérêt touristique et la naissance des topo-guides.

Je pense d'ailleurs qu'en plus du souci scientifique de rendre les caractéristiques géologiques des masses rocheuses et du souci esthétique de glorifier la montagne par la carte, l'importance du souci touristique dans les œuvres des topographes-alpinistes ne doit pas être négligée. Henri et Joseph Vallot avaient par exemple explicitement choisi de le privilégier dans le dessin topographique de leur carte du massif du Mont-Blanc :

« Nous nous sommes fixés pour objectif de donner du rocher la représentation qui fût la mieux adaptée aux besoins de ceux à qui elle est vraiment destinée, c'est-à-dire des alpinistes, parce que le principal service que les usagers attendent d'une carte est la possibilité d'y trouver leur chemin [...]. Nous avons donc rationnellement choisi sur les lignes d'intersection des faces entre elles, comme sur les faces elles-mêmes, une représentation topographique qui fait saillir les crêtes, arêtes et couloirs, c'est-à-dire les lignes directrices

¹¹⁸⁰ *Ibid.*, p. 17.

¹¹⁸¹ *Ibid.*, p. 22.

¹¹⁸² En particulier avec le groupe des rochassiers, qui donna naissance au Groupe de haute montagne. Ses membres commencèrent dès le début du siècle à s'entraîner pendant l'hiver à l'escalade pure sur les rochers de la forêt de Fontainebleau, adoptant et développant de nouvelles techniques sportives. HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

de l'architecture, parmi lesquelles figurent le plus souvent les voies d'ascension. »¹¹⁸³

Cette approche pratique trouvait ses limites dans la surface particulièrement réduite représentant les masses rocheuses les plus verticales sur une carte. Sous l'influence du développement de l'alpinisme sans guide, des descriptions d'itinéraires adoptèrent peu à peu le croquis en vue verticale pour illustrer les voies d'ascension avec des détails plus pertinents pour l'alpiniste qu'un tracé sur une carte. Encore relativement rare entre 1870 et 1910, quand les auteurs de recueils d'itinéraires et de récits de course étaient encore majoritairement des partisans de l'alpinisme avec guide, le procédé s'imposa avec les guides publiés par les Suisses Kurz et Dübli, en particulier le *Guide de la Chaîne du Mont-Blanc* (seconde édition, 1914), et surtout avec les *Guides Vallot* en France, dont la publication fut rapidement assurée par Lucien Devies. Ces derniers répertoriaient tous les itinéraires connus et les présentaient à l'aide d'une série de croquis perspectifs figurant sous tous les angles intéressants les voies d'ascension¹¹⁸⁴.

Comme la figuration du rocher sur les cartes, ces croquis en vue verticale mêlaient les deux approches scientifique et artistique, la surface supérieure représentée permettant d'intégrer plus de détails géologiques mais aussi des éléments décoratifs comme les arbres. Cependant, l'orientation pratique plus marquée de ces croquis, qui ne visaient pas comme les cartes à être un tableau de la montagne, privilégiait l'aspect rationnel de la représentation sur l'aspect esthétique. Mais la persistance de l'héritage figuratif, jugé complémentaire de l'approche scientifique, ne fut véritablement remise en cause qu'avec les débuts de l'automatisation et le fantasme d'une objectivité totale de la représentation du relief et du rocher.

4.3. Les impossibles tentations d'une fausse automatisation.

A partir de l'adoption des levés de précision comme base à la carte de France au 1 : 50 000 et du début d'un véritable investissement du SGA dans la cartographie de la haute montagne, le service officiel rechercha « une formule rationnelle de figuration du rocher »¹¹⁸⁵. Les utilisateurs les plus exigeants, scientifiques et alpinistes principalement, rejetaient catégoriquement l'emploi d'un graphisme conventionnel pour représenter le rocher à la place d'un dessin en vue perspective des masses rocheuses, mais critiquaient aussi sévèrement la figuration à l'effet sur la carte d'état-major et les plans directeurs. Ils demandaient une approche à la fois scientifique et artistique, donnant « un dessin qui fût en même temps *épure géométrique* et *portrait expressif* »¹¹⁸⁶. Ne pouvant répondre à tous les besoins particuliers, le SGA tenta « d'arriver à une figuration assez simple pour qu'elle [pût], en demeurant en quelque sorte anonyme, permettre d'obtenir un dessin bien homogène de l'ensemble des feuilles, quel que [fût] le topographe appelé à dresser chaque mappe », « en réduisant la part d'interprétation personnelle de chaque opérateur »¹¹⁸⁷, tout en essayant de ne pas en faire un simple signe conventionnel. Cette volonté de rationalisation et de dépersonnalisation de la représentation du rocher participait d'un refus

¹¹⁸³ Cité par VALLOT Guillaume. *Le Chemin qui n'existait pas. L'Alpes, 2000, 7, p. 19.*

¹¹⁸⁴ VALLOT Guillaume. *Le Chemin qui n'existait pas. Op. cit., p. 14-22.*

¹¹⁸⁵ GENDRE F. La feuille de « La Grave ». *Op. cit., p. 250.*

¹¹⁸⁶ ALINHAC Georges. *Histoire de la cartographie des montagnes. Op. cit., p. 7.*

¹¹⁸⁷ Rapp. SGA 1924-25, p. 35.

plus général d'une spécialisation de la topographie de haute montagne, et d'un souci d'industrialisation du processus cartographique apparu avec ce que j'ai appelé la *tentation topométrique* dans les levés de précision¹¹⁸⁸. Dans les années vingt, cette volonté investit logiquement les nouvelles possibilités de mécanisation du tracé des courbes de niveau offertes par le stéréoautographe. Mais cette orientation fondamentale du SGA fut limitée par l'influence encore importante des topographes-alpinistes et les limites technologiques de ce qui n'étaient pas une véritable automatisation.

4.3.1. Les expérimentations permises par le tracé mécanique des courbes de niveau.

4.3.1.1. Les nouvelles possibilités du stéréoautographe : une fausse automatisation.

A partir de 1922, l'utilisation du stéréoautographe pour restituer les levés photographiques alpins modifia profondément les conditions de représentation cartographique des masses rocheuses. En permettant de tracer mécaniquement les courbes de niveau à partir de clichés stéréophotographiques, cet instrument supprimait les limites traditionnelles à la représentation des zones inaccessibles. Pour obtenir des courbes précises, il n'était plus nécessaire de les filer ou de déterminer un grand nombre de points d'intersection, particulièrement difficiles à observer sur des surfaces rocheuses, par des longues opérations de terrain. Un seul couple de photographies permettait d'obtenir un tracé précis et géométrique sans intervention manuelle de l'opérateur dans le tracé lui-même.

Cette mécanisation du tracé fit naître la tentation d'une représentation topométrique du relief par la généralisation de l'emploi des courbes de niveau à tous les types de terrain, en particulier au rocher traditionnellement représenté par des signes conventionnels ou un dessin à l'effet. J'é mets l'hypothèse que cette tentation procédait en fait d'une confusion souvent rencontrée dans les textes contemporains, entre la *mécanisation* du tracé, qui nécessitait toujours une intervention humaine, et son *automatisation* fantasmée, dans laquelle la carte topographique serait produite directement à partir des clichés photographiques. Une telle automatisation aurait permis d'envisager la rationalisation complète de la représentation cartographique souhaitée par le SGA, en supprimant toute interprétation du relief sur la majorité de la surface couverte, restituée avec succès au stéréoautographe.

4.3.1.2. Les essais infructueux de représentation du rocher en courbes de niveau.

Quelques essais furent effectués pour figurer le rocher uniquement en courbes de niveau, mais ils n'aboutirent finalement qu'à des conclusions rappelant les limites déjà connues du stéréoautographe dans le tracé des courbes, en particulier les chevauchements, l'inexpressivité ou la mollesse de certaines d'entre elles :

« Sans aucun doute, le stéréoautographe donne, en général, des courbes de niveau qui, prises isolément, rendent fidèlement les sinuosités du terrain. Toutefois, dans les massifs abrupts, une flexion irrégulière des organes ou la manœuvre de cet appareil font que des courbes voisines viennent quelquefois au contact sur une partie de leur tracé ou chevauchent même légèrement. »

¹¹⁸⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.1.

D'autre part, les faces fuyantes, les anfractuosités échappent fréquemment à l'investigation du stéréoautographe, lequel ne donne, en définitive, qu'une surface enveloppe des masses rocheuses et arrondit les angles brusques des courbes. Enfin, la représentation obtenue par les seules courbes, même lorsqu'elle est irréprochable, n'est pas assez parlante, car elle ne fait pas ressortir avec toute la vigueur qui conviendrait les lignes caractéristiques du terrain dans les hautes régions, les arêtes, les contours bien nets, les changements de pente, les lignes de stratification ou de schistosité, etc..., alors que ces diverses particularités frappent vivement le regard à la simple inspection du paysage. Une figuration strictement géométrique, en projection horizontale, ne donne du reste pas le moyen de signaler les accidents, fussent-ils même importants, qui se dressent dans un même plan vertical, tels que les dentelures de crêtes, les pics, etc... Pour ces diverses raisons, il a paru au Service Géographique, après les premières tentatives, qu'il convenait de rassembler une documentation plus importante encore des parties rocheuses, et de chercher à compléter, soit en ajoutant au simple tracé des courbes des indications particulières, soit en ayant recours à certains artifices de dessin, le mode de figuration usité normalement pour les régions non rocheuses. »¹¹⁸⁹

4.3.1.3. Les expérimentations sur le tracé des courbes.

En rejetant l'emploi des courbes seules pour les zones rocheuses, le SGA ne rejetait pas pour autant l'ambition d'une représentation topométrique. Les possibilités supposées ou véritablement offertes par le stéréoautographe restaient trop tentantes pour ne pas être exploitées. Ainsi, une série d'expérimentations fut menée entre 1923 et 1925 dans la région de la Grave pour trouver une façon de supprimer toute représentation à l'effet du rocher en généralisant le recours aux courbes de niveau, complétés par d'autres artifices de dessin. Deux méthodes différentes furent successivement essayées :

- *le tracé des lignes caractéristiques en surcharge des courbes (1923) : à partir d'une minute de restitution portant les courbes tracées par le stéréoautographe, l'opérateur devait « ajouter dans les parties abruptes les lignes caractéristiques de leur architecture spéciale telles que les arêtes, les couloirs, les changements de pente, les lignes de stratification et de schistosité »¹¹⁹⁰. Mais la surcharge produisait un effet jugé inesthétique et rendait parfois la carte peu lisible.*
- *la modification du trait des courbes (1924) : « sur le levé du rocher en courbes de niveau, les arêtes étaient signalées par une interruption ou par un amincissement de chaque courbe, tandis que les fonds de ravin se trouvaient indiqués au moyen d'un trait soit continu, soit interrompu »¹¹⁹¹. Mais cette méthode obligeait à retoucher le tracé des courbes et posait des problèmes de reproduction « pour la figuration des grands escarpements et celle des aiguilles qui jalonnent les lignes de crête et certains versants »¹¹⁹².*

Les résultats de ces expérimentations n'étaient pas jugés très satisfaisants, mais les partisans d'une représentation topométrique la voyaient déjà remplacer « l'ancienne manière, plus artistique peut-être, mais moins précise et souvent erronée quoique paraissant plus expressive », et ils soutenaient qu'il s'agissait d'« une affaire d'étude

¹¹⁸⁹ Rapp. SGA 1924-25, p. 33-34.

cartographique et d'éducation de l'œil » et que « la représentation en courbes, rehaussée par une couleur spéciale (teinte neutre), [avait] autant d'expression, quand on y [était] habitué »¹¹⁹³.

Les deux méthodes permettaient certes d'assurer une plus grande cohérence de la représentation du rocher, grâce à une approche plus rationnelle limitant l'interprétation du terrain par l'officier-topographe. En cela, elles s'inscrivaient dans la volonté de mettre en place une méthode de levés plus industrielle au SGA. Mais contrairement à l'utilisation unique des courbes de niveau restituées, elles nécessitaient soit une plus grande quantité de documentation (photographies documentaires, croquis perspectifs, parfois planchettes de complément), soit un opérateur connaissant suffisamment bien le terrain, c'est-à-dire l'officier ayant exécuté les levés photographiques ou les compléments. Les expérimentations furent d'ailleurs menées par certains des topographes devenus spécialistes de la haute montagne dont j'ai déjà souligné l'émergence¹¹⁹⁴. Par exemple, Joseph Recordon reçut en 1923 « mission de rechercher sur le terrain et de reporter sur la restitution les lignes caractéristiques des masses rocheuses, puis [d'étudier] un mode de représentation en combinant ces données avec les courbes restituées »¹¹⁹⁵.

4.3.2. Un compromis entre les représentations géométrique et figurative du rocher.

4.3.2.1. L'influence des topographes-alpinistes sur les nouvelles règles pour le dessin du rocher au SGA.

Le SGA se trouvait partagé entre les partisans d'une représentation topométrique du rocher, basée sur l'emploi unique des courbes de niveau, et les partisans d'une représentation plus artistique, basée sur un rendu à l'effet inspiré des caractéristiques géologiques des massifs rocheux. Cependant, aux échelles inférieures au 1 : 10 000, la représentation géométrique détaillée en projection horizontale d'éléments topographiques quasiment verticaux tenait – et tient toujours – de la quadrature du cercle. Le SGA reconnaissait que « le problème de la représentation des parties rocheuses [était] pour ainsi dire insoluble » et prêtait à « des conceptions très diverses », si bien qu' « en dépit des progrès qu'il [pourrait] réaliser dans la figuration des hautes régions, [il devait] renoncer [...] à donner entière satisfaction à toutes les catégories d'intéressés, aux alpinistes, aux géologues, aux glaciologues, etc. »¹¹⁹⁶ Mais comme les cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 étaient explicitement destinées à satisfaire tous les publics, et que la diversité des utilisateurs s'était accrue depuis le 19^e siècle, la question ne fut pas tranchée de façon aussi nette que pour la carte d'état-major qui ne devait prendre en compte que les utilisations militaire et administratives.

Dans la deuxième moitié des années vingt, en plus des expérimentations de 1923-1925, le SGA étudia les autres publications alpines reconnues pour la qualité de leur représentation de la haute montagne : les cartes suisses et autrichiennes, ainsi que les œuvres de Franz Schrader, des Vallot et de Robert Perret. Il demanda également l'avis de la Commission des travaux scientifiques du Club alpin français, dont les membres compétents

¹¹⁹³ GENDRE F. Travaux du SGA... *Op. cit.*, p. 104.

¹¹⁹⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.3.

¹¹⁹⁵ Rapp. SGA 1922-23, p. 96.

¹¹⁹⁶ Rapp. SGA 1924-25, p. 34-35.

se prononcèrent naturellement pour une figuration à l'effet confiée à des spécialistes, après avoir étudié et détaillé les qualités et défauts des courbes restituées au stéréoautographe :

« A la suite de la longue discussion qui eut lieu à la Commission scientifique du Club Alpin Français, qui tint presque trois séances et à laquelle prirent part Paul Girardin, Paul Helbronner, Wilfrid Kilian, Emmanuel de Margerie, Emmanuel de Martonne, le Commandant Maury, le Lieutenant-Colonel Noirel, Robert Perret, etc., il fut admis que le stéréoautographe rendait bien les grands épaulements, les hauts pâturages, et qu'il les donnait même avec une délicatesse qu'aucun autre procédé ne saurait égaler, mais qu'il ne pouvait suppléer la planchette pour les fonds de ravins escarpés ou les parcours sous bois et qu'il était nettement inférieur à la méthode photogrammétrique normale inventée par Laussedat, perfectionnée par Deville et par Henri Vallot, pour le rendu des masses rocheuses ; ce dernier procédé étant par contre moins rapide au bureau et plus onéreux. Le stéréoautographe ne traduit pas exactement par ses courbes la forme aiguë du rocher en haute montagne et ce défaut est dû à ce que c'est un instrument soumis à des forces d'inertie et qu'il y a un retard dans le tracé du style, donc un certain flottement de la courbe. »¹¹⁹⁷

Enfin, le SGA choisit d'adopter un compromis entre les représentations géométrique et artistique. Il fixa donc « une formule qui, tout en conservant à la carte son caractère de levé précis, [paraissait] devoir conduire à une figuration suffisamment expressive du rocher »¹¹⁹⁸. Ses principes généraux étaient les suivants :

« La minute du levé, obtenue par restitution stéréoautographique ou par levé direct à la planchette, est exécutée entièrement en courbes de niveau. La représentation en courbes, avec pour le rocher une couleur différente de celle appliquée au terrain meuble, est employée jusqu'à une pente limite (65 grades environ ou 160 %) au-dessus de laquelle est réservée la mise à l'effet au moyen de hachures. Cette mise à l'effet est, en principe, obtenue par un hachuré horizontal (parallèle aux courbes), d'autant plus dense que la pente est plus forte. Les lignes de crêtes sont mises en évidence par un éclaircissement obtenu, soit par interruption ou affaiblissement du trait des courbes, soit par l'aménagement d'un petit espace blanc entre les hachures des versants opposés. Mais, lorsque la crête est jalonnée de dents rocheuses, d'aiguilles, le dessinateur doit en faire ressortir le caractère déchiqueté en interrompant de temps en temps la ligne blanche indiquant la crête et en représentant par un dessin conventionnel les aiguilles qui méritent particulièrement l'attention. Dans les grands escarpements, l'effet de verticalité est renforcé par l'addition au hachuré horizontal de quelques traits perpendiculaires ou même par l'emploi exclusif d'un hachuré vertical. En outre, le relief est rendu plus expressif par l'emploi systématique de l'éclaircissement oblique, de manière à "foncer", aux abords des crêtes, le versant supposé dans l'ombre. En principe, l'éclaircissement adopté est celui de la lumière venant de l'angle Nord-Ouest de la feuille ; mais, dans certains cas particuliers où la direction des versants ne prête pas à l'utilisation de ce sens d'éclaircissement, le dessinateur

¹¹⁹⁷ Travaux du Service Géographique de l'Armée dans les Alpes en 1925. *La Montagne*, 22, n°188, janvier 1926, p. 25-26.

¹¹⁹⁸ GENDRE F. La feuille de « La Grave ». *Op. cit.*, p. 253.

adopte le sens le plus propre à donner l'impression du relief. [...] Bien entendu, la formule exposée ci-dessus doit être appliquée avec souplesse. Trop de rigidité rendrait la carte monotone et ne permettrait pas d'individualiser les aspects si variés, les caractères locaux, que présentent les masses rocheuses quand on les considère sur le terrain ou sur les photographies. »¹¹⁹⁹

Selon moi, ces nouvelles règles étaient justifiées par un ensemble complexe de raisons, parmi lesquelles l'influence encore forte des topographes-alpinistes et de leur préférence pour une représentation à l'effet du rocher donnant la structure locale de chaque masse rocheuse, mais aussi les limitations techniques du stéréoautographe, la conception généraliste des cartes de France, et l'existence au SGA d'un groupe informel de topographes alpins capables d'établir un dessin expressif du rocher.

4.3.2.2. Un recul de la tentation topométrique.

Utilisée pour la première fois sur les différentes coupures de la feuille *La Grave* de la carte de France au 1 : 20 000, la nouvelle méthode de figuration du relief fut relativement bien accueillie par les topographes-alpinistes, en partie sans doute parce qu'ils avaient été consultés à son sujet, mais aussi parce qu'elle prenait une distance notable avec l'approche topométrique qui avait présidé aux différentes expérimentations menées dans les années vingt. Non seulement la représentation à l'effet, majoritairement figurative, retrouvait sa place dans les zones les plus déclives, mais en plus elle adoptait l'éclairage oblique, déjà défendu au début du 19^e siècle par les partisans d'une représentation expressive plus que géométrique.

Cependant, cette méthode restait plus géométrique que celle anciennement utilisée pour les plans directeurs, dans lesquels les zones représentées à l'effet étaient plus étendues et reposaient plus sur les perceptions du topographe et du dessinateur que sur des règles précises. Mais les instructions insistaient sur la nécessité d'appliquer cette règle avec souplesse afin de rendre au mieux la structure locale des différentes masses rocheuses. J'interprète d'ailleurs cette insistance comme une preuve essentielle que la figuration du relief était envisagée dans une perspective *topographique*, visant à rendre les caractéristiques principales du terrain représenté, plus que *topométrique*, c'est-à-dire purement géométrique sans exagération des accidents jugés importants.

Le SGA affirmait ainsi la conception généraliste de la carte de France. Un de ses officiers topographes, le commandant Gendre, la présentait d'ailleurs explicitement comme « destinée à tous les publics » : elle devait « donner une idée d'ensemble de la région représentée et, dans le détail, permettre de s'orienter, de situer sa propre position et celle des points intéressants », mais même si elle devait « aussi, par sa précision, pouvoir servir de base à des travaux plus détaillés », elle n'était pas conçue comme « un plan au sens industriel du mot, ni une carte géologique et, enfin, [ne pouvait] prétendre remplacer un guide »¹²⁰⁰.

4.3.2.3. Les limites de l'orientation industrielle.

La nouvelle méthode de représentation du relief formalisée au SGA à la fin des années vingt était définie pour être « d'une application assez simple et à la portée de topographes, bon dessinateurs bien que n'étant pas des artistes au sens réel du mot », une « condition

¹¹⁹⁹ *Ibid.*, p. 253-254.

¹²⁰⁰ *Ibid.*, p. 256.

essentielle puisque c'[était] le topographe lui-même qui, en s'aidant de croquis exécutés sur place et de photographies prises au cours de la campagne, [devait] arrêter la représentation définitive du rocher »¹²⁰¹. Ainsi, cette méthode marquait non seulement un recul de la tentation topométrique alimentée par les fantasmes d'automatisation engendrés par l'utilisation du stéréoautographe, mais aussi une restriction des tentatives d'industrialisation.

En effet, en confirmant des méthodes de représentation du relief qui privilégiaient la compétence et la connaissance du terrain des officiers-topographes à plusieurs stades des opérations (bases stéréotopographiques, compléments à la planchette, dessin du rocher), le SGA limitait, dans les régions accidentées, ses possibilités d'organisation industrielle dont la nécessité avait pourtant été affirmée par le colonel Bellot dès le début des années vingt. Je pense que cette position reflétait un pragmatisme dicté par la situation des travaux alpins. Le contexte cartographique des années vingt n'était pas favorable à une remise en cause d'une pratique encore majoritairement artisanale du travail topographique, en particulier dans les Alpes. Les topographes-alpinistes encore très actifs formaient un public exigeant, compétent et influent, qui imposait une vision du topographe alpin spécialisé. Souvent rédacteurs dans les principales revues d'alpinisme, ils constituaient une des clés d'accès au public de plus en plus large des alpinistes sans guides, grands consommateurs de cartes.

Surtout, l'évolution récente du SGA s'inscrivait dans une dynamique de réponse aux besoins des alpinistes pour se substituer à une production cartographique « concurrente » relativement importante qui mettait en cause l'unicité de la représentation du territoire¹²⁰². Son investissement dans la topographie alpine, qui procédait essentiellement de cette dynamique, avait favorisé l'apparition d'un petit groupe informel d'officiers-topographes alpins. Assez paradoxalement, l'essor de la méthode stéréotopographique, qui permettait d'envisager une industrialisation du travail topographique, avait en fait également participé à la formation de ce groupe d'excellents artisans, dont une partie s'était formée sur le terrain au cours des différentes expérimentations de cette méthode. Le SGA disposait donc d'officiers très compétents, capables d'encadrer le travail des autres topographes, de prendre en charge les opérations les plus difficiles, notamment dans l'interprétation topographique du terrain pour sa représentation à l'effet ou la retouche des courbes trop inexpressives, et d'obtenir des résultats satisfaisant même les alpinistes particulièrement difficiles. Les surfaces concernées par une figuration du rocher délicate restant relativement limitées à l'échelle de la France, la situation ne nécessitait pas une tentative tenace d'industrialisation que les limites techniques de la stéréotopographie terrestre et les crédits disponibles rendaient difficilement réalisable.

Conclusion

A la fin du 19^e siècle, la généralisation de la représentation du relief par courbes de niveau avait été favorisée par l'orientation scientifique de plus en plus affirmée de la cartographie – c'est-à-dire sa fondation sur la mesure instrumentale directe du terrain. Cependant, l'emploi des courbes posait encore de nombreux problèmes, en particulier au niveau de l'expressivité de la figuration du relief que de nombreux utilisateurs jugeaient toujours fondamentale. Dans les premières décennies du 20^e siècle, un effort de normalisation de la représentation du relief se manifesta donc parallèlement dans les cartographies

¹²⁰¹ *Ibid.*, p. 253.

¹²⁰² Voir supra, partie 3, chapitre 2.1.2.1.

officielle et indépendante. Au SGA, la conjonction des mutations conceptuelles récentes et d'une tradition figurative encore forte participa à l'adoption pour la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 de spécifications particulièrement luxueuses, appelées *type 1900*. Ces spécifications marquaient certes une rupture importante avec la carte d'état-major par l'adoption d'une projection conforme, de l'héliogravure et des courbes de niveau, en accord avec l'évolution contemporaine de la cartographie vers une plus grande rigueur scientifique. Mais en bien d'autres points, elles restaient profondément inscrites dans la tradition fixiste qui avait dominé la réalisation de la précédente carte de France, en particulier avec le choix d'une représentation complexe qui tentait de répondre aux ambitions d'universalisme et de figuratisme traditionnelles de cette conception de la cartographie, mais empêchait l'utilisation efficace et la révision rapide demandées par la conception utilitariste. Partagé entre des ambitions contradictoires, le type 1900 constituait une œuvre de transition « mal née », dans laquelle le souci de répondre à des besoins divers se traduisait plus par la multiplication des niveaux de représentation que par l'adoption d'une représentation simple et efficace adaptée à ces besoins.

Au lendemain de la première guerre mondiale, poussé par les difficultés budgétaires et le retard général de la nouvelle carte de France, le SGA définit de façon pragmatique un *type 1922* qui permettait d'envisager une accélération des travaux par la simplification de la représentation cartographique et du procédé de rédaction. Pour la figuration du relief, les nouvelles spécifications se basaient, comme le type 1900 et de nombreuses cartes de topographes-alpinistes, sur le modèle des topographes suisses : courbes de niveau, trois couleurs de base (noir pour le rocher, bleu pour les glaciers, bistre pour les courbes), et rocher dessiné à l'effet, c'est-à-dire représenté par un croquis perspectif illustrant la structure particulière de chaque masse rocheuse. La généralisation rapide de ce modèle ne devait rien à la fausse naturalité que lui procura son assimilation culturelle, mais procédait surtout, selon moi, de la reprise d'un code figuratif déjà présent dans les gravures du 18^e siècle et d'une simplicité favorisant une apparente objectivité scientifique. Il posait aussi des bases stables susceptibles d'être enrichies d'éléments répondant à des besoins particuliers, s'inscrivant ainsi parfaitement dans la conception utilitariste qui recherchait moins l'homogénéité de la représentation cartographique que son adaptation aux utilisations particulières.

En permettant le tracé mécanique des courbes de niveau, la restitution des levés photographiques au stéréoautographe alimenta des fantasmes d'automatisation d'une représentation entièrement géométrique, basée sur les seules courbes de niveau. Après que plusieurs essais eurent montré l'inefficacité d'une figuration en courbes seules des masses rocheuses, le SGA expérimenta différentes méthodes reposant sur la modification du tracé des courbes pour rendre la nature particulière du terrain. Sous l'influence des topographes-alpinistes, expressément consultés par le service officiel pour leur expertise dans le domaine de la figuration du relief, le SGA opta finalement pour un système de représentation qui constituait un compromis entre les approches géométrique et figurative. Même si la géométrisation se trouvait sensiblement accrue par rapport aux méthodes employées pour les anciens levés de précision, cette formalisation de la représentation du relief marquait un net recul de la tentation topométrique qui s'expliquait par les limitations techniques de la restitution au stéréoautographe et la conception généraliste des cartes de France. Elle marquait également la persistance d'une pratique artisanale pour la représentation détaillée de régions dont la surface limitée ne méritait pas un effort d'industrialisation coûteux, d'autant plus que le SGA disposait d'un groupe informel de topographes alpins compétents, susceptible de mener à bien ces opérations.

Conclusion

La fin du 19^e siècle avait été marquée par l'essor d'une conception utilitariste de la cartographie et l'affirmation d'une représentation entièrement géométrique du relief, basée sur la mesure instrumentale du terrain et sa figuration en courbes de niveau.

Au cours des trois premières décennies du 20^e siècle, ces problématiques s'incarnèrent pour la région alpine dans une cohabitation originale entre les topographes militaires « professionnels » du SGA et les topographes-alpinistes « amateurs » fédérés au sein de la Commission de topographie du Club alpin français. Dominée par l'ambition scientifique d'Henri Vallot, cette dernière catalysa un véritable prosélytisme technique qui permit une certaine professionnalisation des travaux des topographes-alpinistes. Même si la plupart de ces travaux consistait en la couverture simple et pragmatique de régions qui n'étaient pas encore représentées par des cartes topographiques détaillées, certaines œuvres (parfois trop) ambitieuses et le statut autoproclamé d'experts en cartographie alpine des membres de la Commission placèrent celle-ci en concurrence directe avec le Service géographique de l'armée. A la fois limitée par les relations personnelles entre des membres influents de la Commission et des officiers dirigeants du SGA, et aiguisée par la dimension symbolique de l'acte cartographique dans le contrôle politique du territoire, cette concurrence instaurait une véritable opposition structurelle entre les deux organismes, qui participa à un surinvestissement du SGA dans les Alpes, pourtant déjà privilégiées dans la couverture cartographique officielle par leur situation frontalière et l'émergence de la guerre de montagne. En définitive, le SGA appliqua une stratégie de vampirisation des travaux des topographes-alpinistes, dont l'activité de terrain déclina à la fin des années vingt en même temps que l'influence de l'excursionnisme cultivé, et de prise en compte systématique des besoins des alpinistes pour empêcher toute résurgence d'une cartographie indépendante organisée qui avait remis en cause l'unicité de la représentation du territoire.

La cohabitation originale entre le SGA et les topographes-alpinistes se retrouve à tous les niveaux de l'activité cartographique. Au niveau technique, le développement des méthodes de levés photographiques illustre parfaitement les différences entre ces deux pratiques de la topographie. Les topographes-alpinistes les adoptèrent rapidement sous l'influence d'Henri Vallot, qui formalisa une méthode graphique simple adaptée aux spécificités de leur pratique essentiellement *artisanale*, car reposant sur les compétences individuelles des opérateurs. Par contre, ces méthodes ne furent expérimentés, puis utilisés régulièrement au SGA qu'à partir de la mise au point d'instruments qui permettaient la restitution mécanisée des clichés photographiques, limitant ainsi la connaissance du terrain nécessaire à cette opération au profit des compétences techniques. En offrant les premières possibilités de division et de mécanisation du travail, le développement des levés photographiques au SGA marquaient la transition technique vers une *pré-industrialisation* des procédés cartographiques. Comme nous le verrons plus loin, l'essor des levés aériens, en grande partie basés sur les principes des levés photographiques terrestres, s'inscrit dans cette même orientation industrielle, et participa au déclin de l'activité des topographes-alpinistes qui ne disposait pas des moyens matériels et financiers pour suivre cette nouvelle évolution technique¹²⁰³.

Au niveau *cartographique*, les rapports entre les topographes-alpinistes et le SGA furent beaucoup plus développés, se concentrant sur les problématiques de la représentation du relief en général, et du rocher en particulier. Entre la fin du 19^e siècle et

¹²⁰³ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

le début des années trente, malgré la persistance d'une tradition figurative qui se manifesta particulièrement dans les spécifications de la carte de France au 1 : 50 000 type 1900, la dynamique de géométrisation et de « scientificisation » de la représentation du relief se traduisit par un effort de normalisation mené parallèlement dans les cartographies officielle et indépendante. Sur le modèle des cartes suisses louées pour la précision et l'expressivité de leur représentation du relief, se mit en place un système de représentation, caractérisé par l'utilisation de courbes de niveau en bistre et parfois en noir pour les zones rocheuses, par le dessin à l'effet du rocher, et par l'utilisation du bleu pour les courbes ou la figuration à l'effet des glaciers. Les bases de ce système sont encore utilisées aujourd'hui, ce qui induit une fausse impression de naturalité alors que son adoption constituait une mutation fondamentale des pratiques cartographiques. Mais dans un milieu encore très influencé par les topographes-alpinistes, les tentatives de généralisation d'une représentation totalement géométrique du relief, suscitées par les fantasmes d'automatisation engendrés par la restitution instrumentale des levés photographiques, se heurtèrent à une conception plus *topographique* que *topométrique* dans laquelle l'expressivité et la mise en valeur des caractéristiques locales du relief restaient essentielles. Finalement peu motivé par une industrialisation des levés de haute montagne qui était à la fois limitée par les techniques utilisées et rendue peu nécessaire par la faible surface concernée et l'existence d'un groupe informel d'officiers-topographes alpins, le SGA adopta des méthodes qui, si elles étaient plus formelles et géométriques que celles mises en œuvre dans les levés de précision, restaient encore artisanales.

Cependant, l'instrumentation toujours plus poussée des levés topographiques et la normalisation de la représentation cartographique s'inscrivait dans la nouvelle orientation scientifique et industrielle de la cartographie. Egaleme nt favorisée par le développement de la photographie aérienne pendant la première guerre mondiale, par la nécessité de résorber le retard de la carte de France et par la domination de plus en plus forte de la conception utilitariste de la cartographie, cette orientation s'affirma au cours des années trente et quarante, avant de provoquer dans les années cinquante et soixante une modification profonde des procédés cartographiques qui remit définitivement en cause la spécificité de la cartographie de haute montagne qui avait été défendue par les topographes-alpinistes.

Partie 4. Normalisation et industrialisation autour des levés aériens : le déclin de la spécificité alpine (1930-1970).

Entre 1870 et 1930, une succession de mutations avait affirmé la prépondérance de la conception utilitariste dans la cartographie topographique, préparant une double évolution scientifique et industrielle marquée par la généralisation de la mesure instrumentale du terrain et l'émergence d'une certaine division et mécanisation du travail. Mais l'industrialisation se trouvait bridée par les restrictions budgétaires récurrentes et les possibilités limitées d'application des levés photographiques terrestres, seulement efficaces dans les régions au relief accidenté qui ne représentaient qu'une petite surface du territoire français. Elle restait pourtant l'axe d'évolution privilégié par la direction du SGA depuis le début des années vingt, motivée notamment par le potentiel des levés aériens expérimentés pendant la première guerre mondiale. En cherchant à accroître le rendement des opérations par l'industrialisation des procédés, la direction du SGA remettait en question une pratique demeurée majoritairement artisanale, en particulier dans les régions de haute montagne sous l'influence des topographes-alpinistes¹²⁰⁴. Nous avons vu que, depuis les levés de la carte d'état-major, la couverture cartographique des Alpes du nord avait toujours été exécutée avec des méthodes spécifiques, très différentes de celles employées pour le reste du territoire national. Cette spécificité constituait un obstacle à la normalisation et à l'industrialisation des procédés cartographiques, ajoutant une raison supplémentaire à l'attention particulière que portait le service cartographique officiel à la représentation des Alpes du nord depuis la fin du 19^e siècle. En cela, la couverture de cette région constitue un cas particulier mettant en valeur les mutations à l'œuvre dans la cartographie topographique française au 20^e siècle.

Au niveau institutionnel, le développement de cette cartographie fut marqué par la transformation du service officiel d'un organisme militaire à un organisme civil de service, évoluant vers une industrialisation de la cartographie, que ce soit pour la gestion de son personnel, les rapports avec l'autorité étatique, ou l'orientation de ses travaux. Au niveau technique, il fut dominé par la généralisation rapide des levés aériens. Expérimentées pendant la première guerre mondiale, les applications topographiques de la photographie aérienne furent pendant plus d'une décennie confrontées au problème de la restitution du relief, finalement résolu par une active recherche technologique inspirées des progrès de la photogrammétrie terrestre. Au cours des années trente et quarante, la généralisation des levés aériens pour la couverture des Alpes eut pour conséquence la perte des caractéristiques spécifiques des opérations dans cette région. Finalement, la volonté d'industrialisation se traduisit également par une mutation majeure des procédés de

¹²⁰⁴ Voir supra, partie 3.

rédaction cartographique et par la résurgence de la tentation topométrique, toujours justifiée par la « nécessité » scientifique.

Chapitre 1. D'un service cartographique militaire à un organisme civil de service : naissance et développement de l'Institut géographique national, 1938-1963.

Dans l'évolution de la cartographie officielle française, la deuxième guerre mondiale marqua le passage d'un service militaire à un institut civil. Les rares auteurs abordant cette transformation la présentent toujours comme une réalisation opportuniste s'inscrivant dans la continuité de l'évolution du Service géographique de l'armée. Créé pour soustraire le service cartographique à l'occupant allemand, cet institut civil aurait ainsi reçu en héritage du SGA son personnel, son équipement et sa mission – l'utilisation systématique du terme « héritage » soulignant l'évidence de cette continuité. Dans l'étude de loin la plus complète sur l'histoire institutionnelle de l'Institut géographique national (IGN), publiée par l'institut lui-même, l'ancien ingénieur géographe Alain Sinoir inscrit normalement cette transformation dans la succession des bornes menant à l'institut d'aujourd'hui : « l'héritage » du SGA, la « naissance » de l'IGN en 1940, la « consolidation » en 1945-1946, « l'expansion et les problèmes budgétaires » entre 1947 et 1963, « la modernisation et la crise » de 1964 à 1973, « la mutation imposée » entre 1974 et 1980, la « décennie de profonds changements » de 1981 à 1990¹²⁰⁵.

L'importance du passage dans le domaine civil, d'autant plus radical qu'il n'avait jamais été envisagé depuis la Commission royale de 1817-1826, fut ainsi systématiquement diminuée par un discours le décrivant comme une réforme depuis longtemps nécessaire, tout en insistant sur son caractère de continuité. Après presque un siècle et demi de cartographie strictement militaire, il me semble pourtant que cette transformation marquait une rupture plus signifiante qu'on ne l'a présentée. Tout en prenant en compte l'essentiel des données factuelles que présente Alain Sinoir, ainsi que la périodisation pertinente qu'il adopte – l'histoire institutionnelle impose en effet souvent les bornes évidentes que constituent les réformes statutaires –, mon analyse adoptera une perspective plus large que les études existantes, essentiellement administratives, qui ignorent l'évolution conceptuelle de la cartographie. Plus qu'aux ruptures et changements conjoncturels, je m'intéresserai aux problèmes persistants du service cartographique que furent la stabilisation du personnel qualifié et l'autonomie de fonctionnement, en replaçant leur évolution dans ma problématique fondamentale du passage d'une conception fixiste à une conception utilitariste, dominée au niveau institutionnel par la question de l'industrialisation des procédés cartographiques.

1.1. La dernière réorganisation du Service géographique de l'armée, 1937-1940.

¹²⁰⁵ Tous ces termes sont repris des titres des différentes parties de SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Paris : Institut géographique national, avril 1999, 148 p. (Collection Les cahiers historiques de l'IGN, n°1).

Le Dépôt de la guerre avait lutté en vain pour faire reconnaître la légitimité des ingénieurs géographes, puis la spécificité du travail cartographique¹²⁰⁶. Si cette dernière avait été consacrée par la création du Service géographique de l'armée en 1887, des problèmes anciens n'avaient pas été résolus puisque le nouveau service manquait toujours de l'autonomie jugée nécessaire au travail cartographique et d'un personnel spécialisé et stable – c'est-à-dire d'un cadre équivalent à l'ancien corps des ingénieurs géographes. A l'exception des périodes de mobilisation et de conflit, je considère que ces deux problèmes dominèrent toute l'évolution institutionnelle du SGA de 1887 à 1940, et que l'Institut géographique national en hérita entièrement.

En effet, malgré les dispositions prises à sa création et les réformes de 1911-1912 qui lui donnèrent une autonomie de principe dans la direction et l'orientation des travaux cartographiques¹²⁰⁷, le SGA resta toujours dépendant du Parlement dont les perpétuelles restrictions budgétaires limitaient ses possibilités de travail. Il fut également toujours confronté à d'énormes difficultés de recrutement et de conservation de la partie la plus compétente de son personnel militaire, que le nouveau statut adopté en 1914 ne permit pas de résoudre complètement : toujours dépendants de leurs armes d'origine, notamment pour l'avancement, les officiers et sous-officiers du SGA ne pouvaient véritablement faire carrière qu'en quittant le service au bout d'un nombre variable d'années.

Sous la direction de Bellot (1919-1935) et de son successeur Viviez (1935-1937), ces problèmes furent un moment occultés pour privilégier la remise en route et le développement des travaux, avec la généralisation des méthodes photogrammétriques qui devaient apporter une réponse technologique aux restrictions budgétaires. Cependant, le développement de ces techniques de plus en plus complexes nécessitait un personnel de plus en plus qualifié et spécialisé, toujours aussi difficile à recruter et à conserver au SGA. Pour essayer de répondre définitivement à ces deux problèmes majeures de l'organisation du service, une réforme profonde de ses statuts fut étudiée et appliquée partiellement entre 1937 et 1939, sous la direction du colonel Louis Hurault.

1.1.1. La persistance des problèmes originels : l'organisation du SGA en 1937-1938.

1.1.1.1. Une structure complexifiée par l'orientation militaire.

Lorsque le colonel Hurault en prit la direction en 1937, le Service géographique de l'armée était toujours géré par les décrets de 1911 et 1912. « Placé sous les ordres directs du Ministre de la Défense Nationale et de la Guerre, [il constituait] un organisme mixte comprenant une Direction et un Etablissement producteur », dont la « mission principale [consistait] dans l'exécution de tous les travaux de géodésie, de topographie et de cartographie ayant directement pour objet l'établissement des cartes régulières de France, d'Algérie et du Sahara algérien, de Tunisie, du Maroc et des Etats du Levant sous mandat français »¹²⁰⁸.

Créé dans un objectif de concentration des activités cartographiques, le SGA était organisé, avant 1914, en trois sections chargées d'assurer sa mission fondamentale de réalisation et de production de cartes : la géodésie, la topographie et la cartographie, toutes dépendantes d'une direction qui regroupait les services administratifs et comptables,

¹²⁰⁶ Voir supra, partie 1, chapitre 2.

¹²⁰⁷ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.

¹²⁰⁸ *Le SGA. Op. cit.*, p. 111-112.

ainsi que la bibliothèque, la cartotheque et les archives. Mais les divers services créés ou rattachés au SGA pendant la première guerre mondiale avait provoqué un accroissement des activités du service, sans pour autant l'accompagner d'une augmentation des crédits¹²⁰⁹. En rupture avec sa vocation cartographique initiale, ces nouvelles activités confirmaient à la fois la reconnaissance de l'expertise technique du service et l'absence d'une réelle indépendance dans l'orientation des travaux, assujettie à son rôle de *service* militaire. A un niveau plus symbolique, j'interprète d'ailleurs l'opposition systématique des autorités militaires à la solution des problèmes de locaux que posait cet accroissement des activités du SGA¹²¹⁰, comme un signe de la volonté de les concevoir comme un regroupement de services divers à l'usage des militaires plutôt que comme un ensemble cohérent répondant à un but unique.

En effet, même si son travail devait servir à l'ensemble des organismes publics et qu'il s'était ouvert aux besoins administratifs et touristiques, spécialement dans les Alpes, les besoins militaires étaient toujours privilégiés. Les divers services annexés au SGA pendant la guerre continuaient ainsi de travailler pour l'ensemble des armées, et la mission officielle du service comprenait toujours leur approvisionnement en cartes. L'orientation militaire était encore plus marquée dans les services cartographiques d'outre-mer¹²¹¹, qui dépendaient techniquement du SGA, mais relevaient en fait directement du commandement militaire locale. En France métropolitaine, l'Etat-major de l'armée constituait un intermédiaire obligatoire dans les décisions financières du service, s'opposant de fait à l'indépendance d'orientation des travaux qui restait très soumise aux aléas budgétaires.

1.1.1.2. Le problème récurrent de la stabilisation du personnel spécialisé.

Les réclamations systématiques des directions successives du SGA reprenaient le triplet très classiques des crédits, locaux et effectifs insuffisants. A la fin des années trente, les effectifs du service cumulaient entre 1 250 et 1 500 personnes, mais il était régulièrement nécessaire de recourir aux services d'entreprises privées pour certains travaux de dessin ou de reproduction, alors même que les levés topographiques n'étaient jamais aussi développés que la direction l'aurait souhaité. Le personnel du SGA était partagé entre les militaires, qui s'occupaient de la direction et des travaux de terrain, et les civils, plus spécialement employés dans les ateliers de dessin, de gravure et de reproduction. Les différents directeurs du SGA avaient toujours rappelé qu'en plus des crédits limités, le recrutement et la conservation du personnel militaire qualifié étaient le principal problème auquel ils devaient faire face, accentué par la suppression du corps d'état-major en 1880. La réforme du corps des sous-officiers topographes en 1914 n'avait solutionné qu'une partie du problème, sans régler la difficile question du recrutement des officiers de direction et d'encadrement.

L'effectif maximal des militaires dont pouvait disposer le SGA avait été précisément défini par les statuts de 1911-1912, puis révisé par la loi des cadres et effectifs du 28 mars 1928 :

- 1 général ou colonel directeur ;

¹²⁰⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.3.

¹²¹⁰ La direction du SGA ne réussit jamais à obtenir la construction de nouveaux locaux suffisamment vastes pour réunir toutes les sections, qui étaient réparties sur cinq localisations différentes à Paris, sans compter les forts de banlieue.

¹²¹¹ Service géographique du Maroc, Bureau topographique des troupes du levant, et Bureau topographique du XIXe corps d'armée en Algérie.

- 142 officiers supérieurs formant le cadre permanent, dont les effectifs furent fixés par la loi des cadres et effectifs du 28 mars 1928 et pouvaient être modifiés par décret :
 - 32 officiers supérieurs (5 colonels, 6 lieutenants-colonels, 22 commandants), chefs de section ou adjoints ;
 - 110 officiers supérieurs (80 capitaines, 30 lieutenants ou sous-lieutenants), affectés essentiellement aux travaux géodésiques et topographiques de terrain.
- 124 officiers subalternes, exécutant les travaux géodésiques et topographiques de terrain, recrutés dans tous les corps d'armée et comptant toujours à l'état-major particulier de leur arme ;
- 180 sous-officiers (36 adjudants-chefs, 42 adjudants, 51 maréchaux-des-logis chefs, 51 maréchaux-des-logis), placés hors-cadre et formant un cadre permanent employé dans les brigades topographiques : le corps des sous-officiers topographes, constitué par la loi du 15 avril 1914 ;
- des officiers et sous-officiers de l'armée coloniale effectuant des stages de deux ans avant d'être affectés à un service géographique d'outre-mer ;
- 185 sous-officiers et soldats et 300 auxiliaires coloniaux de la 3^e Batterie topographique, dépendant du 6^e Groupe autonome d'artillerie, mis en permanence à la disposition du SGA ;
- des spécialistes du personnel militaire régional, employés comme aides : guides en montagne, conducteurs, porteurs, etc¹²¹².

Dans les faits, cet effectif maximal était rarement atteint et à la fin des années trente, le service souffrait d'une pénurie d'officiers supérieurs. Ainsi, en 1938, sur les trente-trois commandants ou grades supérieurs dont il pouvait être pourvu, seulement vingt-deux étaient effectivement en charge¹²¹³. La direction rappelait sans cesse la difficulté de trouver des officiers qualifiés ou de conserver les officiers formés pendant plusieurs années au SGA quand les perspectives de carrière étaient beaucoup plus limitées que dans leurs armes d'origine, en raison de l'absence d'un cadre spécifique équivalent aux anciens ingénieurs géographes.

En plus du personnel militaire, le SGA disposait d'environ trois cent cinquante agents civils en 1937, parmi lesquels trois chefs artistes et cent quatorze artistes calculateurs, dessinateurs ou graveurs, presque exclusivement recrutés parmi les élèves de l'école des dessinateurs géographes¹²¹⁴. Cette école dépendait de la section de cartographie et dispensait une formation en deux ans pour des élèves de seize à dix-huit ans recrutés sur concours. A l'issue du concours de sortie, seulement deux ou trois élèves pouvaient être recrutés par le SGA. Les travaux de rédaction et de reproduction représentant une charge non négligeable, plus importante que les opérations de terrain elles-mêmes, les effectifs civils limités de la section de cartographie justifiaient en partie la lenteur de la publication de la nouvelle carte de France.

1.1.1.3. Le début d'une rationalisation de l'organisation : les modifications structurelles locales de 1937-1938.

¹²¹³ Rapp. SGA 1938-39, p. 11.

¹²¹⁴ *Le SGA. Op. cit.*, p. 114.

L'organisation du SGA avait été singulièrement complexifiée par l'adjonction des nombreux services annexes, sans aucune tentative de rationalisation autour des activités cartographiques. Concentrés sur le développement des travaux et de la photogrammétrie aérienne, Bellot et Viviez n'avaient pas tenté de réorganisation même locale de la structure du service. Par contre, dès sa prise de fonction en août 1937, le colonel Hurault entreprit une série de modifications structurelles mineures, en même temps qu'il mettait à l'étude le projet d'une réorganisation complète. Cette volonté de rationalisation s'inscrivait dans un objectif d'augmentation de l'efficacité et du rendement des différents services, c'est-à-dire dans un modèle de développement industriel qui s'imposait peu à peu, même s'il n'était pas encore explicitement affirmé comme tel.

Ces modifications portèrent essentiellement sur la partie administrative et les services annexes¹²¹⁵. Ainsi, entre 1937 et 1938, l'organisation des services administratifs fut revue de façon plus rationnelle à la faveur d'un réaménagement des locaux : un Service administratif fut créé le 1^{er} novembre 1938, réunissant les anciens Bureau administratif de la direction et Bureau du personnel, qui dépendaient du Service de la comptabilité générale. Le Bureau des notices (l'ancienne Commission de géographie créée pendant la guerre) fut détaché du Bureau de préparation et placé sous le contrôle du Service des cartes de mobilisation, puisque son activité concernait essentiellement l'étude des régions de conflits. Le changement d'affectation du Service automobile et du Groupement des sous-officiers topographes s'inscrivait dans la même volonté de rationalisation : auparavant rattachés au Service du courrier parce qu'ils étaient dirigés par le même capitaine, ils furent placés respectivement sous le contrôle du Service des ateliers et du matériel, et de la Section de topographie, qui correspondaient plus à leurs activités propres. Un des officiers de la section de topographie fut d'ailleurs nommé chef du Corps des sous-officiers topographes pour répercuter ce nouveau rattachement au niveau de l'encadrement.

Le seul changement important porta sur la réunion des deux services du dessin des sections de topographie et de cartographie au sein de la Section de cartographie, en mars 1939. Créé à l'origine lors du rattachement de la Brigade topographique du Génie au SGA pour s'occuper de la rédaction des levés à grande échelle, le Service du dessin de la Section de topographie exécutait depuis quelques années la rédaction de feuilles au 1 : 50 000 pour alléger le travail de la Section de cartographie. Cette dernière fut organisée plus simplement en deux subdivisions, la première étant chargée de la préparation, du dessin et de la gravure, la seconde de la reproduction et du tirage.

1.1.2. Le projet de réforme du colonel Hurault : la reprise de revendications anciennes.

Parallèlement aux modifications structurelles mineures effectuées en 1937 et 1938, le colonel Hurault avait engagé une série d'études et de consultations depuis l'automne 1937, qui lui permirent de rédiger un rapport détaillé sur une réforme profonde du SGA¹²¹⁶. Communiqué le 22 février 1938 à l'Etat-major de l'armée pour être présenté au ministre de la Défense nationale et de la Guerre, ce rapport n'aboutit finalement qu'à une réforme partielle du service, après dix-huit mois de controverse administrative. Il a pourtant été

¹²¹⁵ Pour plus de détails sur ces modifications, voir Rapp. SGA 1938-39, p. 3-5.

¹²¹⁶ Ce rapport est reproduit sous une forme synthétique dans *Ibid.*, p. 7-17.

systématiquement présenté comme le point de départ contenant « en germe »¹²¹⁷ les modifications adoptées lors du remplacement du SGA par l'IGN, notamment parce qu'une partie de ses propositions furent alors appliquées. Sans en sous-estimer l'importance, il m'apparaît au contraire comme une nouvelle formulation des revendications anciennes défendues par une grande partie des directions successives du service cartographique militaire depuis le début du 19^e siècle : l'indépendance et l'autonomie de gestion, ainsi que la reconnaissance et la fixation du personnel militaire spécialisé.

1.1.2.1. Une orientation encore essentiellement militaire.

Le rapport de Hurault s'inscrivait dans une perspective militaire, favorisée par une conjoncture internationale particulièrement tendue, comme en témoignaient les remarques sur le manque de préparation à une éventuelle mobilisation. Mais les tensions diplomatiques ne justifiaient pas à elles seules la volonté affirmée par Hurault de « conserver un caractère essentiellement militaire »¹²¹⁸ au SGA. Bien qu'aucun auteur ne l'ait jamais souligné, il n'avait jamais été envisagé de faire du service cartographique officiel un organisme civil avant 1940. Au contraire, le rattachement de nombreux services annexes non cartographiques avait confirmé son rôle d'expertise technique au service de l'armée, un rôle que Hurault voulait encore accroître en donnant au service « un caractère de plus en plus technique et scientifique »¹²¹⁹. La proportion croissante de son travail destinée autant aux militaires qu'aux civils n'était d'ailleurs jamais soulignée pour remettre en cause son statut militaire, mais seulement pour demander une augmentation des crédits consacrés à son œuvre cartographique.

Je pense que dans l'esprit du colonel Hurault, la réforme envisagée ne correspondait pas à une transformation radicale du service, mais à l'achèvement de l'évolution amorcée par les décrets de 1911-1912 et 1914, pour la mettre en accord avec ses nouvelles fonctions. C'était d'ailleurs dans cette perspective d'adaptation plus que de transformation qu'il rappelait dans le premier chapitre de son rapport que, malgré l'extension notable de ses activités, le SGA était toujours régi par ces décrets, ce qui provoquait des difficultés à cause de l'inadaptation de son organisation, de l'insuffisance de ses effectifs et de ses locaux, du mode de recrutement de ses cadres militaires, et d'une préparation insuffisante à la mobilisation qui devenait de plus en plus probable au vue des tensions internationales¹²²⁰.

1.1.2.2. L'autonomie de fonctionnement dans une perspective industrielle.

Dans ce cadre strictement militaire, le rapport de Hurault reprenait donc des revendications anciennes. En premier, il soutenait la nécessité d'une autonomie plus grande du service par rapport à l'administration militaire. Cette revendication avait déjà été ardemment défendue par les directions du général Pelet (1831-1849), du général Perrier (1882-1888), qui avait d'ailleurs obtenu la création du SGA dans ce but, et du général Berthaut (1903-1912). Bien que la situation ait considérablement évolué depuis le Dépôt de la guerre, le SGA restait encore très dépendant de l'Etat-major de l'armée en 1938. Ce dernier s'imposait comme un intermédiaire obligatoire entre le service et la Commission de contrôle, ralentissant les

¹²¹⁷ L'expression est employée dans le Rapp. SGA 1938-39, p. 6 (qui fut publié de façon « posthume », pour ainsi dire, en 1942), et reprise dans SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. *Op. cit.*, p. 4.

¹²¹⁸ Rapp. SGA 1938-39, p. 7.

¹²¹⁹ *Ibid.*, p. 7.

¹²²⁰ *Ibid.*, p. 7.

opérations financières importantes, comme les délégations de crédits et les approbations de marchés, et limitant l'indépendance du SGA dans l'orientation des travaux. Hurault insistait donc sur la nécessité de donner une véritable autonomie financière au SGA. Pour cela, il proposait une première réforme qu'il jugeait indispensable : « *en faire une Direction du Ministère de la Guerre*, seule solution susceptible de lui donner une situation nette, de faciliter et de simplifier toutes ses relations et tractations avec les autres Directions de l'Administration Centrale et avec les autres Départements Ministériels, et de donner à son Directeur le moyen de se consacrer à sa tâche principale »¹²²¹ – qui restait la direction technique plus que financière du service.

Sur ce point, le rapport n'innovait que dans son argumentation pour la nécessité d'une telle autonomie. Hurault soutenait en effet que la séparation entre le SGA et l'Etat-major permettrait au premier « d'évoluer plus librement dans un sens réellement industriel »¹²²², ce qui constituait la première référence officielle de la direction du service au modèle de l'industrie. J'ai déjà souligné comment la rationalisation de l'organisation interne du service pouvait être interprétée comme une adoption du modèle industriel de l'efficacité et du rendement. La priorité donnée au développement des levés aériens, avec l'idée d'augmenter le rendement des travaux cartographiques par une solution technologique, en était une des illustrations pratiques, en particulier avec les possibilités de division de travail que cette méthode offrait – une notion qui s'était imposée dans l'industrie occidentale dans les premières décennies du siècle¹²²³. Le rapprochement que faisait Hurault entre l'autonomie financière et l'évolution industrielle procédait de la nécessité, imposée par ce développement technologique, de disposer d'une liberté et d'une réactivité plus grande dans la direction des expérimentations et dans l'équipement des services en matériel coûteux.

Mais la référence au modèle industriel ne se limitait pas à la seule justification d'une plus grande autonomie. Elle se retrouvait dans d'autres propositions du rapport Hurault, notamment celles qui concernaient le personnel civil. Les demandes d'augmentation rapide des effectifs, de création d'une nouvelle catégorie de *restituteur* et de régularisation de certains postes techniques dans la reproduction, participaient d'une volonté d'accroître le « potentiel productif » du service par l'engagement d'« ouvriers spécialisés », pour reprendre des termes du champ lexical de l'industrie. Dans le même cadre de référence industriel, Hurault proposait aussi l'adoption d'un fonctionnement planifié dans lequel l'Etat-major ne serait consulté que pour l'approbation d'un programme d'ensemble des travaux, établi par exemple tous les quatre ans. Pour la première fois, la direction du SGA se prononçait pour une programmation pluriannuelle des travaux que tous les spécialistes jugeaient indispensables parce qu'elle permettrait d'assurer au service des crédits plus réguliers – mais cette disposition ne fut finalement adoptée qu'en 1986.

Il me semble évident que l'utilisation du modèle industriel, alors que l'activité du service ne consistait pas en la transformation d'une matière première en un produit, traduisait l'insistance de la direction sur le rôle utilitaire du service, comme fournisseur de *produits* cartographiques aux usagers civils et militaires. Hurault rejetait ainsi la dimension artistique traditionnelle de la cartographie et mettait en avant une dimension technique censée être plus objective. Cette double volonté d'industrialisation et de technicisation marquait ainsi l'adoption définitive de la conception utilitariste de la cartographie, au sein d'un

¹²²¹ Cité dans *Ibid.*, p. 8.

¹²²² Cité dans *Ibid.*, p. 7.

¹²²³ Voir infra, partie 4, chapitre 2.

paradigme du développement scientifique que j'ai déjà décrit¹²²⁴, même si elle n'eut pas de conséquences concrètes avant la fin des années quarante.

1.1.2.3. La stabilisation du personnel spécialisé : le retour des ingénieurs géographes.

La deuxième revendication ancienne reprise dans le rapport Hurault concernait la création d'un corps d'officiers spécialisés dans les travaux cartographiques pour fixer le personnel le plus compétent employé au SGA. Reconnaisant qu'il n'était pas nécessaire que l'intégralité des travaux soit confiée à des officiers spécialistes, le rapport proposait une deuxième réforme jugée indispensable : la formation de trois cadres pour les officiers, dont deux devaient dépendre directement du SGA et assurer la direction et l'encadrement technique. Hurault allait jusqu'à définir précisément les fonctions, les effectifs et la répartition des grades souhaitables pour chacun de ces cadres :

- un *corps des ingénieurs géographes militaires*, formant le cadre de direction : recruté par concours parmi les officiers de haut niveau scientifique ayant servi au moins quatre ans au SGA dans deux des trois sections principales, il devait permettre un avancement autonome (52 officiers du capitaine au général) ;
- un *corps d'officiers spécialistes du service géographique*, formant le noyau permanent et expérimenté pour les travaux ne nécessitant pas un ingénieur : recruté « partie dans le grade sous-lieutenant parmi les adjudants-chefs et adjudants topographes du Corps Autonome, partie dans le grade de capitaine parmi les officiers stagiaires ayant fait leur preuves techniques »¹²²⁵, afin d'ouvrir des carrières au SGA (77 officiers du lieutenant au lieutenant-colonel) ;
- des *officiers de toutes armes stagiaires*, formant la base du recrutement des deux autres corps et de la diffusion des techniques topographiques dans les corps d'armées : ils continueraient à dépendre de leur arme d'origine pour l'avancement, les mutations, etc.

Alain Sinoir insiste particulièrement sur le rôle du colonel Hurault qui « s'était [...] rendu compte que la faiblesse du S.G.A. provenait essentiellement de la mobilité excessive des officiers et sous-officiers qui lui étaient affectés tout en restant rattachés à leur arme d'origine, notamment pour l'avancement »¹²²⁶, mais cette constatation était plus ancienne. Le général Berthaut en avait déjà fait son principal argument pour obtenir les nouveaux statuts de 1914 qui élargissaient les possibilités d'avancement dans le cadre permanent du service. Dans une perspective plus large, je considère même que cette revendication s'inscrivait dans la continuité des efforts menés pour la reconnaissance du corps des ingénieurs géographes, auquel la reprise du même titre faisait explicitement référence¹²²⁷. Assez paradoxalement, alors que les ingénieurs géographes avaient constamment lutté pour imposer leur spécialisation face aux ingénieurs du génie, le service cartographique n'avait cessé de réclamer un personnel spécialisé stable depuis la suppression de leur corps : comme nous l'avons vu, les officiers d'état-major, et plus encore les officiers détachés après la suppression du corps des premiers en 1880, s'étaient montrés incapables d'exécuter les opérations les plus difficiles, tout en demandant une instruction systématique pour les travaux ordinaires.

¹²²⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.

¹²²⁶ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit., p. 4.

¹²²⁷ Voir supra, partie 1, chapitre 2.2.

La réforme proposée par Hurault reprenait la revendication ancienne de la constitution d'un corps d'officiers spécialisés dans la cartographie, en favorisant son recrutement par la reconnaissance de ses compétences et des possibilités de carrière adaptées à celles-ci. Les pouvoirs publics avaient toujours éprouvé des difficultés ou de la réticence à percevoir la spécificité du travail cartographique en dehors des périodes de crises qu'étaient les guerres, mais il s'avéra qu'il y avait moins d'hostilité institutionnelle à la création de corps spécialisés qu'à l'acceptation d'une plus grande autonomie du SGA.

1.1.3. Le décret-loi du 1^{er} septembre 1939 et ses conséquences sur l'activité du SGA.

1.1.3.1. Une loi discutée.

Les discussions autour du rapport Hurault durèrent presque un an et demi avant d'aboutir au décret-loi du 1^{er} septembre 1939 portant réorganisation du Service géographique de l'armée. En dehors des questions de budget et d'effectifs, la création de deux corps différents d'officiers spécialisés et la transformation du SGA en direction de l'administration centrale posaient problème. L'Etat-major de l'armée soutint la création d'un seul corps aux effectifs réduits et s'opposa radicalement à l'autonomie administrative. En conservant un certain contrôle financier sur le SGA, il espérait sans doute pouvoir continuer à influencer l'orientation des travaux. Il défendait aussi les intérêts des corps d'armées en limitant les effectifs détachés, et son accord pour la création d'un corps spécialisé ressemblait à une concession aux autorités civiles qui y étaient favorables.

A cause de cette opposition institutionnelle, quatre projets de loi différents furent successivement présentés. Le troisième présentait un compromis à peu près acceptable, mais il fut ajourné pour des raisons financières en janvier 1939. Hurault réussit finalement à obtenir la signature d'un décret-loi le 1^{er} septembre 1939, en pleine mobilisation. Il sanctionnait une réforme limitée, qui ne faisait que mettre en place les deux corps proposés par le rapport sans modifier le statut même du SGA. Contrairement à ce que souhaitait l'Etat-major, les effectifs de ces corps, finalement constitués le 1^{er} décembre 1939, étaient conformes aux propositions du colonel Hurault, même si la proportion d'officiers supérieurs restait moindre.

1.1.3.2. Les conséquences d'une réforme incomplète sur l'activité du SGA pendant la guerre.

En s'opposant à la réforme du statut du SGA, l'Etat-major de l'armée pensait garder le contrôle sur celui-ci, mais il empêchait également l'affirmation de l'orientation militaire du service proposé par le rapport Hurault. En particulier, il ne tenait pas compte des remarques sur l'impréparation globale du SGA à la mobilisation. Les conséquences sur l'activité du service pendant la guerre furent très contrastées, avec d'un côté une organisation bien maintenue grâce aux corps permanents, et d'un autre côté la reprise de dispositions anciennes dont la brièveté du conflit ne permit pas de juger la pertinence.

En effet, dès la mobilisation déclarée, le SGA adapta son activité en s'inspirant systématiquement de l'expérience de la première guerre mondiale. Aucune des rares études historiques ne l'a jamais souligné, mais la similitude des mesures prises en 1914-1918 et en 1939 est frappante : des Groupes de canevas de tir aux armées (GCTA) et des Sections topographiques de corps d'armée (STCA) et de division (STD) furent immédiatement

formés, des magasins avancés furent organisés, l'effectif fut augmenté, des imprimeries privées réquisitionnées, des centres régionaux créés, du matériel dispensé aux troupes¹²²⁸. Comme en septembre 1914, quand les armées allemandes pénétrèrent sur le territoire français le 10 mai 1940, les services centraux du SGA évacuèrent la capitale avec le gouvernement. Le service cartographique répéta ainsi des mesures prises au cours de la première guerre mondiale, qui constituaient une innovation en 1915 parce qu'elles rompaient avec les leçons de la guerre de 1870 initialement appliquées en 1914, mais qui n'étaient pas forcément adaptées au nouveau conflit. A mes yeux, la similitude du dispositif cartographique mis en place démontrait l'impréparation du SGA. Elle témoignait aussi de l'absence de renouvellement des conceptions militaires de l'usage des cartes, participant d'une obsolescence plus générale des théories militaires françaises qui expliqua en grande partie la défaite rapide.

En se repliant à Bordeaux, le SGA ne fut pas en mesure d'évacuer tout le matériel lourd, notamment les stocks de cartes et une partie des machines qui furent saisis par les Allemands. L'équipement le plus précieux avait toutefois pu être emmené : des appareils de reproduction et de restitution, les archives techniques et les planches d'impression, soit environ mille tonnes de matériel. A la signature de l'armistice le 25 juin 1940, la partie permanente du personnel militaire qui n'avait pas rejoint les troupes combattantes se trouvait dans une remarquable organisation grâce aux cadres adoptés en 1939. La convention prévoyait que la région de Bordeaux serait occupée par les Allemands et que tout le matériel s'y trouvant serait remis à l'occupant. Le personnel militaire évacua donc la ville pour s'installer à Saint-Bazille (Lot-et-Garonne), dans la future zone libre, avec plus de trente tonnes de documents et de matériel, alors que le personnel civil restait à Bordeaux avec la charge de veiller sur le matériel de valeur qui y restait entreposé. Quant aux formations topographiques des armées, elles furent regroupées à Montauban avec tout le matériel qu'elles avaient pu sauver. A Paris, les Allemands commencèrent immédiatement à exploiter le stock cartographique en leur possession, afin de dresser des éditions spéciales en allemand, dérivées des cartes françaises¹²²⁹.

1.1.3.3. Une réforme jugée bénéfique pour la transition vers les activités de paix.

Malgré sa limitation à la création des corps spécialisés, la réforme de 1939 mettait en place la structure pour répondre à une partie des problèmes récurrents du service. La suppression du SGA à peine sept mois après la constitution effective des corps ne permit pas de juger sur le long terme de la viabilité d'une telle organisation, face à l'opposition des corps d'armée au détachement d'officiers supérieurs et à la persistance du contrôle financier de l'Etat-major. La réforme fut pourtant unanimement reconnue *a posteriori* comme une mesure bénéfique qui facilita la transition entre les activités de guerre et les activités de paix – ou plutôt d'occupation. Dans le premier rapport d'activité publié par le nouvel Institut géographique national, la direction soulignait les avantages de l'existence de corps organisés dans la reprise rapide des travaux après le conflit, contrairement aux deux années de réorganisation et de formation de nouveaux spécialistes qui avaient été nécessaires après la première

¹²²⁸ Pour l'activité du SGA pendant la guerre, voir : Rapp. IGN 1940-42, p. 11-13 ; SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 5.

¹²²⁹ Pour la zone des Alpes du nord, des coupures au 1 : 25 000 furent publiées en 1943. Une édition dérivée de l'amplification photographique au 1 : 50 000 de la carte d'état-major fut également publiée.

guerre mondiale¹²³⁰. Elle négligeait cependant de préciser que la durée et les pertes très inférieures du conflit avait moins marqué le personnel du SGA.

1.2. D'un service militaire à un institut civil : la naissance de l'IGN, 1940-1946.

En conservant son personnel qualifié dans un cadre permanent, le service cartographique disposait d'un socle stable pour adapter son activité aux conditions politiques difficiles de l'occupation, puis de la libération et de la paix. Cette stabilité facilita grandement la transition entre le Service géographique de l'armée et l'Institut géographique national, un organisme civil qui réalisait, selon sa direction, « le grand Service d'Etat, entièrement spécialisé et convenablement étoffé, dont la nécessité était reconnue depuis longtemps »¹²³¹. Si les transformations opportunistes effectuées au moment de l'armistice favorisent un regard purement évènementiel, elles s'inscrivaient pourtant, en effet, dans une évolution sur le long terme dont j'ai déjà souligné les deux grandes orientations : la stabilisation du personnel spécialisé et la plus grande autonomie administrative. Le statut civil du nouvel organisme, instauré par des impératifs très pragmatiques, ne remettait pas en cause cette évolution pratique, et dans ce sens il est possible de parler d'« héritage » comme le font tous les auteurs traitant de la naissance de l'IGN. Mais ce statut civil participait aussi au renforcement de la conception utilitariste et de l'orientation industrielle de la cartographie en détachant le service cartographique de la sphère très spécifique du militaire. Même si elles furent limitées par les problèmes que posait une réorganisation structurelle conçue dans les conditions particulières de l'occupation, les conséquences de cette évolution étaient bien plus importantes, et le maintien du statut civil fut l'objet d'un débat agité entre 1944 et 1946 qui permit la confirmation de ces options.

1.2.1. Une création opportuniste.

1.2.1.1. Une réforme imprévue.

La création de l'Institut géographique national fut envisagée et réalisée pendant la période politiquement la plus confuse de la débâcle française de mai et juin 1940, entre la mise en place du dernier gouvernement de la III^e République, le 12 juin 1940, pour négocier l'armistice avec les Allemands, et le vote de la chambre des députés, le 10 juillet, accordant les pleins pouvoirs au maréchal Pétain. Toutes les sources et études historiques s'accordent pour souligner le rôle central du général Hurault¹²³² dans cette création : pour éviter que l'armée allemande ne s'empare de tout le potentiel du Service géographique de l'armée comme prise de guerre, celui-ci réussit à « obtenir de pouvoirs publics en pleine confusion la suppression d'un organisme militaire essentiel et son remplacement immédiat par un service public civil entièrement nouveau »¹²³³. Ces mêmes études reprennent systématiquement l'idée soutenue par la direction du nouvel institut qu'il s'agissait d'une réforme depuis longtemps nécessaire, sans questionner la reconstruction du discours évidemment à l'œuvre dans cette affirmation. En effet, cette résolution purement

¹²³⁰ Rapp. SGA 1938-39, p. 6 (publié en 1942).

¹²³¹ Rapp. IGN 1940-42, p. 9.

¹²³² Hurault avait été promu général de brigade le 8 décembre 1939.

¹²³³ SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 2.

pragmatique ne s'inscrivait dans aucun projet de réforme du SGA, dont Hurault lui-même voulait au contraire affirmer l'orientation militaire en 1938 – une position certes favorisée par le contexte international, mais reflétant une organisation qui n'avait jamais été remise en cause depuis les propositions de la Commission royale en 1824. La transition du service cartographique du domaine militaire au domaine civil constituait donc un changement particulièrement brusque, qui plus est effectué dans l'urgence.

1.2.1.2. Une création dans l'urgence.

Le *Décret portant suppression du Service Géographique National et création de l'Institut Géographique National* fut signé le 27 juin 1940, deux jours à peine après la signature de l'armistice, par les membres du gouvernement réfugiés à Bordeaux¹²³⁴. Conçu dans l'urgence, il se contentait de prononcer la suppression du SGA et la création de l'IGN, « dont le rôle [était] d'exécuter dans le domaine géodésique, topographique et cartographique tous les travaux d'intérêt général », et restait vague sur « les modalités d'application » qui devaient être « fixées ultérieurement »¹²³⁵. Pour ajouter à la confusion, le texte avait été prévu comme un décret-loi, en application de la loi du 8 décembre 1939, mais il ne fut publié que le 12 juillet 1940, après la disparition de la IIIe République et l'instauration du nouvel Etat français sous la direction du maréchal Pétain. Il ne reçut donc jamais le label législatif et resta un simple décret, qui marquait cependant à la date du 1^{er} juillet 1940 la naissance de l'IGN – dont toute l'organisation restait à mettre en place.

1.2.2. L'organisation de l'IGN sous l'occupation : le statut civil comme catalyseur de l'orientation industrielle.

Nommé directeur de l'IGN par un arrêté ministériel du 9 août 1940, le général Hurault mit presque un an et demi d'une intense activité pour organiser l'institut. Il n'acheva qu'à la fin de 1941 les deux principales tâches dont il s'était chargé : le regroupement du personnel et du matériel de l'ancien SGA à Paris, et l'organisation statutaire de l'institut¹²³⁶, qui posa les bases de son fonctionnement jusqu'au milieu des années 1960. La rupture importante du passage dans le domaine civil fut sérieusement atténuée par la continuité de la direction, Hurault reprenant l'essentiel des réformes qu'il avait déjà envisagées en 1938. Cette continuité explique sans doute la focalisation des rares études concernant la création de l'IGN sur l'héritage du SGA et la réalisation d'une « réorganisation souhaitée depuis longtemps », au détriment de la portée symbolique du passage dans le domaine civil représentée par l'évolution conceptuelle vers une cartographie utilitaire et « industrielle ».

1.2.2.1. Un regroupement inscrit dans l'ancien projet immobilier de réunion des services.

Les différentes sources témoignent encore du rôle fondamental du général Hurault dans l'organisation de l'IGN à partir des reliquats du SGA. Une dizaine de jours après sa

¹²³⁴ Les signataires étaient : le Président de la République, Albert Lebrun ; le Président du Conseil, le maréchal Pétain ; les ministres de la Défense nationale (général Weygand), de la Guerre (général Colson), des Finances et du commerce (Yves Bouthillier), des Travaux publics et des transmissions (L.-O. Frossard).

¹²³⁵ Décret portant suppression du service géographique de l'armée et création de l'institut géographique nationale. Paru au Journal officiel le 12 juillet 1940, reproduit en annexe de SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 135.

¹²³⁶ Pour plus de détails sur le regroupement et la réorganisation de l'IGN pendant la guerre, voir principalement Rapp. IGN 1940-42, p. 11-44 ; SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 7-19.

nomination officielle à la direction de l'institut, Hurault obtint le regroupement de l'IGN à Paris lors de la Commission d'armistice de Wiesbaden, le 21 août 1940. Les Allemands imposèrent un officier-contrôleur à la nouvelle direction et considérèrent tout le matériel du SGA resté à Paris comme prise de guerre, mais l'essentiel de celui-ci fut finalement restitué à l'IGN pendant l'occupation, même si les Allemands se réservèrent l'exploitation d'une partie des machines d'impression.

Après de nouvelles négociations à Paris, la direction réussit à s'installer le 5 octobre dans une partie des locaux de la rue de Grenelle, occupés par les Allemands. Elle obtint ensuite la libération de l'ensemble des immeubles de cette rue et de quelques autres sites de l'ancien SGA, ainsi que l'autorisation de rapatrier les quelques milles tonnes de matériel stockées à Bordeaux. Les éléments installés à Montauban furent maintenus par trois arrêtés du 30 septembre 1940, devenant une « *Annexe de l'I.G.N. en zone non occupée, avec mission de satisfaire aux besoins de cette zone et d'administrer tous les éléments de l'Institut qui y [étaient] stationnés* »¹²³⁷. Les annexes d'outre-mer furent placées sous l'autorité des gouvernements locaux et sous la direction technique de l'IGN par une loi du 8 février 1941.

Le regroupement de la partie centrale de l'IGN était ainsi achevé à la fin de 1941, mais les différents éléments rapatriés à Paris étaient dispersés sur huit sites différents, renouvelant la dispersion que déploraient les directions d'avant-guerre. Reprenant la réforme envisagée entre 1937 et 1939, Hurault relança, une période pourtant difficile, l'ancien projet de réunion des services au sein d'un seul et même établissement. Un ancien parc à fourrage situé à Saint-Mandé, près du bois de Vincennes, avait déjà été retenu pour un projet de construction avant la guerre : un décret du 19 février 1941 attribua ce terrain de trois hectares à l'IGN, et une loi du 4 juin 1941 affecta soixante millions de francs à la construction. Les travaux ne commencèrent vraiment qu'au printemps 1945, après l'expropriation des immeubles attenants et la libération de Paris. En 1950, le bâtiment central consacré au service de la photogrammétrie était terminé, mais l'ensemble ne fut achevé qu'en 1958 avec le bâtiment destiné aux services de géodésie et de topographie.

1.2.2.2. Un statut civil instaurant une autonomie de gestion théorique.

Parallèlement au regroupement, la direction s'occupa de préparer le projet de loi portant organisation générale de l'IGN, qui fut finalement signé le 14 septembre 1940. Il posait les bases de la structure du nouveau service, fixées et détaillées ensuite par la loi et le décret du 8 avril 1941, qui rappelaient eux-mêmes la continuité de l'évolution entre l'IGN et le SGA : l'institut héritait de la totalité des locaux et du matériel de l'ancien service, et il reprenait son objet qui était d'« exécuter dans le domaine géodésique, topographique et cartographique, tous les travaux d'intérêt général »¹²³⁸, mais dans une perspective civile et non plus militaire. Concrètement, même s'il devait assurer les marchés passés avant la suppression du SGA et l'approvisionnement en cartes des armées, l'IGN était déchargé de toutes les activités militaires non cartographiques de l'ancien service, notamment la fourniture en instruments d'optique et en matériel de repérage et la gestion du service cinématographique. La loi du 8 avril 1941 s'inspirait largement du projet de réforme de 1938, dans ses principes plus que dans sa lettre, avec la confirmation des cadres permanents et l'établissement d'une plus grande indépendance de fonctionnement. Mais je pense que le passage dans le domaine civil permit d'amplifier l'orientation industrielle et technique, initialement envisagée par Hurault dans un cadre strictement militaire. En particulier, le nouveau statut de *service*

¹²³⁷ Rapp. IGN 1940-42, p. 17.

¹²³⁸ Article 1^{er} du décret du 8 avril 1941 reproduit dans *Ibid.*, p. 28.

technique extérieur du secrétariat général des Travaux et transports rattachait l'IGN au secrétariat d'Etat aux Communications, un département plus technique.

Dans cette nouvelle organisation, le directeur de l'IGN se trouvait placé au même niveau que les directeurs des routes ou des transports, ce qui confirmait non seulement le rôle utilitaire de service public du nouvel institut, mais lui apportait également une plus grande autonomie de gestion. Sans pour autant atteindre une indépendance complète, la direction de l'IGN disposait d'une plus grande liberté dans l'administration des budgets : « [son directeur engageait] les crédits budgétaires, les [répartissait] selon les besoins entre ses chefs de service, [approuvait] les marchés et [contrôlait] l'ordonnancement des dépenses effectué par les "ordonnateurs secondaires" choisis parmi ses subordonnés »¹²³⁹, toutes opérations qui demandaient l'aval de la Commission de contrôle et passaient par l'intermédiaire de l'Etat-major de l'armée à l'époque du SGA. Toutefois, les circonstances politiques et économiques particulières de l'occupation participèrent à l'instauration d'un fonctionnement financier qui se révéla inadapté aux temps de paix et souligna après 1945 les limites d'une autonomie de gestion essentiellement théorique¹²⁴⁰.

1.2.2.3. La réorganisation du dispositif d'information cartographique.

Plus que l'autonomie de gestion limitée, par les circonstances, je considère que la principale conséquence du nouveau statut civil de l'IGN fut la réorganisation du dispositif d'information cartographique et géographique des services publics, une révision trop sous-estimée dans les études sur la création de l'IGN. La loi du 8 avril 1941 et une série de mesures postérieures affirmèrent la place de l'institut dans ce dispositif et son rôle de fournisseur de service aux organismes publics. En favorisant une certaine concentration et rationalisation de l'organisation des travaux géographiques, le statut civil joua pleinement un rôle de catalyseur du virage industriel et utilitaire de l'IGN.

Ainsi, l'intégration au nouvel institut du service du nivellement général de la France, créé en 1884, procédait d'une volonté de concentration horizontale typique du monde industriel. Alors que le SGA n'avait exécuté le nivellement de précision que dans certaines possessions d'outre-mer, l'IGN disposait maintenant de tous les moyens pour établir le réseau géodésique national sur lequel se basait la carte de France. Mais malgré ce rattachement, l'institut ne disposait pas du monopole sur les travaux topographiques officiels, contrairement aux services cartographiques de la plupart des pays européens. En particulier, il restait strictement séparé du cadastre qui s'opposait à toute forme de collaboration en vertu de son rattachement particulier au ministère des Finances : l'organisation d'une telle collaboration se heurta une nouvelle fois, en février 1942, au refus traditionnel de rattacher les différents organismes, mais un Comité central des travaux géographiques (CCTG) fut toutefois créé en août 1942¹²⁴¹.

Celui-ci obtint en novembre 1943 la signature d'un arrêté unifiant les travaux topographiques autour de l'IGN et du cadastre : il rendait obligatoire de baser sur la nouvelle triangulation et le nivellement général de la France tous les travaux topométriques ou

¹²³⁹ *Ibid.*, p. 28.

¹²⁴⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 1.3.3.

¹²⁴¹ Il remplaçait le Conseil général de géographie prévu dans les statuts de l'IGN par le décret du 8 avril 1941, « pour étudier les questions d'ordre général intéressant l'Institut Géographique National » et « donner son avis sur les affaires renvoyées à son examen par le secrétaire d'Etat aux communications », sorte de comité d'experts cumulant les fonctions de l'ancien Bureau des notices et de la plus ancienne encore Commission centrale des travaux géographiques. Voir Article 5 du décret du 8 avril 1941 reproduit dans *Ibid.*, p. 28-29.

topographiques officiels couvrant au moins mille hectares, imposait l'utilisation exclusive des systèmes de coordonnées rectangulaires Lambert et du grade comme unité d'angle, et accordait un droit d'exploitation gratuit des résultats de ces travaux à l'IGN pour les échelles inférieures ou égales au 1 : 5 000 et au Cadastre pour les échelles supérieures¹²⁴². Cet arrêté assurait ainsi la centralisation des travaux au sein de deux organismes publics. En pouvant disposer légalement de tous les levés aux échelles supérieures ou égales à 1 : 5 000, l'IGN devenait le producteur central de l'information topographique en France, un rôle que le SGA n'avait jamais pu imposer à cause de son statut militaire. Sa domination était d'autant plus totale qu'il était devenu le pivot de la formation à tous les métiers de la cartographie. En effet, un décret d'avril 1941 avait créé une Ecole nationale des sciences géographiques (ENSG) en son sein¹²⁴³, afin d'assurer le recrutement de son personnel qualifié, mais aussi celui des autres ministères, puisqu'un Conseil de perfectionnement de l'ENSG avait été chargé d'assurer l'adaptation de son enseignement aux différents ministères intéressés.

1.2.2.4. L'achèvement de la réforme des statuts du personnel.

La loi du 8 avril 1941 confirmait les deux corps créés par la réforme de 1939, ainsi que le corps des artistes cartographes, mais par analogie avec les Ponts et chaussées et pour adapter le statut du personnel au domaine civil, elle ajoutait un quatrième corps de personnel technique remplaçant les officiers détachés qu'employait le SGA. Elle créait ainsi quatre corps de fonctionnaires techniques dont elle fixait les effectifs :

- les *ingénieurs géographes* qui se substituaient aux officiers géographes (IG, 120) ;
- les *ingénieurs des travaux géographiques de l'Etat* qui se substituaient aux sous-officiers géographes (ITGE, 160) ;
- les *adjoints techniques* (AT), qui remplaçaient les officiers détachés du SGA, principalement chargés des opérations de terrain ;
- les *artistes cartographes* (140), corps qui était « l'héritier direct du seul corps civil de spécialistes du dessin cartographique et de la gravure qui existait au sein du SGA »¹²⁴⁴.

Les effectifs des différents corps furent essentiellement constitués par l'intégration des anciens militaires du SGA et par le détachement des anciens fonctionnaires civils du nivellement¹²⁴⁵. Le personnel administratif recevait un statut équivalent à celui des autres services centraux des ministères, mais pour les travaux techniques d'atelier qui étaient confiés à un personnel civil à l'époque du SGA, l'adoption d'un statut relativement flou de « personnel temporaire » fut à l'origine d'une longue opposition entre la direction et ce personnel non fonctionnaire. A l'exception des légères modifications apportées par les décrets des 23 décembre 1941 et 28 septembre 1942, les bases ainsi posées demeurèrent stables jusqu'aux réformes statutaires des années soixante.

¹²⁴² Les échelles supérieures à 1 : 5 000 étaient essentiellement utilisées pour le cadastre, les travaux des géomètres-experts libéraux, et les levés locaux exécutés par certaines entreprises publiques disposant d'un bureau topographique.

¹²⁴³ Organisée par un arrêté ministériel du 24 septembre 1941, l'ENSG avait accueilli en octobre 1941 sa première promotion d'élèves, formée de cinquante-sept stagiaires issus de recrutements exceptionnels et de soixante-trois élèves fonctionnaires recrutés sur concours : six élèves ingénieurs géographes sortant de l'école Polytechnique, quinze élèves ingénieurs des travaux géographiques de l'Etat, seize élèves cartographes et vingt-six adjoints techniques stagiaires.

¹²⁴⁵ Dans un premier temps, le 28 septembre 1940 pour ceux qui étaient restés au SGA pendant la guerre, puis dans un deuxième temps, le 11 janvier 1941 pour les anciens militaires et employés civils du SGA qui avaient combattu et parfois été faits prisonniers.

1.2.2.5. La structure interne, reflet du souci d'industrialisation.

Les textes législatifs et réglementaires n'imposaient aucune organisation interne spécifique à l'IGN. Plutôt que de reprendre l'organisation en sections du SGA, qui aurait nécessité d'autres modifications que celles de 1937-1939 pour prendre en compte les organismes détachés ou rattachés au nouvel institut, la direction décida de revoir entièrement la structure interne du service, dans le même souci de rationalisation inspirée du modèle industriel qui avait dirigé les réformes mineures de l'immédiat avant-guerre. Toute la structure s'organisa donc plus strictement autour des étapes du *processus* cartographique et des *techniques* mises en œuvre, en un petit nombre de directions, subdivisées en services, eux-mêmes subdivisés en sections ou bureaux. Si la première organisation finalisée début 1941 conservait des regroupements par organismes ou services hérités du SGA, les modifications d'avril 1942 achevèrent d'affirmer le caractère industriel et rationnel de la structure avec des regroupements par étapes du processus (encadré 8 et figure 4).

Encadré 8 : Organisation interne de l'Institut géographique national en 1941-1942.

– la Première direction regroupait les services administratifs, et comprenait à l'origine également l'ENSG et la bibliothèque, qui furent séparés en 1942 et mises au niveau d'une direction (sans en former une, administrativement parlant) ;
– la Deuxième direction (1941) centralisait tous les services chargés des opérations de terrain et de bureau jusqu'à la rédaction des minutes de levés : géodésie, canevas d'ensemble, topographie, photogrammétrie ;
– la Troisième direction (1941) était formée par le service du nivellement général de la France ;
– la nouvelle Deuxième direction (1942) comprenait les services de la géodésie, du canevas d'ensemble et du nivellement général, réunion plus rationnelle des services réalisant le canevas géodésique national ;
– la nouvelle Troisième direction (1942) réunissait les services de topographie et de photogrammétrie, s'occupant des levés du terrain ;
– la Quatrième direction regroupait les services de rédaction cartographique et de reproduction : elle reprenait la structure de la section de cartographie, réformée en 1939 ; seule l'Ecole des dessinateurs cartographes en fut détachée pour être intégrée à l'ENSG. ;
– la Cinquième direction réunissait tous les services pratiques, divisés en deux groupes : le service des études et des fabrications, et le service des immeubles, des magasins et des transports.

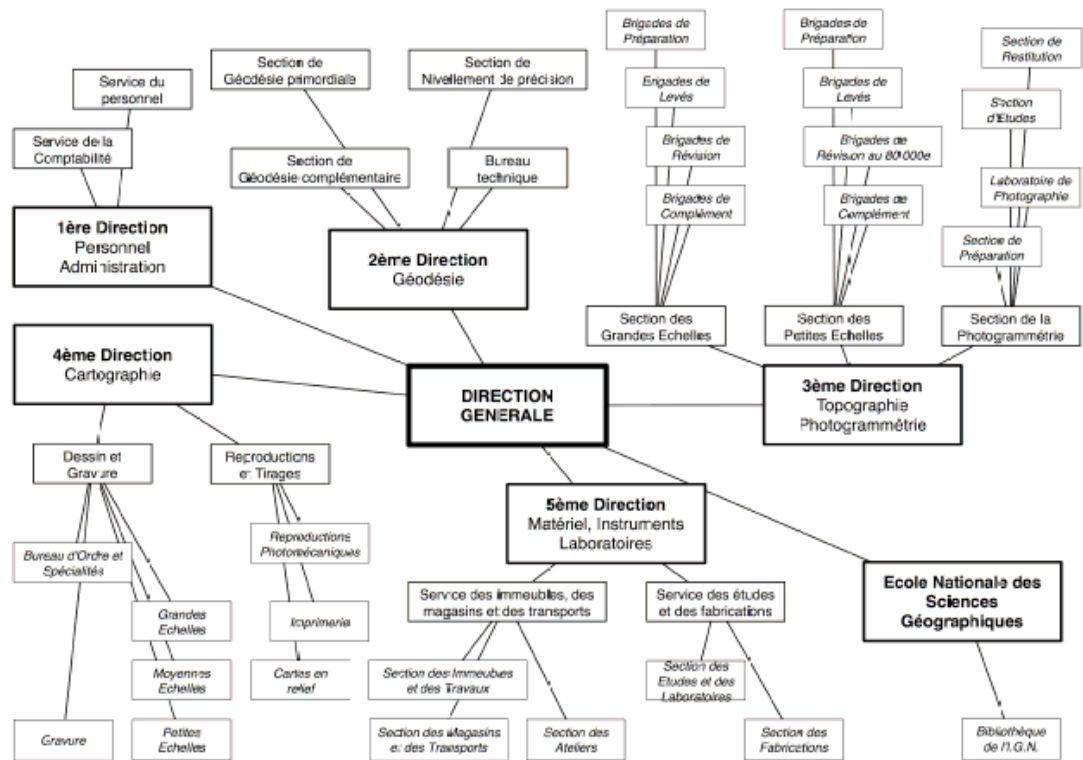


Figure 4 : Organisation interne de l'Institut géographique national en 1942.

1.2.3. L'influence de l'occupation sur la réorganisation et l'activité de l'IGN.

1.2.3.1. Les limites d'une réorganisation conçue pendant l'occupation.

Dans les conditions particulières de l'occupation, certains aspects de l'organisation de l'IGN furent définis dans un cadre plus restreint. Ainsi, sa mission précise fut concentrée sur les activités du domaine civil concernant le territoire national. L'article 1^{er} de la loi du 8 avril 1941 prescrivait qu'il devait poursuivre « en première urgence la triangulation du territoire, l'exécution de la nouvelle carte de France au 50.000^e, ainsi que les levés au 20.000^e et au 10.000^e »¹²⁴⁶, s'opposant à l'orientation donnée par Bellot en 1923 en réaffirmant le statut de carte de base du 1 : 50 000. S'il s'agissait bien de la première sanction législative des nouvelles triangulation et carte de France, elle procédait surtout des conditions politiques :

¹²⁴⁶ Article du décret du 8 avril 1941 reproduit dans Rapp. IGN 1940-42., p. 28.

le décret du 8 avril 1946 confirma l'existence de l'IGN en définissant à nouveau sa mission comme l'exécution des travaux cartographiques d'intérêt général, sans plus la limiter à la carte de France.

Si le nouveau statut civil de l'IGN permit de simplifier les rapports du service cartographique avec les autres administrations, certaines dispositions montrèrent rapidement après la guerre les limites d'une organisation conçue dans les circonstances si particulières de l'occupation. Le problème de la cession des cartes offre un exemple très révélateur. Jusqu'en 1940, il n'avait été résolu que par une série d'organisations complexes mêlant des crédits spécialement affectés au service de reproduction et des prix variant selon les quantités vendues et la nature du service auquel elles étaient vendues. La meilleure intégration de l'institut civil à l'ensemble de l'administration publique permit à la direction de simplifier le système de cession des documents édités par l'IGN. Le décret du 27 mai 1941 instaurait un principe de cession à prix onéreux, couvrant exclusivement les frais de personnel et de matériel des opérations d'édition et de distribution, pour lesquels aucun crédit n'était plus affecté. Les travaux de terrain étant restés limités durant toute l'occupation, la gestion des stocks et de la vente de cartes ne greva pas immédiatement le budget de l'institut, mais elle se révéla rapidement problématique après la guerre¹²⁴⁷.

1.2.3.2. Une activité maintenue malgré les difficultés.

Malgré des conditions particulièrement difficiles, l'Institut géographique national maintint son activité pendant presque toute la période de l'occupation. Elle se heurta bien évidemment aux problèmes généraux de toute la France, entre autres les restrictions alimentaires, la limitation des déplacements, les pénuries de matières premières et de transports, mais aussi à des difficultés plus spécifiques. Le contrôle imposé par les Allemands ralentissait singulièrement la mise en place de toutes les opérations de terrain, qui pouvaient être annulées ou interrompues pour raisons militaires quand les régions concernées devenaient sensibles. Particulièrement strict au début de l'occupation, le contrôle se relâcha peu à peu, même si une grande partie de la zone occupée était interdite aux brigades de l'institut, en particulier le nord-est où se concentraient pourtant les travaux commencés par le SGA avant la guerre. Les travaux sur la frontière alpine furent également interdits par les autorités militaires italiennes. Au niveau du personnel, le statut civil et l'occupation de la France avaient retiré à l'IGN le soutien logistique et humain de l'armée dont le SGA avait largement profité. L'embauche d'aides diverses pour les brigades devenait de plus en plus difficile au fur et à mesure que se développait le travail obligatoire. De plus, malgré le contrôle étroit de leur activité, les agents de l'IGN avaient régulièrement des contacts avec la résistance, en particulier grâce à leur présence durable sur le terrain, et une centaine d'entre eux finit par rejoindre les maquis¹²⁴⁸.

Pourtant, à l'exception de l'été 1944 où toutes les autorisations furent suspendues, l'IGN put réaliser un certain nombre de travaux de terrain. Après quelques opérations locales menées en 1940 en Aquitaine, dans les régions où s'étaient repliées les différents services, l'activité ne reprit vraiment qu'en 1941. Tout le spectre des travaux fut couvert, avec des opérations géodésiques, des préparations et des compléments photogrammétriques sur le terrain, des restitutions en ateliers. L'activité de reproduction de cartes fut particulièrement développée. L'IGN devait fournir des feuilles aux militaires allemands dans les mêmes

¹²⁴⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 1.3.3.

¹²⁴⁸ Pour un aperçu rapide du rôle des agents de l'IGN dans la résistance et des rapports entre l'institut et l'Etat-major allié, voir : Rapp. IGN 1943-44, p. 6-11 ; SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit.*, p. 15-17.

conditions qu'aux administrations françaises, et les occupants utilisèrent une partie des capacités d'impression de l'institut pour tirer leurs propres cartes. A la libération de Paris, l'IGN fournit un effort intensif de reproduction de cartes pour les troupes alliées, tirant un total de vingt millions de feuilles en l'espace de neuf mois¹²⁴⁹. Pour pallier au manque de papier, certaines feuilles furent imprimées au verso des nombreux tirages abandonnés par les Allemands. Une partie des effectifs des services de géodésie et de topographie servit d'ailleurs en renfort pour la 4^e direction. Une autre partie du personnel, dont le directeur, fut mobilisée à partir de septembre 1944 pour former le Service géographique militaire (SGM) et satisfaire les besoins cartographiques des armées françaises et alliées¹²⁵⁰. Sa démobilisation à partir de mai 1945 permit la remise en route des travaux de terrain.

Comme les ingénieurs géographes pendant les changements de régime entre 1814 et 1815, l'IGN traversa finalement sans trop de difficulté une période particulièrement trouble. Je pense que l'expertise technique indispensable de l'institut participa à son intangibilité qui n'est pas sans rappeler, dans une moindre mesure toutefois, l'impunité des scientifiques nazis. Les rapports d'activité, publiés après la libération, insistèrent logiquement sur l'engagement du personnel de l'institut dans la résistance, puis dans le soutien aux armées en 1944-45. Mais les capacités de production de l'IGN furent intensivement exploitées tant par les Allemands que par les alliés, soulignant une nouvelle fois le rôle central des cartes dans la guerre moderne.

1.2.3.3. La situation dans les Alpes.

Dans les Alpes, l'activité de l'IGN fut limitée par les restrictions imposées par les Allemands et les Italiens, en particulier pour les travaux de terrain. Les opérations géodésiques de 2^e et 3^e ordres engagées en 1939 en Savoie et dans le Dauphiné furent achevées en 1941, et au printemps 1942, trois brigades exécutèrent le réseau de triangulation de détail des feuilles *Saint-Jean-de-Maurienne* et *La Rochette*¹²⁵¹. Les brigades du service de la photogrammétrie assurèrent pendant les saisons d'été la préparation des feuilles *Chambéry* (1941) et *Albertville* (1942), et le complètement de *Saint-Gervais-les-Bains* (1941)¹²⁵². En 1943, les interdictions instaurées par les Allemands empêchèrent la mise en place d'opération de terrain dans les Alpes. Pour des raisons militaires, aucune mission de prise de vue aérienne ne fut organisée au-dessus des Alpes, même si l'escadrille spécialisée avait été reconstituée au sein d'Air France pour quelques missions en Afrique du nord. Les ateliers de restitution fonctionnèrent par contre de façon particulièrement intensive. Restés à Bordeaux jusqu'au printemps 1941 où ils ne disposaient que des appareils de restitution de l'ancien SGA, ils furent ensuite rapatriés à Paris où ils purent exploiter les nouveaux modèles construits pour l'IGN. Sur la région des Alpes du nord furent ainsi restituées les feuilles *Rumilly* (1940-1941), *Annecy* (1941-1942), *Bonneville* (1941-1942), *Chamonix* (1941-1942), *Vizille* (1940-1942), *Saint-Gervais* (1941), et *Chambéry* (1942)¹²⁵³.

1.2.4. La confirmation du statut civil jugé supérieur pour la mission de l'IGN, 1944-1946.

¹²⁴⁹ Chiffres cités dans SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit., p. 17.

¹²⁵⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 1.2.4.

¹²⁵¹ Rapp. IGN 1940-42, p. 50-51.

¹²⁵² *Ibid.*, p. 53-54.

¹²⁵³ *Ibid.*, p. 63-64.

Le passage du service cartographique dans le domaine civil en juin 1940 avait été une décision parfaitement opportuniste qui n'entraînait dans aucun projet de réforme jamais envisagé. S'il s'était révélé favorable sous de nombreux aspects à l'évolution industrielle de l'IGN, rien ne garantissait sa permanence après la libération de la France et une controverse particulièrement vive opposa les autorités publiques et la direction de l'institut aux militaires entre 1944 et 1946.

1.2.4.1. Le Service géographique militaire.

Les conditions politiques troubles de la création de l'IGN, par un décret signé par le dernier gouvernement de la III^e République mais mis en application par l'Etat français vichyste, ne lui donnaient un véritable statut qu'en France métropolitaine. Les autorités françaises exilées ne le reconnaissaient pas plus qu'elles ne reconnaissaient l'Etat institué par Pétain. Après la libération de l'Afrique du nord par les alliés, le gouvernement provisoire d'Alger créa d'ailleurs un Service géographique militaire en Afrique par l'ordonnance du 19 décembre 1942. Constitué essentiellement du personnel des annexes du Maroc et d'Algérie, militarisé avec des grades de correspondance, il remplaçait l'IGN dont le gouvernement renia totalement l'existence par l'ordonnance du 13 mai 1943, abrogeant le décret du 27 juin 1940 et tous les textes se rapportant à l'institut¹²⁵⁴.

Après la libération de la France en 1944, les conditions politiques ne favorisaient pas une prise de décision immédiate, particulièrement en faveur d'un statut civil. Les besoins cartographiques militaires étaient évidemment prioritaires, mais l'urgence ne permettait pas de mettre en place une réorganisation complexe du service cartographique. Par l'arrêté interministériel du 23 septembre 1944, l'IGN fut réquisitionné par le département de la Guerre, et un arrêté du 14 octobre 1944 mit en place la mobilisation d'une partie de son personnel pour former le Service géographique militaire (SGM). Celui-ci intégrait le Service géographique militaire en Afrique constitué en 1942 et comprenait « l'organe de liaison, les formations topographiques aux Armées, les centres d'instruction de ces formations, [et] les dépôts de cartes avancés »¹²⁵⁵. Surtout prises pour répondre aux besoins urgents des forces armées françaises et alliées, ces mesures étaient toutefois susceptibles de s'inscrire dans un processus de reformation de l'ancien SGA, envisagé dès la libération par les autorités militaires.

1.2.4.2. La supériorité du statut civil pour la direction de l'IGN.

D'après les rapports d'activité de l'IGN, la direction de l'institut n'apprit l'existence du Service géographique militaire en Afrique et des décisions du gouvernement provisoire « qu'à la fin du mois de septembre 1944 lorsque la liaison fut rétablie avec les éléments du Service Géographique Militaire en Afrique qui avaient participé aux opérations de guerre en Italie, en Provence et dans la vallée du Rhône »¹²⁵⁶. Le ministère des Travaux publics s'opposa alors à toute modification de l'IGN, en se basant sur un rapport qu'avait fort opportunément rédigé Hurault après la libération de Paris en août 1944, et qui assurait de la supériorité de l'organisation de l'IGN sur celle du SGA d'avant-guerre pour répondre aux besoins cartographiques des services publics.

¹²⁵⁴ Rapp. IGN 1946, p. 2-3.

¹²⁵⁵ Rapp. IGN 1943-44, p. 9.

¹²⁵⁶ Rapp. IGN 1946, p. 3.

Même s'il ne l'avait sans doute pas prévue en proposant la création de l'IGN en 1940, la facilité avec laquelle Hurault avait pu mettre en place les réformes profondes que l'Etat-major avait en partie empêchées avant la guerre, l'avait rapidement convaincu de la supériorité du statut civil sur le statut militaire. Transformation opportuniste et pragmatique en 1940, le statut civil apparaissait seulement quatre ans plus tard comme une solution rationnelle aux problèmes récurrents du service cartographique : l'insuffisance des crédits et l'instabilité du personnel spécialisé. En effet, la constitution de corps de fonctionnaires assurait une stabilité plus grande du personnel que ne pouvait – ou ne voulait – le faire l'Armée. Surtout, les besoins importants des services techniques de l'Etat s'opposaient moins à l'augmentation des finances de l'institut que l'administration militaire, qui n'avait aucun intérêt dans une grande partie des travaux « d'intérêt général » du service cartographique, et particulièrement de la carte de France, quand ils couvraient des régions peu stratégiques. Dans son rapport, Hurault se prononçait d'ailleurs pour un rattachement aux Travaux publics plutôt qu'à l'Armée.

Les jugements *a posteriori* de la direction de l'IGN et des autorités civiles convergeaient pour juger l'adoption du statut civil comme « une réforme qui s'imposait depuis longtemps »¹²⁵⁷, alors qu'elle n'avait jamais été envisagée, même une seule fois, avant son application opportuniste en 1940. En ce sens, la rupture fondamentale entre les domaines militaire et civil se fit bien en 1944 : pour la première fois, une direction du service cartographique affirmait que les cartes qu'il réalisait étaient plus utilisées par les services civils, ce qui justifiait son rattachement à un département non militaire.

1.2.4.3. La confirmation du statut civil, une transformation plus radicale qu'on ne le dit.

La nomination de Hurault au poste de directeur du SGM en 1944, avec le grade de général de division, ne favorisait pas une nouvelle transformation à laquelle il s'opposait. Soutenu par le général Juin, chef d'état-major de la Défense nationale, le maintien du statut civil de l'IGN fut confirmé par le Comité de défense nationale le 8 mars 1945, « les besoins militaires devant toutefois recevoir priorité sur les besoins civils »¹²⁵⁸. Le département de la Guerre envisagea la création d'un service cartographique spécialement militaire, mais à la fin de la guerre, des restrictions budgétaires importantes l'obligèrent à accepter une solution de compromis : la création d'une Section géographique militaire au sein de l'IGN pour assurer la liaison avec l'Etat-major, officiellement constituée par le décret du 8 avril 1946 qui réglait ses rapports avec l'armée de terre¹²⁵⁹. Supprimé le 31 mai 1945, le SGM était ainsi remplacé par la Section géographique militaire, en même temps qu'un Groupe géographique autonome, rattaché à l'artillerie, était mis en place pour assurer l'organisation des formations géographiques aux armées. Le décret du 8 avril confirmait le statut civil de l'IGN, stipulant que son personnel mobilisé pouvait choisir d'être démobilisé ou de rester dans l'armée et que des officiers compétents et volontaires pouvaient être intégrés dans les nouveaux cadres de l'IGN¹²⁶⁰. Cependant, l'existence de l'IGN ne fut définitivement officialisée qu'avec l'abrogation des mesures du gouvernement d'Alger par la loi du 27 avril 1946.

¹²⁵⁷ *Ibid.*

¹²⁵⁸ Cité dans *Ibid.*, p. 4.

¹²⁵⁹ Le décret stipulait entre autre que les besoins militaires étaient prioritaires et que l'IGN devait assurer une formation technique géographique pour officiers et sous-officiers. *Ibid.*, p. 4-6.

¹²⁶⁰ *Ibid.*

L'année 1946 marqua donc la confirmation officielle des décisions de 1940 qui avaient institué l'Institut géographique national. Si le brusque changement de statut avait été largement accepté en 1940 comme une solution pragmatique pour soustraire le service cartographique à l'occupant, sa confirmation à la fin de la guerre ne provoqua pas la même unanimité. Au sein du personnel (re)militarisé, une partie importante préféra rester dans l'armée plutôt qu'être (ré)intégrée à l'institut civil : sur vingt et un ingénieurs géographes, vingt-deux ingénieurs des travaux géographiques de l'Etat et vingt-huit adjoints techniques militarisés en Afrique du nord après 1942, sept IG, neuf ITGE et douze AT restèrent définitivement dans l'armée, soit presque 40 %¹²⁶¹. Cette proportion non négligeable témoignait de l'importance de la transformation, qui était bien plus qu'un simple changement du cadre de référence de la direction comme l'image de l'« héritage » semblait le suggérer. Même s'il s'était ouvert au monde civil, le SGA restait profondément marqué par un milieu militaire très spécifique dont il n'était pas toujours facile de se couper. Les témoignages sur les premières années de l'IGN rappellent d'ailleurs l'imprégnation encore forte de la discipline militaire¹²⁶².

Il me paraît évident que le nouveau statut civil de l'IGN représentait une rupture plus fondamentale que ne le montrait une reconstruction du discours *a posteriori*, focalisée sur la notion de « réforme depuis longtemps nécessaire ». Il est particulièrement symptomatique de cette reconstruction de voir qu'Alain Sinoir ne questionne jamais véritablement la supériorité du statut civil de l'institut, l'acceptant comme l'un des instruments du développement de l'IGN dans les années suivant la guerre, au même niveau que la stabilisation du personnel, le cadre législatif complet et les crédits plus importants. Même si la mission du SGA s'était depuis longtemps ouverte aux besoins non militaires pour « assurer les travaux d'intérêt général dans le domaine géodésique, topographique et cartographie », une formulation d'ailleurs reprise par le décret du 8 avril 1946, il me semble que le rattachement au ministère des travaux publics consacrait véritablement cette mission. Les besoins cartographiques de plus en plus importants des services techniques d'Etat justifiaient dans l'immédiat après-guerre un investissement plus important que ce qu'avaient jamais envisagé les militaires avant la guerre. Cette mission de service public devint rapidement si évidente que dans le préambule de son histoire institutionnelle de l'IGN, Alain Sinoir rapprochait l'institut des grands services publics à vocation technique créés après la deuxième guerre mondiale, comme EDF, GDF ou la SNCF, soulignant seulement la différence radicale des conditions de leur création¹²⁶³. La volonté politique de reconstruction et de modernisation qui avait présidé aux nationalisations dans les secteurs de l'énergie et du transport, militait en effet fortement pour le maintien de l'IGN dans le domaine civil et pour l'affirmation de son orientation industrielle et utilitaire. Mais l'évidence *a posteriori* d'un tel changement ne doit pas faire sous-estimer l'importance du passage du domaine militaire au domaine civil, ni les limites d'un statut de service technique extérieur qui fut peut-être trop rapidement présenté comme une réforme indispensable et efficace.

1.3. Les limites de l'essor industriel d'après-guerre.

A la libération de la France en 1944, l'Institut géographique national, bien que créé de façon tout à fait opportuniste en 1940, disposait d'une organisation complète qui s'appuyait sur

¹²⁶¹ *Ibid.*, p. 6.

¹²⁶² Pour de nombreux témoignages, voir l'ouvrage publié par l'Association du personnel retraité de l'IGN : *La Petite compagnie*.

Au hasard des souvenirs des derniers arpenteurs de l'IGN. Paris : Le Théodolite – Editions APRIGN, 1992, 284 p.

¹²⁶³ SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 1.

des réformes souhaitées depuis longtemps par la direction du service cartographique et une orientation industrielle envisagée dès les années trente avec le développement des levés aériens. Même si sa direction la présentait comme remarquablement bien adaptée à sa mission de service public qui consistait à réaliser et publier les cartes de base des territoires français, la nouvelle organisation de l'IGN, conçue dans les conditions particulières de l'occupation, se révéla rapidement problématique dans de nombreux aspects de son fonctionnement. En effet, malgré un développement important de l'activité cartographique dans la décennie suivant la fin de la guerre, grâce à des investissements considérables des pouvoirs publics, le contexte de restriction budgétaire des années cinquante et soixante montra les limites d'un statut de service technique extérieur qui ne résolvait que très partiellement les problèmes traditionnels du service cartographique, et particulièrement celui de l'autonomie de fonctionnement.

1.3.1. Un investissement matériel conséquent.

Les activités de l'IGN étaient divisées entre une mission de service public dite « de vocation », qui consistait en la réalisation et la publication des cartes du territoire national et des colonies de l'Union française, et la possibilité d'assurer un certain nombre de travaux spéciaux, à des échelles supérieures ou égales au 1 : 5 000, pour des organismes publics français ou étrangers, dont le financement était strictement couvert par la rémunération perçue, sans utilisation des crédits budgétaires uniquement destinés à sa mission de vocation. Jusqu'à sa transformation en établissement public en 1966, l'évolution de l'IGN s'inscrivit entièrement dans ce cadre institutionnel structuré et stable, perçu à la fin de la guerre comme remarquablement adapté à la mission de service public de l'institut. Alain Sinoir divise cette évolution entre une période de développement (1947-1956), favorisée par une politique étatique de reconstruction et de modernisation, et une période de fragilité budgétaire (1956-1963), marquée par la diminution constante du budget affecté à l'institut¹²⁶⁴. Toutefois, l'essor de son activité cartographique fut surtout permis par un investissement matériel considérable, engagé pour essayer de rattraper le retard acquis par la carte de France.

1.3.1.1. Le retard de la carte de France, moteur de l'investissement.

Comme dans de nombreux autres domaines, depuis la généralisation de l'idéologie du progrès scientifique et technique au 19^e siècle, la notion de retard (ou d'avance) joua un rôle fondamental dans le développement de la cartographie topographique. La fierté nationale liée aux grandes entreprises de prestige que furent la carte de Cassini et la carte d'état-major n'eut d'égal que le recours systématique à l'argument classique du retard sur les autres pays européens pour appuyer les divers projets de cartes nationales. Alain Sinoir commence d'ailleurs sa présentation de la période de développement de l'IGN par un rappel du retard de la couverture cartographique du territoire français. En 1948, cinquante ans après le début des travaux, seulement deux cent vingt-deux feuilles avaient été publiées sur les mille cent que comptait la nouvelle carte de France¹²⁶⁵. Pour un territoire d'une superficie relativement proche, l'Allemagne avait achevé en 1923 sa couverture au 1 : 25 000, en seulement quarante-cinq ans, et avait déjà bien avancé la couverture au 1 : 5 000. Sur une surface plus réduite, la Grande Bretagne avait terminé en 1898 sa carte à une échelle

¹²⁶⁴ *Ibid.*, p. 25-34.

¹²⁶⁵ HURAULT. *Travaux topographiques et cartographiques exécutés de 1938 à 1948. Rapport présenté au congrès international de géographie, Lisbonne 1949*. Paris : Imprimerie de l'Institut géographique national, 1949, p. 5.

voisine du 1 : 10 000, en trente-cinq ans de travaux. Les petits pays comme la Belgique, les Pays-Bas ou la Suisse avaient également achevé la couverture à grande échelle de leur territoire¹²⁶⁶. Ce retard, utilisé par la direction de l'IGN comme l'argument définitif pour justifier une augmentation des crédits, favorisa jusqu'au début des années cinquante des investissements, notamment matériels, particulièrement importants dans le secteur de la cartographie.

1.3.1.2. Le financement de l'institut.

Dans le cadre de la reconstruction et en particulier du premier Plan de modernisation et d'équipement (1947-1952), l'IGN connut dans l'immédiat après-guerre une période financièrement faste. Pour la première fois depuis longtemps, les programmes annuels de travaux pouvaient être assurés avec le plein emploi des effectifs et d'importants investissements matériels et immobiliers – en particulier la construction des locaux à Saint-Mandé et l'aménagement de la base aérienne de Creil. Les crédits directs étaient mesurés mais réguliers, complétés par les revenus des travaux spéciaux et des ventes de cartes, et surtout par les contributions financières importantes de différents fonds d'intervention. Pour le territoire métropolitain, la France bénéficia au sein du Traité de l'Atlantique nord d'un soutien financier considérable pour sa couverture cartographique, en particulier par l'Army map service des Etats-Unis (AMS). Pour répondre aux besoins des autorités militaires alliées en France de disposer de cartes au 1 : 25 000 à jour sur leurs axes de communication, l'AMS versa ainsi entre 1955 et 1964 jusqu'à cinq cent mille dollars par an à l'IGN (deux cent cinquante millions de francs de l'époque)¹²⁶⁷, un soutien qui diminua au début des années soixante et fut supprimé en 1965 quand la France envisagea de sortir de l'OTAN.

1.3.1.3. L'investissement matériel dans une orientation industrielle.

Comme le général Bellot dans les années vingt et trente, Hurault privilégia la solution technologique du développement des levés aériens pour rattraper le retard de la carte de France. Les investissements matériels des autorités publiques et l'orientation industrielle donnée par la direction favorisèrent un important effort d'instrumentation dans le domaine photogrammétrique¹²⁶⁸. Cet instrumentation permit de développer le « potentiel productif » de l'institut – le champ lexical industriel s'imposait dans les rapports d'activité – et d'accélérer la réalisation de la carte de France, du moins jusqu'aux restrictions budgétaires plus sévères de la fin des années cinquante.

L'orientation industrielle se traduit plus généralement par une volonté d'augmenter le rendement et l'efficacité du processus cartographique – encore d'autres termes du vocabulaire industriel – par une rationalisation des procédés employés pour les levés aériens¹²⁶⁹ et la rédaction cartographique¹²⁷⁰, mais aussi du programme de levés. En 1953, l'IGN imposa ainsi la notion d'une *couverture aérienne systématique* du territoire français à l'échelle du 1 : 25 000¹²⁷¹, dont la réalisation régulière devait répondre au « développement des voies de communication, de l'équipement industriel et

¹²⁶⁶ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 28.

¹²⁶⁷ Chiffres cités dans : *Ibid.*, p. 34.

¹²⁶⁸ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.

¹²⁶⁹ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.

¹²⁷⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 4.1.

¹²⁷¹ Voir infra, partie 4, chapitre 3.1.3.

hydroélectrique, du reboisement » qui modifiait très rapidement « la physionomie de notre pays »¹²⁷². Si les restrictions budgétaires empêchèrent d'effectuer une telle couverture tous les dix ans, comme l'IGN l'envisageait, l'existence d'une première série de levés photographiques couvrant tout le territoire national, réalisée entre 1946 et 1953, permit cependant à l'institut de poursuivre la publication de la carte de base, dans les limites imposées par les campagnes de complètement sur le terrain. Le rythme de publication fut même augmenté, alors même que l'IGN disposait à la fin des années quarante d'un effectif inférieur à celui du SGA en 1939.

1.3.2. L'accroissement de l'activité cartographique.

1.3.2.1. L'avancement de la carte de France.

La conjonction entre un investissement matériel et technologique considérable dans la première décennie suivant la fin de la guerre et des problèmes croissants de budget et de personnel à partir du milieu des années cinquante, créa une situation particulièrement contrastée pour le développement de la carte de France. Après 1945 et le retour à une activité normale, sa réalisation connut une période accélération qui ne fut pas immédiatement affectée par les restrictions budgétaires du début des années cinquante, les fonds d'intervention et la documentation engrangée pendant les années précédentes permettant de maintenir le rythme de production pendant encore quelques années. En 1957, le réseau primordial de la nouvelle triangulation française était achevé, même s'il connut par la suite quelques améliorations locales, notamment dans les Alpes. Alors qu'en 1937, seulement cent quarante-sept feuilles de la carte au 1 : 50 000 étaient publiées¹²⁷³, en 1948, on en comptait deux cent vingt-deux, plus dix-neuf en préparation¹²⁷⁴, malgré les cinq années de guerre.

Les deux derniers grands directeurs du service cartographique, les généraux Bellot et Hurault, avaient systématiquement privilégié la carte au 1 : 20 000, conçue « avec des exigences considérables de précision et une facture assez fine pour supporter sans difficulté l'agrandissement au 10.000^e, échelle utilisée par un grand nombre de services publics »¹²⁷⁵. Sur le même principe que la brochure publiée par Bellot en 1926¹²⁷⁶, Hurault fit éditer en 1950 un document détaillé présentant la nouvelle carte au 1 : 20 000¹²⁷⁷, qui confirmait le rôle officiel qu'elle avait pris en 1937, de carte de base dont dérivait la carte au 1 : 50 000. En 1948, 1 531 coupures au 1 : 20 000 étaient publiées sur un total de 4 210, et le rythme annuel était alors de vingt feuilles au 1 : 50 000 levées par an – les coupures au 1 : 20 000 étant généralement publiées dans l'année suivant leur levé¹²⁷⁸.

La réalisation de la carte de base du territoire français n'ayant jamais été inscrite dans une loi de programmation pluriannuelle, les travaux de l'IGN étaient généralement définis en fonction des crédits budgétaires disponibles et des besoins les plus urgents. Mais à

¹²⁷² Exp. IGN 1954-57, p. 14.

¹²⁷³ Le SGA. *Op. cit.*, p. 98.

¹²⁷⁴ HURAULT. *Travaux topographiques. Op. cit.*, p. 5.

¹²⁷⁵ *Ibid.*, p. 3.

¹²⁷⁶ *La Nouvelle Carte de France. Op. cit.*

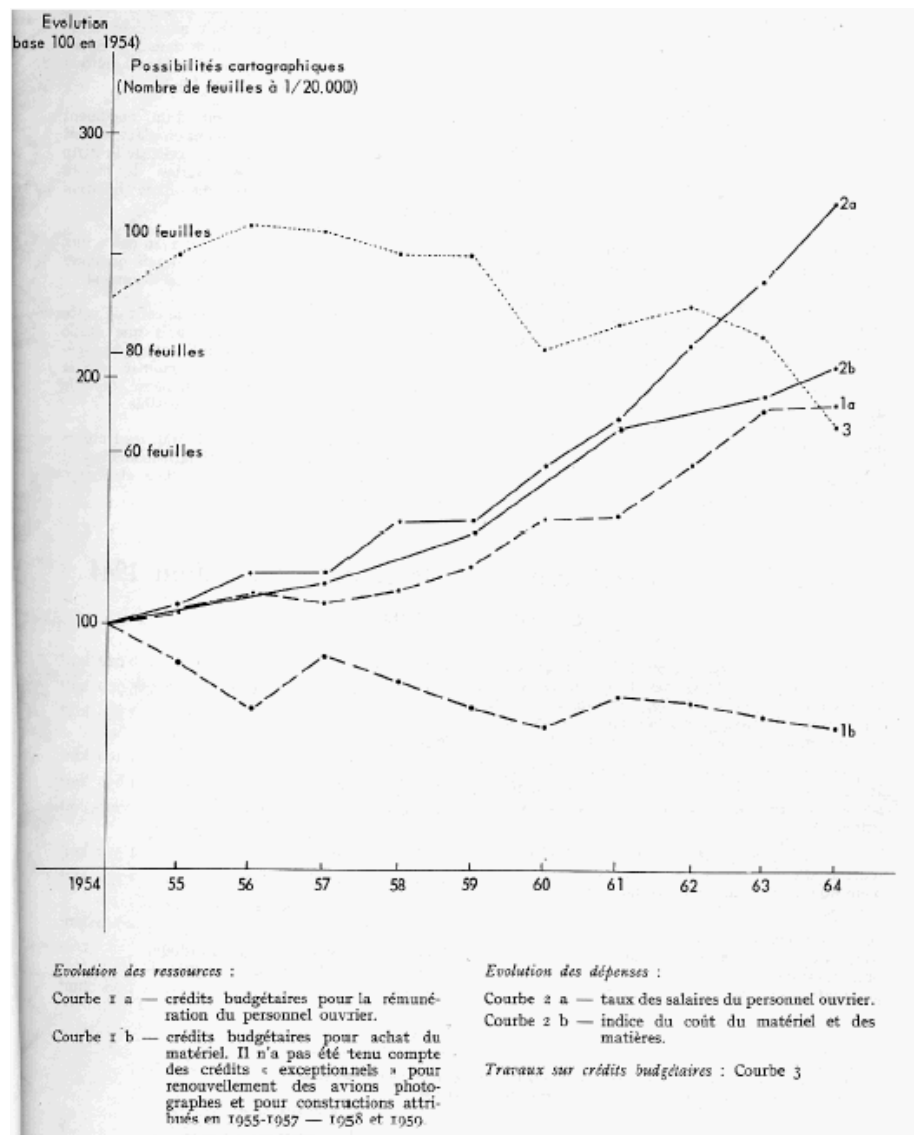
¹²⁷⁷ *La Nouvelle Carte de France au 1 : 20 000, son utilité, son exécution.* Paris : Institut géographique national, 1950.

¹²⁷⁸ HURAULT. *Travaux topographiques. Op. cit.*, p. 3-4.

partir des années cinquante, la conjonction de la politique d'austérité, de la hausse des prix et de la modernisation rapide des infrastructures du pays ne favorisa pas l'investissement dans les opérations de la carte de France, mais au contraire dans les travaux spéciaux à destination des autres administrations ou de pays étrangers. Le graphique suivant montre comment l'augmentation des prix et la réduction des crédits eut un impact considérable sur le potentiel cartographique de l'IGN, qui diminua d'environ un tiers entre 1956 et 1964 (graphique 16). En 1958 et 1959, l'IGN fut obligé de revoir son programme de travail pour privilégier les opérations demandées par certains clients par rapport aux travaux de fonds de la carte de France, ce qui ralentit davantage encore des opérations sur le terrain dont on ne voyait pas la fin. Ainsi, en 1964, environ un tiers du territoire n'était toujours représenté que par la carte de France au 1 : 50 000 à vocation militaire type M, directement dérivée de la carte d'état-major : dans l'ouest, le sud-ouest et le centre de la France, l'immense majorité de la superficie ne disposaient pas de levés au 1 : 20 000 adaptées aux projets modernes d'infrastructure¹²⁷⁹. Le rapport de 1965 soulignait qu'il restait à effectuer la triangulation de détail et le nivellement de précision de 174 feuilles, le levé au 1 : 20 000 de 398 feuilles, et la cartographie de 455 feuilles, sur les mille cent que comptait la carte – sans prendre en compte la révision des levés anciens, dont certains avaient été exécutés plus de quatre-vingts ans auparavant¹²⁸⁰.

¹²⁷⁹ Exp. IGN 1964, p. 1.

¹²⁸⁰ Exp. IGN 1965, p. 1.



Graphique 16 : Evolution de la situation financière et du potentiel cartographique de l'Institut géographique national, de 1954 à 1964.

Source Bulletin d'information de l'Institut géographique national, novembre 1964, 1, p. 4.

1.3.2.2. Crédits, retard et spécification de la carte de France : l'adoption du 1 : 25 000 et le type 1968 simplifié.

A la suite des difficultés financières, du retard persistant de la carte de base et des nouveaux besoins techniques privilégiant les très grandes échelles, les années cinquante virent s'instaurer un débat de fond entre les partisans d'une carte toujours aussi détaillée et ceux d'un achèvement rapide de la couverture nationale. Les termes de « traditionalistes » et de « pragmatiques » employés par Sinoir pour désigner les deux camps¹²⁸¹ sont une parfaite illustration de l'opposition entre les conceptions fixiste et utilitariste.

¹²⁸¹ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit., p. 38.

Ce débat était compliqué par la question de l'échelle de la carte de base française. En 1951, malgré l'opposition du représentant français, l'OTAN adopta pour la cartographie militaire de l'Europe de l'ouest l'échelle du 1 : 25 000 et un système de projection unique, l'Universal transverse mercator (UTM). L'IGN fut donc obligé de produire à partir de 1956, en plus de la carte de France au 1 : 20 000 avec un quadrillage Lambert, une carte dérivée au 1 : 25 000 avec un pseudo-quadrillage UTM¹²⁸², qui devait également être adopté pour les cartes militaires au 1 : 50 000 et au 1 : 100 000. Si l'importance des crédits militaires, encore augmentée avec les opérations en Algérie, devait théoriquement permettre de compléter le budget limité de la carte de France grâce à la procédure du rétablissement de crédit, ils phagocytèrent en fait les travaux de la carte au 1 : 20 000 au profit de ceux de la carte au 1 : 25 000. Le retard préoccupant de la carte de France et les problèmes financiers provoqués par le maintien de deux stocks différents poussèrent la direction de l'IGN à décider la réalisation d'une unique carte civile au 1 : 25 000 pour les feuilles déjà couvertes par l'édition militaire. Cette décision marquait la fin temporaire de l'homogénéité – théorique en attendant l'achèvement de la carte de base – de la couverture cartographique de la France.

Même avec ces dispositions, la dualité de la carte de base se révélait particulièrement coûteuse. En 1964, le nouveau directeur de l'IGN, l'ingénieur général Laclavère, décida de demander l'avis du Comité central des travaux géographiques sur l'échelle de la carte de base. Le 5 mars 1964, ce dernier se prononça à l'unanimité pour une carte en quatre couleurs à l'échelle unique du 1 : 25 000 sur tout le territoire, avec des tirages monochromes ou polychromes au 1 : 20 000 et 1 : 10 000 disponibles sur demande à l'IGN. Confirmée par le ministre et mise en application par la direction, cette décision ne fit pas moins l'objet d'attaques répétées de la part notamment de l'Académie des sciences et du général Hurault à la retraite, fers de lance du camp des traditionalistes.

La nouvelle direction voulait également trouver des solutions pour accélérer la publication de la carte au 1 : 50 000 sans modifier directement ses spécifications. Pour la couverture de l'ouest de la France, elle décida de changer les méthodes de levé et de simplifier considérablement les spécifications de la carte au 1 : 25 000. Afin d'accélérer la préparation et la restitution photographique, l'échelle des levés aériens fut diminuée du 1 : 25 000 au 1 : 40 000, les études menées entre 1964 et 1966 montrant que les levés conservaient ainsi une précision planimétrique jugée « excellente » et une précision altimétrique « satisfaisante »¹²⁸³. Pour faciliter le complètement, le contenu de la carte au 1 : 25 000 fut également allégé pour ne conserver que les détails nécessaires à la rédaction de la carte au 1 : 50 000. Grâce à ces modifications, le nombre de feuilles traitées passa de quatorze en 1964 à vingt-cinq en 1965, dont douze en type simplifié¹²⁸⁴. L'objectif de cette simplification, officiellement adoptée en 1968 et logiquement appelé *type 1968*, était d'atteindre en 1969 un doublement de la production cartographique. Il s'agissait d'une mesure provisoire, puisqu'il était prévu de revenir au type normal lors des révisions futures, mais elle focalisa contre elle toutes les oppositions à la carte au 1 : 25 000, entraînant la définition rapide du type 1972¹²⁸⁵.

¹²⁸² On parle de pseudo-quadrillage parce que le fond de carte lui-même était dressé dans des coordonnées de la projection Lambert et que le quadrillage UTM était simplement tracé à partir des coordonnées UTM transformées en coordonnées Lambert.

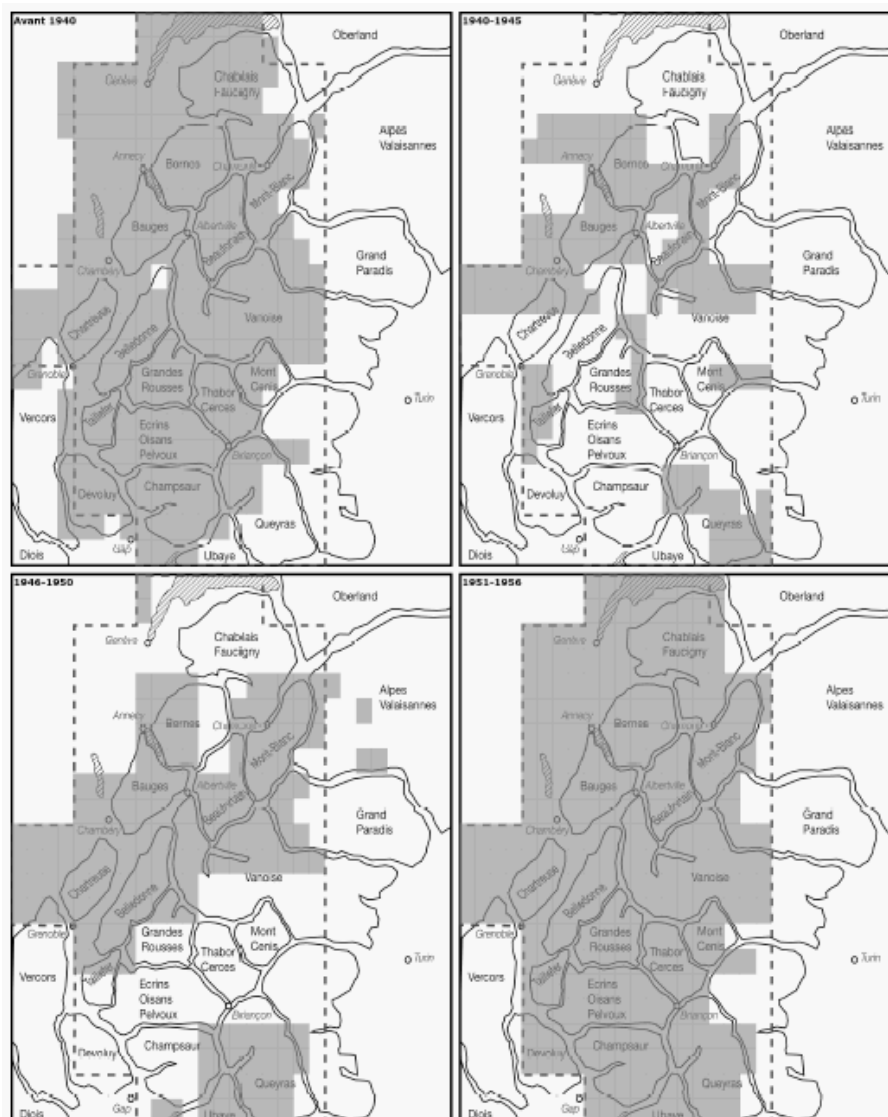
¹²⁸³ Exp. IGN 1964, p. 2.

¹²⁸⁴ Exp. IGN 1965, p. 1.

¹²⁸⁵ Voir infra, « Après 1960... », 2.

1.3.2.3. La couverture des Alpes.

En tant que région stratégique et frontalière de l'est, les Alpes du nord avaient bénéficié depuis longtemps de levés à grande échelle. La publication des feuilles de la nouvelle carte de France avait donc été effectuée particulièrement tôt dans certaines zones alpines, même si elle n'avait jamais été vraiment régulière. La carte suivante montre comment les nombreux travaux effectués avant 1940 assuraient une couverture assez complète de la zone de mon corpus, même si elle n'était pas forcément récente (carte 23). D'ailleurs, à l'exception de quelques îlots comme le massif du Mont Blanc, les levés exécutés entre 1940 et 1956 servirent surtout à compléter des levés déjà existants mais anciens.



Carte 23 : Levés du service officiel dans les Alpes du nord, entre 1897 et 1956.

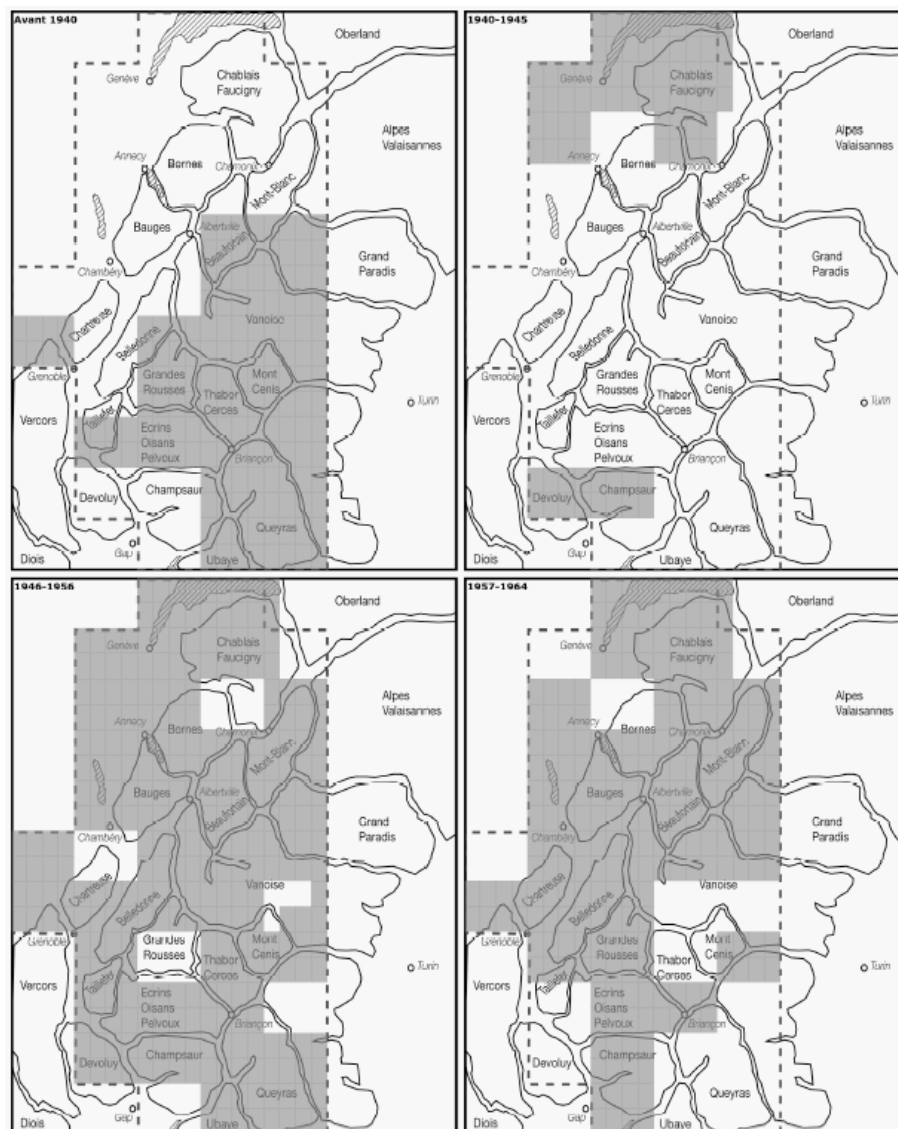
Les cinq cartes suivantes montrent l'évolution de la publication des feuilles des différentes cartes de France couvrant les Alpes du nord. Pour la carte au 1 : 50 000 type 1922 (carte 24), dix-neuf feuilles sur quarante-deux¹²⁸⁶ avaient déjà été publiées avant 1939.

¹²⁸⁶

Il y a en fait quarante-trois feuilles distinctes selon la numérotation, mais la feuille *Pas-de-Morgin* fut systématiquement intégré à la feuille *Samoëns* dans le type 1922, sous la forme d'une coupure spéciale un peu plus large.

Les cinq feuilles publiées en type 1900 avaient été transformées en type 1922 entre 1929 et 1931. Pendant l'occupation, les feuilles alpines furent l'objet d'une importante activité de rédaction cartographique qui permit la publication de neuf nouvelles feuilles du 1 : 50 000, essentiellement dans la région du Faucigny et des pré-alpes genevoises, au sud du lac Léman. Toutes ces feuilles furent dressées à partir de levés effectués avant la guerre qui avaient été publiés plus rapidement sous la forme de coupures au 1 : 20 000, parfois avant 1939 (carte 25). L'avancée des travaux limita singulièrement le recours au type M, dressé à partir de la carte d'état-major : mon corpus ne contient que dix feuilles de ce type, publiées en 1952-1953 à titre provisoire (carte 26). Huit d'entre elles furent remplacées par le type 1922 avant 1956 ; si les feuilles *Montmélian* et *Chorges* ne furent publiées en type 1922 qu'en 1958 et 1961, respectivement, les coupures au 1 : 20 000 avaient toutes été publiées antérieurement, avant 1956 pour *Montmélian* et avant 1939 même pour *Chorges*. Cette publication précoce des coupures au 1 : 20 000 dans les Alpes du nord explique la publication beaucoup plus limitée des coupures civiles au 1 : 25 000 (carte 27), même si une grande partie de la région fut par contre couverte par les feuilles de l'Army map service au 1 : 25 000 entre 1951 et 1954 (carte 28)¹²⁸⁷. Mais à partir de 1964, une majorité des feuilles au 1 : 20 000 furent transformées au 1 : 25 000 par réduction (carte 27).

¹²⁸⁷ Le corpus comprend des feuilles au 1 : 50 000 de l'AMS couvrant pratiquement toute la zone considérée (sauf *Seysse*), et des feuilles au 1 : 25 000 couvrant plus de la moitié de cette zone, mais il est fort possible que les collections de ces feuilles intégrées au corpus ne soient pas complètes et que toute la zone ait été représentée.

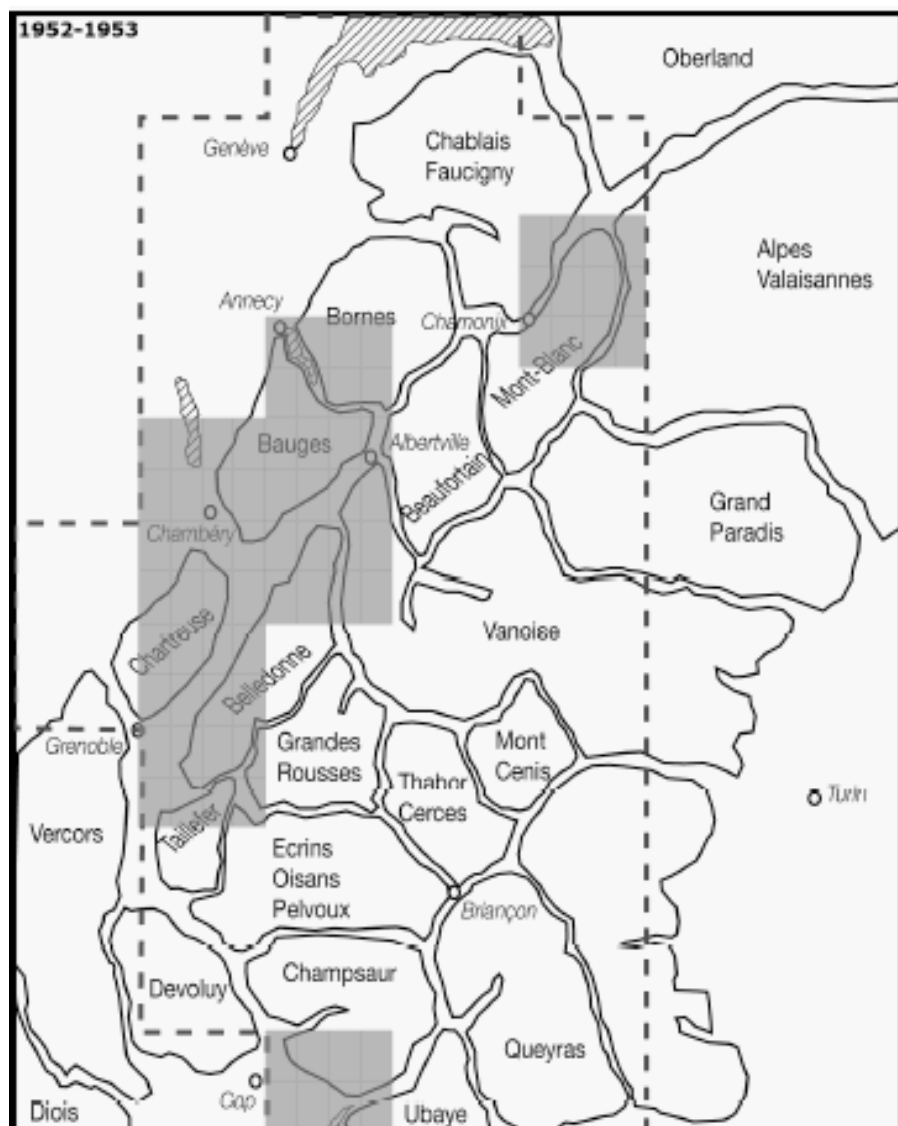


Carte 24 : Publication des feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 type 1922 couvrant les Alpes du nord, jusqu'en 1964.

Partie 4. Normalisation et industrialisation autour des levés aériens : le déclin de la spécificité alpine (1930-1970).

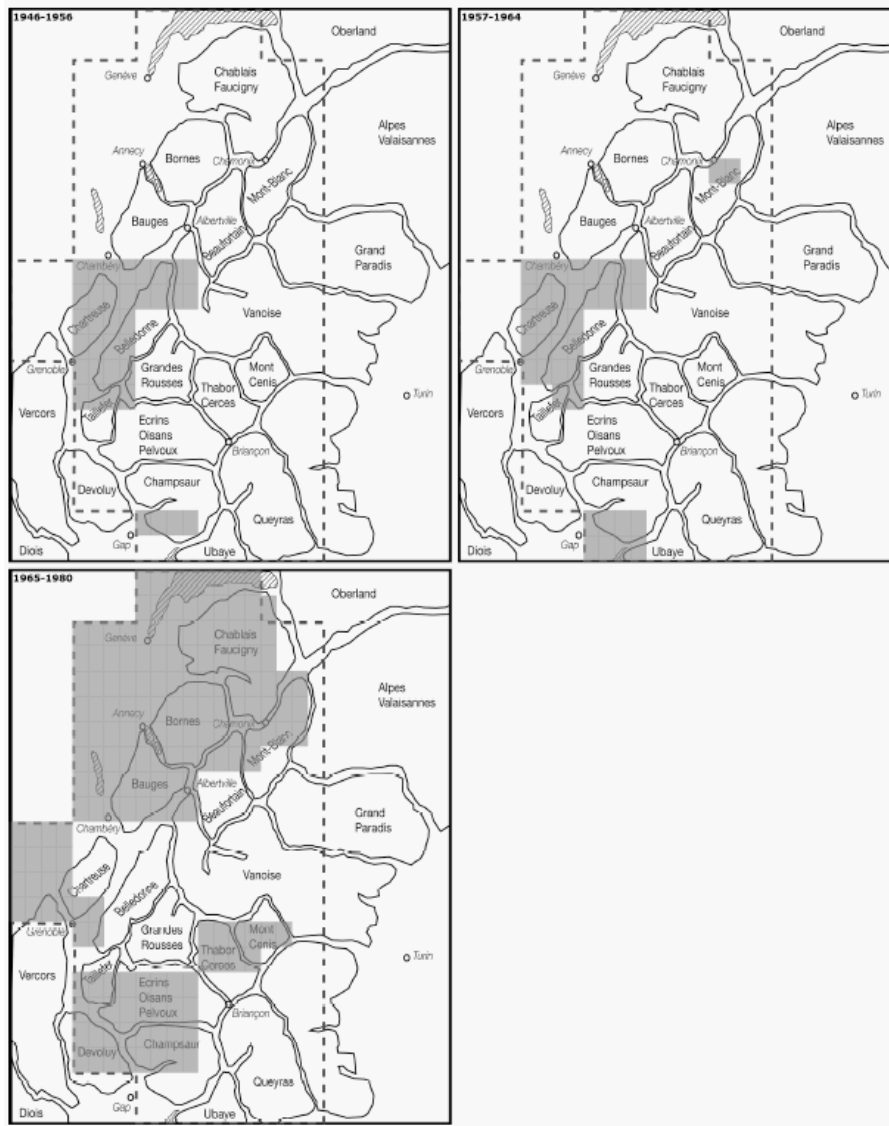


Carte 25 : Publication des feuilles de la carte de France au 1 : 20 000 couvrant les Alpes du nord, jusqu'en 1964.

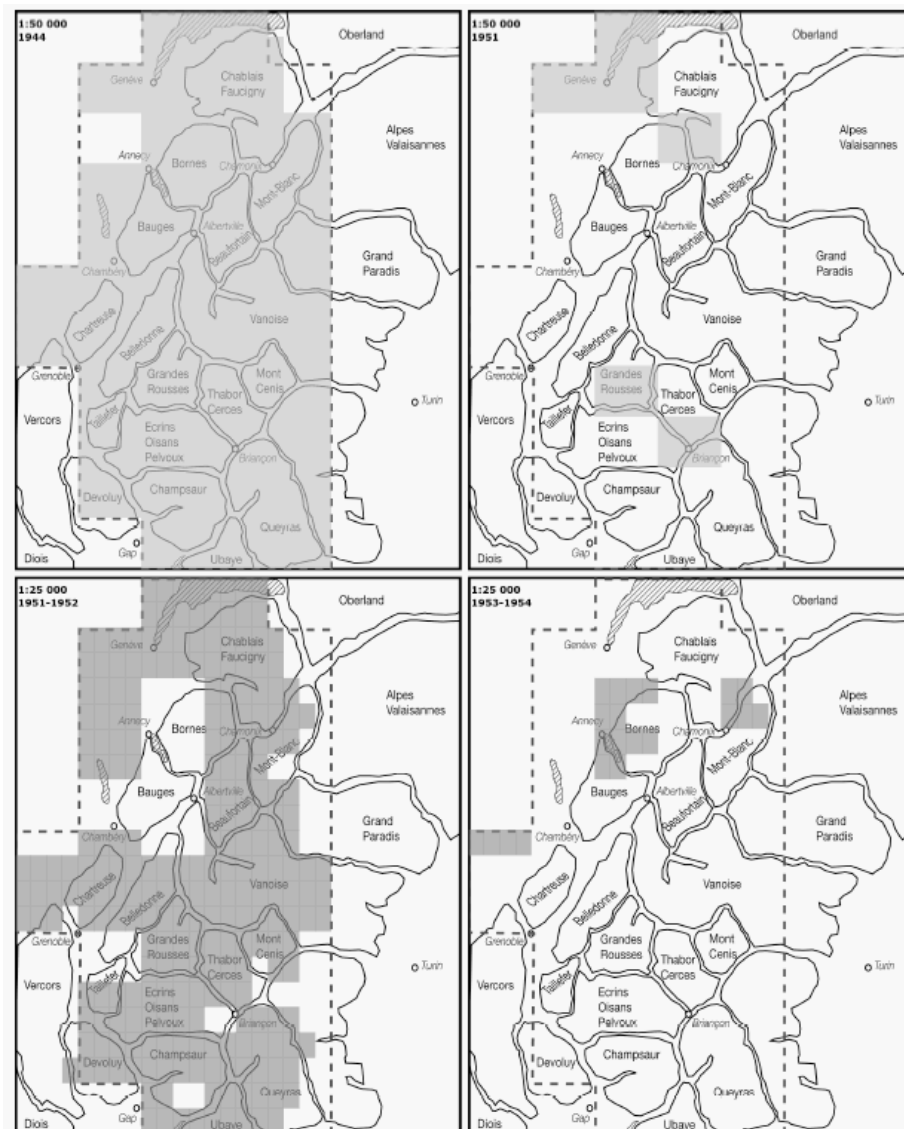


Carte 26 : Publication des feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 type M couvrant les Alpes du nord, jusqu'en 1964.

Partie 4. Normalisation et industrialisation autour des levés aériens : le déclin de la spécificité alpine (1930-1970).



Carte 27 : Publication des feuilles de la carte de France au 1 : 25 000 couvrant les Alpes du nord, jusqu'en 1980.



Carte 28 : Publication des feuilles des cartes de France au 1 : 50 000 et 1 : 25 000 de l'Army map service couvrant les Alpes du nord, entre 1944 et 1954.

1.3.3. Les limites du statut de service technique extérieur.

Après une décennie d'accroissement de son activité, entre la fin de la guerre et le milieu des années cinquante, l'IGN connut une période de diminution de ses crédits qui procédait essentiellement de la politique d'économie budgétaire instauré par l'Etat, d'abord en décembre 1958 avec le plan Pinay-Rueff qui s'attaquait à l'inflation par la réduction des dépenses publiques, puis, après un bref développement de ces dépenses, en 1962, qui ne semble pas avoir concerné l'IGN, avec le retour à une politique budgétaire restrictive décidé par Valéry Giscard d'Estaing¹²⁸⁸. Malgré des investissements matériels qui assurèrent un certain maintien de l'activité, cette crise du financement montra les limites d'une organisation héritée de l'occupation, qui n'avait pas été remise en cause après la guerre. En particulier, l'autonomie financière et la stabilisation du personnel, tant souhaitées par les directions

¹²⁸⁸ CARON François. *Histoire économique de la France, XIXe-XXe siècle*. Paris : Armand Colin, 1981, p. 268-269.

successives du service cartographique, se révélèrent singulièrement limitées par une restriction des crédits qui détourna l'IGN de sa mission de vocation.

1.3.3.1. Les problèmes d'emploi du personnel.

La politique d'économie budgétaire mise en place dans les services publics à partir du début des années cinquante eut un impact particulièrement lourd sur la gestion et l'emploi du personnel de l'IGN. Contrairement à d'autres services techniques extérieurs qui avaient régulièrement recours à des entreprises privées pour les travaux dont ils avaient la maîtrise d'ouvrage, l'institut faisait exécuter tous ses travaux de terrain par son propre personnel. Une partie de ses agents bénéficiait du statut de fonctionnaire, une autre partie n'avait qu'un statut « temporaire » contre lequel elle s'opposait, mais qui au niveau de la gestion était perçu par la direction comme un véritable statut « permanent », puisque ces techniciens et ouvriers qualifiés étaient engagés en contrat à durée indéterminée et que les procédures de licenciement ne furent utilisées que de façon très exceptionnelles¹²⁸⁹.

L'IGN disposait donc effectivement d'un personnel stable et reconnu pour ses compétences spécifiques, une revendication aussi ancienne que le service cartographique officiel, mais cette stabilité du personnel devait être doublée par une stabilité des crédits pour en assurer le renouvellement régulier et permettre son plein emploi. Or les diverses commissions d'économie mises en place à partir des années cinquante agirent principalement à deux niveaux pour limiter les dépenses sans licencier de personnel : par la suppression des emplois vacants, elles diminuèrent et supprimèrent parfois le recrutement ; par la diminution constante des crédits de fonctionnement hors personnel, elles limitèrent les possibilités d'emploi de ce personnel. Cette dernière mesure fut stigmatisée comme la principale raison du ralentissement de l'activité de l'IGN, notamment par sa direction qui commençait à reconnaître l'inadaptation de l'organisation de l'institut – ce qu'Alain Sinoir appelle les « inconvénients du système »¹²⁹⁰. Le conseiller référendaire à la Cour des comptes Jaccoud considérait d'ailleurs que le ratio critique entre les crédits de matériel et de personnel avait été atteint dès 1950.

Si les statuts empêchaient la diminution conjoncturelle du personnel pour assurer son plein emploi, les effectifs étaient de toute façon déjà insuffisants : en 1947, l'IGN ne disposait que de 1 554 agents permanents (fonctionnaires et « temporaires »), alors que le SGA en avait 1 659 en 1938¹²⁹¹. Entre 1958 et 1964, les fonctionnaires en activité à l'IGN passèrent même de 924 à 827, soit une diminution de 10 % due à la baisse du recrutement et aux départs vers le secteur privé plus attractif pour les ingénieurs. La situation devint véritablement critique dans les années soixante. Non seulement la réalisation de la carte de France était sérieusement ralentie, mais le manque de personnel empêcha même l'IGN d'exécuter une partie des travaux financés par certains services publics. Conséquence plus grave encore, ces services firent exécuter leurs levés topographiques par d'autres organismes, notamment privés : leur hétérogénéité ne permit même pas à l'IGN de les utiliser pour son propre compte, comme l'autorisaient les dispositions légales. Finalement, l'arbitrage de la direction en faveur de ces travaux de commande remit singulièrement en cause l'autonomie de fonctionnement de l'institut.

1.3.3.2. Une dépendance financière indirecte.

¹²⁸⁹ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 32-33.

¹²⁹⁰ *Ibid.*, p. 32.

¹²⁹¹ Chiffres cités dans *Ibid.*, p. 28.

Les statuts de l'IGN lui accordaient une autonomie de fonctionnement beaucoup plus importante qu'au SGA, en particulier dans l'engagement des budgets, mais cette autonomie se révéla rapidement théorique. Certes, le contrôle financier était moins direct et ne concernait pas toutes les opérations engagées, mais l'affectation stricte des crédits en fonction de leur provenance et le refus d'inscrire la mission de service public de l'IGN dans une loi de programme pluriannuelle aboutit à une situation paradoxale dans laquelle la mission « de vocation » de l'IGN concernant le territoire métropolitain était finalement la seule de ses activités soumises à des variations conjoncturelles.

Ainsi, les diverses réalisations financées soit par des budgets territoriaux pour les départements et territoires d'outre-mer, soit par des conventions particulières pour les pays étrangers ou les anciennes colonies, suivaient un rythme régulier : ce fut le cas en particulier des cartes du Luxembourg et du Liban, ou des 554 feuilles au 1 : 25 000 dont le levé et la rédaction faisaient l'objet d'un contrat avec l'AMS. Par contre, la politique d'austérité des pouvoirs publics et la forte hausse des prix entraînèrent à partir de 1958 une réduction importante du programme de vocation de l'IGN au profit des besoins urgents exprimés par le CCTG ou les services de la Défense nationale¹²⁹². En particulier, la couverture aérienne générale fut sérieusement ralentie au profit de levés locaux à des échelles supérieures nécessaires au développement industriel¹²⁹³. Les crédits consacrés à la carte de France devinrent tellement insuffisants qu'en 1964 le potentiel cartographique avait été réduit d'un tiers par rapport à celui de 1954¹²⁹⁴. Dans son rapport de 1963, le conseiller à la Cour des comptes Jaccoud notait que depuis 1958 « en géodésie-nivellement le nombre de feuilles de la Carte de France au 1 : 50 000 couvertes annuellement [était] passé de 30 à 25 ; en stéréopréparation de 37 à 25 et en complètement de 30 à 21 »¹²⁹⁵. De plus, une partie importante de ces travaux dépendait en fait du soutien financier de l'AMS dont la permanence n'était pas garantie.

Face à la diminution des crédits, le nouveau fonctionnement de l'IGN se révéla en fait tout aussi problématique que l'ancienne dépendance financière directe du SGA. La direction se trouva dans la délicate position de devoir mettre en cause certaines des mesures centrales de la nouvelle organisation, en particulier la cession des cartes à prix onéreux ou la stabilité du personnel. Le budget total de l'IGN était formé des crédits budgétaires des travaux publics, des contributions des territoires d'outre-mer et des fonds d'intervention. Il était calculé théoriquement pour couvrir le fonctionnement des services généraux et les travaux techniques envisagés, des opérations géodésiques à l'établissement des planches-mères d'impression seulement. Tous les frais liés à la vente des cartes ou autres documents (tirage, stockage, diffusion) devaient être couverts par les recettes de cette vente, qui étaient reversées intégralement au Trésor public. Une disposition particulière permettait cependant à l'IGN d'utiliser une partie de ces recettes pour compléter des lignes budgétaires insuffisantes : cette mesure exceptionnelle fut de plus en plus régulièrement employée pour faire face à la diminution des crédits. La cession des documents à prix onéreux pour les services publics ne dégagait aucun bénéfice, alors que la vente aux entreprises et particuliers était limitée aux zones urbaines à développement rapide et aux régions les plus touristiques. Pour une partie importante du territoire, des problèmes de rentabilité se posaient de façon très aiguë, le faible volume de vente ne permettant pas d'équilibrer les

¹²⁹² Exp. IGN 1958, p. 1.

¹²⁹³ Exp. IGN 1959, p. 1.

¹²⁹⁴ Exp. IGN 1964, p. 1.

¹²⁹⁵ SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. *Op. cit.*, p. 33-34.

coûts d'édition et de stockage pour lesquels l'IGN ne pouvait pas engager de crédits issus de son budget.

L'institut se retrouva ainsi dans une situation complexe où les grandes réformes de son organisation si ardemment défendues dans les années quarante se révélèrent une source de problèmes dès que les crédits budgétaires diminuèrent de façon trop importante. Dans l'orientation utilitaire et industrielle développée à partir des années quarante, la reconnaissance des compétences du personnel et la possibilité d'effectuer des travaux spéciaux avaient favorisé l'apparition d'une approche commerciale, qui se transforma en une véritable dépendance financière indirecte lorsque l'Etat ne put – ou ne voulut – plus continuer ses investissements dans le secteur cartographique. Je pense d'ailleurs que la rupture la plus importante dans l'évolution institutionnelle de l'IGN se situe justement au moment où les crédits étatiques devinrent insuffisants et obligèrent la direction à privilégier les travaux spéciaux à sa mission de vocation. Entre la fin des années cinquante et le début des années soixante, les restrictions budgétaires mirent à jour les limites de cette mission de vocation, qui était de réaliser et publier les cartes de base du territoire, dans le contexte du développement industriel et infrastructurel de la France. Cette approche traditionnelle de la mission de service public de l'institut, héritée du SGA et centrée sur la réalisation de la carte de base, se trouva d'autant plus remise en cause que son dernier grand défenseur, le général Hurault, avait prit sa retraite de la direction de l'IGN en 1956. A partir des années soixante, l'institut affirma définitivement son orientation industrielle et commerciale qu'une nouvelle réforme statutaire imposa définitivement en 1966¹²⁹⁶.

Conclusion

L'histoire institutionnelle du service cartographique officiel est toujours présentée comme une suite de réformes nécessaires pour l'adapter aux nouveaux besoins liés à la modernisation du pays. En soulignant les ruptures événementielles des différents changements de statuts, cette approche sous-estime trop souvent la persistance des problèmes, particulièrement anciens dans la cartographie officielle, de l'autonomie de fonctionnement et de la stabilité du personnel qualifié, et elle ignore totalement l'évolution conceptuelle plus générale de la cartographie. En cela, elle reprend la reconstruction du discours imposée par les directions successives qui présentaient chaque réforme comme une solution définitive.

Ainsi, la transition d'un service cartographique militaire à un organisme civil de service fut systématiquement présentée comme une « réforme depuis longtemps nécessaire », en même temps que l'historiographie officielle insistait sur la notion d'« héritage » et donc de filiation entre le Service géographique de l'armée et le nouvel Institut géographique national. Cette conception fut alimentée par la permanence de la direction de Hurault entre les deux organismes, qui reprit au cours des années d'occupation de nombreux éléments de la réforme avortée du SGA en 1937-1939. Si la création de l'IGN était une mesure purement opportuniste pour soustraire le SGA à l'occupant allemand, l'organisation mise en place en 1940-1941 s'inspirait en partie des propositions soutenues par Hurault avant la guerre. En particulier, elle confirmait la création de corps spécialisés dans la cartographie, constitués en décembre 1939, et elle mettait en place une certaine autonomie de gestion à laquelle s'était toujours opposé l'Etat-major de l'armée : ces deux mesures s'inscrivaient dans les revendications anciennes des directions du service cartographique de disposer d'un personnel stable et d'une autonomie de fonctionnement.

¹²⁹⁶ Voir infra, « Après 1960... », 1.

Par ces mesures et la poursuite de l'effort de rationalisation de la structure interne, l'organisation de l'IGN réalisait l'industrialisation envisagée pour le SGA, facilitée par le nouveau statut civil. Mieux intégré dans l'administration civile, l'IGN devint l'acteur central du dispositif d'information cartographique, autant au niveau de l'exploitation des travaux que de la formation aux métiers de la carte. Après sa remise en cause par les partisans d'un service cartographique militaire, la confirmation du statut civil en 1946 montrait qu'il constituait un véritable catalyseur pour l'orientation industrielle souhaitée par la direction de l'institut. Dans une perspective plus large, cette industrialisation du service cartographique s'inscrivait dans la généralisation de la conception utilitariste de la cartographie, favorisée par l'intégration dans un département plus technique avec le statut au titre révélateur de *service technique extérieur*. En permettant une séparation plus nette entre le créateur de la carte et son bénéficiaire qu'à l'époque du service cartographique militaire, ce nouveau statut affirmait le rôle d'outil objectif de la carte, marquant une étape de distanciation sans doute nécessaire dans le développement scientifique de la cartographie.

Globalement inchangée jusqu'en 1966, l'organisation de l'IGN montra cependant rapidement les limites de sa conception dans les conditions si particulières de l'occupation. Après une période financièrement faste pendant laquelle l'IGN connut une croissance importante de son activité et bénéficia d'investissements matériels conséquents, l'Etat imposa à partir du début des années cinquante des restrictions budgétaires qui témoignaient de ses difficultés persistantes à concevoir la nécessité des investissements à long terme dans le domaine cartographique. Ces restrictions soulignèrent rapidement les limites du statut de service technique extérieur, en particulier au niveau des réformes pourtant souhaitées depuis longtemps : la stabilité du personnel entraîna une situation de chômage technique partielle quand les crédits de fonctionnement diminuèrent, et l'autonomie de gestion se révéla purement théorique quand l'insuffisance des crédits obligea l'IGN à consacrer la majeure partie de son potentiel aux travaux commandés plutôt qu'à sa mission de vocation, la réalisation des cartes de base du territoire français. Comme dans les années vingt, les difficultés financières accentuèrent l'orientation industrielle imposée par la direction, qui se traduisit par une nouvelle réforme statutaire de l'institut en 1966¹²⁹⁷, mais aussi par l'accentuation de l'industrialisation et de l'automatisation du processus cartographique qui se développaient depuis les années trente.

Chapitre 2. Le début des levés aériens et le problème de la restitution du relief, 1900-1934.

Voler était un fantasme presque aussi vieux que l'humanité, dans lequel se manifestait, entre autres, la volonté de voir le monde d'un point de vue vertical inédit pour embrasser le territoire d'un seul regard, c'est-à-dire une pulsion de pouvoir qu'assouvissaient pleinement les cartes géographiques, comme le décrit remarquablement Christian Jacob dans l'introduction de son étude théorique sur l'histoire de la cartographie :

« De l'utopie gullivérienne aux situations paroxystiques de la science-fiction contemporaine, de l'œil d'Icare à celui des satellites qui nous renvoient le reflet de la terre [...] : voir le monde de haut dans l'unicité de sa forme et la clôture de son contour, voir le monde s'étaler sous son corps est un vieux fantasme que les

¹²⁹⁷ Voir infra, « Après 1960... », 1.

cartes géographiques permettent de réaliser métaphoriquement, c'est-à-dire au prix d'un détour, si léger qu'il n'en paraît guère problématique, grâce au double analogique de la réalité. Désir de complétude, rêve d'universalité, fantasme de pouvoir où voir, d'un point de vue à tout autre interdit, d'"un regard zénithal et froid", pour reprendre l'expression de Michel de Certeau. »¹²⁹⁸

Il n'y avait donc rien d'étonnant à ce que la photographie soit très rapidement utilisée pour produire des vues aériennes. Entre 1856 et 1858, seulement quinze ans après la présentation de cette technique à l'Académie des sciences de Paris par Arago, le célèbre photographe Nadar prenait ainsi les premiers clichés aériens, depuis un ballon captif au-dessus de Paris. Mais jusqu'à la fin du 19^e siècle, la photographie aérienne resta limitée par les possibilités de l'aéronautique et de la technique photographique elle-même. Elle ne se développa véritablement qu'au début du 20^e siècle, avec la généralisation des surfaces sensibles rapides en photographie et l'avènement de l'aviation. Ses premières applications à la cartographie topographique, expérimentées entre 1890 et 1914, furent fortement inspirées par les avancées de la photogrammétrie terrestre. Bien que l'analogie hâtive entre la photographie aérienne et une carte parfaite ait favorisé assez tôt l'investissement dans ces applications, le véritable catalyseur de leur développement fut les besoins colossaux du renseignement militaire pendant la première guerre mondiale. Définitivement entrés dans la culture et la pratique cartographique, les levés aériens devinrent l'objet d'une recherche intensive dans les années vingt, mais leur utilisation productive restait dominée par une pratique encore largement artisanale.

2.1. Une orientation méthodologique et technologique fixée dès le début du 20^e siècle.

Jusqu'au début du 20^e siècle, les photographies aériennes ne pouvaient être prises qu'avec les seuls moyens de vol maîtrisés par l'homme : les ballons, captifs ou libres, et les cerfs-volants, parfois assemblés en train pour supporter la charge d'une nacelle contenant un homme. Les militaires s'étaient aperçus du potentiel de cette technique pour l'observation des situations statiques où les patrouilles de cavalerie ne pouvaient pas servir au renseignement. Dès les années 1860, les clichés aériens servaient de source d'informations pour la guerre de siège, mais la méthode ne devint véritablement efficace qu'à partir de 1880 avec la généralisation des plaques photographiques au gélatino-bromure qui permettait d'abaisser les temps de pose et d'obtenir ainsi des clichés plus nets – donc plus exploitables – malgré les mouvements du ballon ou du cerf-volant. Entre 1880 et 1914, les essais de photographie aérienne se multiplièrent dans les pays industrialisés¹²⁹⁹, notamment avec le développement de l'aviation, et les militaires commencèrent à expérimenter son application aux levés topographiques. Rapidement identifiés, les problèmes spécifiques à cette application furent abordés par une recherche technique active. Motivé par une analogie trompeuse entre le cliché aérien et la carte, l'essor de la photogrammétrie aérienne s'inspirait pourtant fondamentalement de la photogrammétrie terrestre.

¹²⁹⁸ JACOB Christian. *L'Empire des Cartes. Op. cit., p. 7.*

¹²⁹⁹ En France, de nombreux essais portèrent sur les clichés pris depuis des ballons : Tissandier et Ducom en 1885, Hermite et Besançon en 1897, Cailletet-Gaumont en 1898. ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne. Op. cit., p. 19.*

2.1.1. Les premières applications topographiques de la photographie aérienne.

2.1.1.1. La guerre russo-japonaise de 1904.

Malgré des exemples antérieurs, comme les essais de levés topographiques à partir de photographies prises en cerf-volant exécutés par les Français Batut et Wenz, la plupart des spécialistes reconnaissait, dans les années vingt, que « la première utilisation rationnelle de la photographie aérienne à la topographie militaire [paraissait] avoir été faite en 1904 par l'armée japonaise dans la campagne de Mandchourie »¹³⁰⁰. Celle-ci utilisa un mélange de photographies terrestres et de photographies aériennes prises depuis des ballons captifs pour mettre à jour les cartes fournies aux armées. Elle disposa ainsi de renseignements précis sur l'un des premiers champs de bataille modernes où l'efficacité des armes à feu et de l'artillerie empêchait la mise en place systématique de patrouille de reconnaissance. Malgré les travaux sur les levés photographiques aériens menés par Thiélé depuis 1897, les Russes n'arrivèrent pas à mettre en place une application militaire similaire avant la fin du conflit.

2.1.1.2. Le discours classique du retard de la science française.

Dans les nations occidentales, la conjonction du développement de la photogrammétrie terrestre et des enseignements tirés de la guerre russo-japonaise favorisa un investissement croissant dans les applications topographiques de la photographie aérienne, même si celles-ci restèrent strictement expérimentales jusqu'à la première guerre mondiale. Des essais furent ainsi menés en Allemagne et en Autriche-Hongrie, mais aussi en Russie et au Canada, pays dont la superficie rendait particulièrement attractifs des moyens rapides de levé topographique. En France, les expérimentations furent certes limitées par le rejet officiel de la photogrammétrie terrestre, mais l'initiative de certains officiers permit la réalisation d'un certain nombre d'essais. En 1909, pendant la campagne du Maroc, le capitaine Saconney effectua ainsi quelques photographies aériennes à partir d'avions ou de trains de cerfs-volants, sans aucune exploitation topographique. En 1910 et 1911, des reconnaissances photographiques aériennes furent également exécutées, dans la région de Verdun.

Pourtant, la littérature technique française consacrée à la photographie aérienne reprenait systématiquement le discours caricatural du retard de la science française sur la science germanophone¹³⁰¹. Publiée après la première guerre mondiale mais toujours marquée par l'esprit revanchard, cette littérature présentait une vision déformée du développement des levés aériens qui surestimait paradoxalement autant l'avancée technique étrangère que l'influence des « précurseurs » français, dans une rhétorique patriotique des plus classiques. André Carlier décrivait ainsi une situation particulièrement déséquilibrée avant la guerre, avec d'un côté les travaux limités de Français comme « Emile Wenz et surtout le colonel Saconney », et de l'autre côté « les procédés employés par nos ennemis [qui montraient le] degré de perfection auquel ils avaient déjà poussé le problème lors de la déclaration de guerre »¹³⁰². Ce constat se doublait généralement d'une critique de l'inertie des autorités militaires françaises qui avaient négligé la photogrammétrie. Clerc regrettait ainsi que les essais français aient provoqué plus d'intérêt en Allemagne

¹³⁰⁰ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Lectures des photographies aériennes, stéréoscopie de précision, appareils et méthodes pour la photographie aérienne*. Paris : Octave Doin et fils, 1920, p. 2.

¹³⁰¹ Voir supra, partie 3, chapitre 3.1.3.

¹³⁰² CARLIER André-H. *La Photographie aérienne pendant la guerre*. Paris : Librairie Delagrave, 1921, p. 7.

qu'en France : selon lui, « le haut commandement français ne considérait guère l'aviation que comme un sport, et la photographie comme une distraction sans portée pratique », attachant « beaucoup plus d'importance [à leur] côté pittoresque qu'à [leur] utilisation méthodique »¹³⁰³. Mais ces jugements tardifs étaient emprunts de mauvaise foi : tous ces spécialistes de la photographie aérienne ne s'étaient consacrés que récemment à cette méthode, une fois son potentiel reconnu par l'armée française pendant la guerre...

2.1.1.3. Une situation moins contrastée que sa présentation.

L'efficacité relativement proche des services de renseignement français et allemand pendant la première guerre mondiale témoigne que la situation n'était pas aussi contrastée que ce que décrivent les spécialistes des années vingt. Certes, le désintérêt des autorités militaires pour la photogrammétrie aérienne se reflétait dans une organisation minimale : l'armée ne disposait que d'un photographe par compagnie d'aérostatiens, d'une section de photographie aérienne en ballon libre organisée par le capitaine Saconney, et d'un seul laboratoire de téléphotographie. Mais les travaux des différents pays étaient bien diffusés en Europe, comme le montre la conférence que donna le spécialiste autrichien Kammerer à Paris en 1913. Les problématiques, les méthodes et les instruments de la photogrammétrie aérienne étaient donc à peu près aussi bien connus en France qu'en Allemagne ou en Autriche. Les orientations de la recherche étaient même suffisamment marquées pour que l'investissement tardif de la France dans ce domaine n'empêche pas un développement rapide et des innovations importantes, même au niveau international.

2.1.2. Les problèmes spécifiques à l'exploitation topographique des prises de vue aériennes.

2.1.2.1. Les limites des techniques aéronautique et photographique.

La photogrammétrie aérienne était confrontée aux problèmes généraux de la photographie et de l'aéronautique. Son efficacité dépendait beaucoup de progrès techniques qui n'étaient pas l'objet de recherches spécifiques à la photographie aérienne, comme l'accroissement du rayon d'action, de la charge utile et de l'altitude maximale des avions, le contrôle de la vitesse et de la stabilité du vol, l'augmentation de la sensibilité des supports photographiques, ou la correction de la distorsion des objectifs, spécialement pour les focales courtes. Mais les limites de la technique photographique donnèrent lieu à quelques adaptations originales. Ainsi, pour diminuer le temps d'exposition afin de limiter le flou de l'image, la plaque sensible n'était pas exposée entièrement en une seule fois, mais par bandes successives¹³⁰⁴, ce qui faisait qu'un cliché était séparé en plusieurs parties prises avec un point de vue et souvent une inclinaison de l'axe optique différents. Quant à la distorsion des objectifs, les progrès de l'optique ne permirent pas de la limiter suffisamment pour un emploi systématique des courtes focales en photographie aérienne avant la fin des années vingt. Les difficiles conditions de prise de vue poussaient pourtant à couvrir le plus large champ possible : la solution adoptée dans tous les pays fut l'utilisation d'appareils à chambres multiples dont les clichés pouvaient être assemblés. Si certains modèles regroupaient jusqu'à neuf chambres, les appareils les plus utilisés n'en comportaient que trois, sur le modèle du *Trimetrogon* conçu aux Etats-Unis par James W. Bagley en

¹³⁰³ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 3.

¹³⁰⁴ L'obturateur était constitué d'un rideau portant une fente se déplaçant d'un bord à l'autre de la plaque, dans un mouvement non uniforme (il accélérât puis ralentissait dans sa course). Rapp. SGA 1914-19, p. 68.

1918¹³⁰⁵. Pour assembler les clichés, il était indispensable de les *redresser* préalablement, une opération problématique qui focalisa l'attention de la recherche en photogrammétrie aérienne jusqu'aux années vingt.

2.1.2.2. Le problème central du redressement.

Les déformations liées à l'inclinaison de la chambre photographique au moment de la prise de vue constituaient le problème central pour l'utilisation *géométrique* des photographies aériennes. Il était presque impossible d'assurer la verticalité de l'axe optique dans un avion, contrairement à son horizontalité facilement garantie par un trépied lourd lors de prises de vue terrestres. Les photographies étaient donc toujours sensiblement déformées à cause de l'inclinaison de l'axe optique et des inégalités du terrain. La méthode photogrammétrique reposait sur le principe qu'une photographie étant une perspective conique, les lois mathématiques permettaient de déterminer la position d'un point sur le cliché à partir de la position connue de la prise de vue. Mais l'inclinaison du plan de projection d'une photographie aérienne rendait l'opération beaucoup plus complexe. Surtout, elle empêchait l'utilisation de chambres multiples et de la méthode stéréophotographique, puisque deux clichés aériens contigus ne pouvaient être assemblés qu'à condition d'être dans le plan horizontal. Les progrès de l'aéronautique ne permettant pas d'envisager raisonnablement une solution pour assurer la parfaite horizontalité d'un avion en vol, les recherches en photogrammétrie se concentrèrent sur le problème du redressement des clichés aériens dans le plan horizontal, qui pouvait se résumer à l'application d'une transformation perspective.

2.1.2.3. Le photoperspectographe, premier appareil de redressement.

La méthode géométrique à appliquer pour redresser une photographie aérienne était bien connue : pour obtenir un cliché dans le plan horizontal, il fallait lui faire subir une transformation perspective dont les caractéristiques étaient déterminées par l'inclinaison de l'axe optique et l'angle de déversement de l'appareil autour de l'axe optique. Par contre, la conception matérielle de l'instrument était plus complexe. Le *photoperspectographe* de l'Autrichien Scheimpflug posa le principe de base repris par tous les instruments postérieurs : il s'agissait d'un appareil de reproduction photographique qui « au lieu de ne permettre que des agrandissements ou des réductions, [pouvait] produire [...] toutes sortes de transformations de perspective »¹³⁰⁶. En l'absence d'information sur l'inclinaison de l'appareil photographique au moment de la prise de vue, le photoperspectographe nécessitait de définir laborieusement la transformation appliquée à partir de calculs basés sur les repères connus (généralement par une triangulation préalable) présents sur le cliché. Ces difficultés stimulèrent la recherche pour l'inscription des données de prise de vue sur les clichés, afin de connaître, directement et sans calcul, l'inclinaison de la chambre au moment du déclenchement. Des dispositifs artisanaux avaient été utilisés dès la fin du 19^e siècle, mais les premiers *indicateurs de pente* efficaces furent conçus pendant la première guerre mondiale. De la même façon, le photoperspectographe s'avérant d'une utilisation trop laborieuse, il ne fut jamais utilisé pendant la guerre, ce qui suscita la conception de nouveaux appareils de redressement pour accélérer l'exploitation des clichés¹³⁰⁷.

¹³⁰⁵ La chambre principale était placée au centre, à la verticale, et les chambres annexes sur le côté avec une inclinaison de 30°. MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne*. Op. cit., p. 71.

¹³⁰⁶ Extrait d'une conférence de Kammerer en 1913, cité par CARLIER André-H. *La Photographie aérienne*. Op. cit., p. 9.

¹³⁰⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 2.2.3.3.

2.1.3. Photogrammétriques terrestre et aérienne, des rapports complexes.

2.1.3.1. La photogrammétrie aérienne, une réponse aux limites de la photogrammétrie terrestre ?

A la suite des travaux de Laussedat, la photogrammétrie terrestre avait connu un développement assez important à la fin du 19^e siècle, même si les applications restèrent limitées en France jusqu'aux années vingt. L'utilisation de prises de vue terrestres épargnaient les problèmes posés par l'aéronautique et rendaient moins cruciales les limites de la technique photographique, puisqu'il était possible d'employer de longs temps de pose et des focales moyennes à la distorsion mieux corrigées. Dans la première décennie du 20^e siècle, les progrès des levés photographiques terrestres avaient même abouti à la conception d'appareils de restitution mécanisée¹³⁰⁸.

Mais la stéréotopographie terrestre souffrait aussi de restrictions sérieuses ; en particulier, elle n'était efficace que dans les régions accidentées, où le recours à des levés complémentaires à la planchette restait pourtant indispensable. Comme si le progrès en marche ne pouvait supporter ces reliquats d'une topographie archaïque, de nombreux spécialistes présentaient la photographie aérienne comme une solution à cette limitation. Ainsi, Emmanuel de Martonne racontait en 1948 comment les topographes s'étaient rendu compte, au début du 20^e siècle, que « cet inconvénient pouvait disparaître si l'appareil de prise de vue était monté sur un avion et prenait des photographies verticales »¹³⁰⁹. Roussilhe exprimait encore plus clairement cette idée :

« Il était tout naturel qu'on cherche à élever considérablement le point de vue, afin de supprimer les angles morts et de diminuer les déformations dues au relief du sol. On pouvait ainsi avoir l'espoir d'éliminer, dans le cas des terrains normaux, les deux principales difficultés rencontrées dans l'emploi du procédé photogrammétrique (parties cachées, sauf en terrain très accidenté, difficulté d'identification des points recoupés photographiquement), et dont la première reste un obstacle sérieux à l'emploi du procédé stéréophotographique dans les terrains non montagneux. »¹³¹⁰

Cette conception linéaire du progrès imposa une vision déformée du développement des levés aériens au début du 20^e siècle, dans laquelle la motivation principale était la solution des problèmes posés par la photogrammétrie terrestre. Je pense que les motivations étaient en fait beaucoup plus complexes. En dehors de l'essor de la photographie aérienne, qui répondait à des besoins très spécifiques comme la reconnaissance militaire et à un potentiel commercial très tôt exploité, le développement particulier de la photogrammétrie aérienne procédait, selon moi, de deux influences fondamentales : d'une part, l'analogie hâtive et trompeuse entre la photographie aérienne et la carte qui participait à la perception de la photographie aérienne comme l'outil parfait de la cartographie ; d'autre part, les progrès de la photogrammétrie terrestre dont s'inspiraient directement les recherches en photogrammétrie aérienne.

¹³⁰⁸ Voir supra, partie 3, chapitre 3.3.1.

¹³⁰⁹ MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne. Op. cit.*, p. 69.

¹³¹⁰ ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 18.

2.1.3.2. Le mythe de la carte parfaite : l'analogie trompeuse entre la photographie aérienne et la carte.

A une époque et dans une société profondément dominées par l'idéologie du progrès technique, les inventions ou applications dont l'emploi se généralisait étaient systématiquement présentées *a posteriori* comme des évolutions évidentes et naturelles. Mais dans le cas de la photogrammétrie aérienne, la similarité, à tort supposée, des points de vue de la carte et du cliché aérien renforça singulièrement cette tendance au point de faire naître un véritable mythe : une photographie aérienne serait une *carte parfaite*. Héritier d'une définition ancienne de la carte comme la représentation du monde tel que pourrait le voir un observateur perché dans le ciel, ce mythe était plus ou moins explicitement repris dans de nombreuses sources documentaires antérieures aux années trente. Dans son manuel de topographie, Berget affirmait ainsi en 1921 qu'« en ballon ou en aéroplane, on "voyait" le terrain tel qu'il [devrait] être représenté sur le plan [et qu'] il était donc tout naturel qu'on cherchât à utiliser cet avantage, pour fixer photographiquement l'image du terrain ainsi observé »¹³¹¹. Souvent présent chez les vulgarisateurs, ce mythe se retrouvait aussi chez certains spécialistes de la photogrammétrie aérienne. Ainsi, l'Autrichien Kammerer, dans une conférence tenue en janvier 1913 à la Société française de navigation, affirmait qu'une « photographie aérienne [...], telle qu'on l'[obtenait] à bord d'un aéroplane ou ballon au moyen d'un appareil à plaque horizontale, [était] elle-même une carte exacte, à la condition que le terrain soit horizontal et plat »¹³¹².

Pour lutter contre ce mythe, de nombreux auteurs insistèrent au contraire sur l'une des principales différences entre une carte et une photographie aérienne : la nature même de la projection formant l'image. Clerc rappelait ainsi qu'une carte était une projection orthogonale d'une portion de la surface terrestre sur un plan de référence définie mathématiquement, alors qu'une photographie aérienne était une perspective plane obtenue par projection conique sur le plan d'une plaque sensible¹³¹³. Une carte et une photographie aérienne couvrant un terrain identique à une échelle identique ne se recouvriraient donc pas. Les erreurs susceptibles d'être générées par l'analogie entre une carte et une photographie aérienne étaient d'ailleurs suffisamment préoccupantes, notamment dans leur répercussion sur le réglage des tirs d'artillerie, pour qu'une circulaire du Grand quartier général datée du 18 mai 1916, rappelle l'interdiction de constituer par assemblage de photographies des « cartes » assimilables aux plans directeurs¹³¹⁴.

Mais le développement et le succès public des *photocartes*¹³¹⁵ rendaient confuse la différence entre une carte et une photographie aérienne et entretenait le mythe de la carte parfaite. Les premiers exemples de ces assemblages de clichés aériens avaient été construits par l'Italien Tardivo pour représenter la zone archéologique de Rome en 1909. Les Allemands avaient utilisé de tels assemblages de clichés redressés à des fins de reconnaissance pendant la guerre. Si Clerc reconnaissait que ces assemblages « en projections coniques sur plan horizontal [pouvaient], en certaines conditions, jouer le rôle de cartes à grande échelle », il prévenait qu'elles facilitaient surtout « considérablement

¹³¹¹ BERGET A. *Topographie. Op. cit.*, p. 274.

¹³¹² Cité par CARLIER André-H. *La Photographie aérienne. Op. cit.*, p. 8.

¹³¹³ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 4.

¹³¹⁴ *Ibid.*, p. 9.

¹³¹⁵ MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne. Op. cit.*, p. 73.

le travail cartographique proprement dit »¹³¹⁶. Les photocartes étaient parfois complétées par des signes conventionnels dessinés directement sur le tirage photographique, afin de les rapprocher davantage des cartes topographiques, mais certains spécialistes comme Kammerer défendaient la supériorité de la représentation photographique « réelle » des éléments topographiques ou planimétriques sur les signes conventionnels : ils limitaient ainsi la différence entre une carte et une photographie aérienne aux seules informations administratives¹³¹⁷.

Jusqu'aux années quarante, les spécialistes ne présentèrent la différence entre une photographie aérienne et une carte qu'au niveau des projections mises en œuvre. Dans la littérature consacrée spécialement à la photogrammétrie aérienne, l'interprétation et la généralisation du terrain, deux étapes fondamentales du travail cartographique¹³¹⁸, ne furent abordées pour la première fois qu'en 1948 par Emmanuel de Martonne¹³¹⁹, sans pour autant que celui-ci souligne leur importance capitale dans la différenciation entre une photographie aérienne et une carte – alors même que l'utilisation plus régulière des cartes montrait le rôle crucial de ce travail de simplification dans la rapidité et l'efficacité de la lecture du document. Ce ne fut qu'à partir des années soixante-dix que le travail des sémiologues, des spécialistes des sciences cognitives, des historiens de la cartographie et des cartographes eux-mêmes, affirma la nature interprétative de la rédaction cartographique et la fonction centrale de la généralisation. Je trouve d'ailleurs que la négation de l'importance de la généralisation et la focalisation sur la question de la projection sont particulièrement représentatives du mythe qu'une carte parfaite est possible, mythe qui constitue lui-même une fondation essentielle du paradigme du développement scientifique de la cartographie vers une représentation objective et vraie du terrain.

2.1.3.3. L'influence des progrès de la photogrammétrie terrestre sur l'orientation des recherches en photogrammétrie aérienne.

Entre la conception de la photogrammétrie aérienne comme une réponse aux limites de la photogrammétrie terrestre et le mythe du cliché aérien comme carte parfaite, les rapports entre ces deux techniques me semblent beaucoup plus complexes qu'ils ne furent généralement présentés. Bien que les recherches en photogrammétrie aérienne aient été concentrées jusqu'aux années vingt sur des problèmes spécifiques à la photographie aérienne, c'est-à-dire aux techniques photographiques et aéronautiques en fait, les progrès de la photogrammétrie terrestre me paraissent avoir joué un rôle essentiel comme source d'inspiration et d'orientation pour les recherches en photogrammétrie aérienne. En particulier, je pense que la focalisation sur le problème du redressement¹³²⁰ visait

¹³¹⁶ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 4.

¹³¹⁷ Carlier citait, sans aucune critique ni remarque, un long extrait de la conférence tenue en France en 1913 par Kammerer, particulièrement révélateur de ce point de vue. CARLIER André-H. *La Photographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 13.

¹³¹⁸ La carte procède autant d'une interprétation du terrain représenté que de son levé. Pour prendre un exemple concret, à l'échelle du 1 : 50 000, une route de cinq mètres de largeur formerait un trait d'un dixième de millimètre sur une photographie aérienne, alors que selon son importance, elle serait représentée par un trait d'un demi à deux millimètres sur une carte, nécessitant alors la modification de la position géométrique exacte des objets la bordant (comme des bâtiments) pour leur donner une position relative logique (c'est-à-dire à côté de la route et non sur celle-ci) : il s'agit du processus de généralisation, qui tient une place centrale dans la rédaction cartographique.

¹³¹⁹ MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne*. *Op. cit.*, p. 73.

¹³²⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 2.1.2.2.

principalement à obtenir des clichés aériens susceptibles d'être utilisés avec les mêmes méthodes de restitution que celles employées pour les clichés terrestres, la mécanisation et donc l'industrialisation partielle de la restitution étant d'autant plus cruciales que les levés aériens étaient susceptibles de produire un nombre beaucoup plus important de clichés.

Le problème central étant défini et la solution mathématique précisément formulée, la recherche en photogrammétrie aérienne fut caractérisée jusqu'aux années trente par l'unité de son orientation dans tous les pays. D'après Clerc, « de nombreux concours, richement dotés, organisés par le Ministère de la guerre prussien et diverses organisations allemandes, orientaient les chercheurs dans [la] voie » des « applications de la photographie aérienne à la topographie ». Sur le même modèle, « la section Laussedat de la Société française de Photographie [avait organisé] [en 1909] un concours de méthodes et d'appareils automatiques pour la photographie aérienne »¹³²¹. Le thème central de la recherche restait le problème du redressement, mais les problèmes annexes n'étaient pas oubliés. Par exemple, « le règlement du concours [de la section Laussedat] recommandait l'inscription automatique sur les clichés des données nécessaires à leur orientation (altitude, angles de site et de dévers, etc.) »¹³²².

Ce fut à l'intérieur de cette recherche motivée par la volonté de rapprochement avec les solutions adoptées en photogrammétrie terrestre que les levés aériens connurent un développement considérable pendant la première guerre mondiale.

2.2. La première guerre mondiale, catalyseur du développement des applications topographiques de la photographie aérienne.

Au déclenchement de la première guerre mondiale, les photographies aériennes restaient peu exploitées, que ce soit pour la reconnaissance ou la topographie. Mais la guerre de tranchée et les moyens importants investis dans la reconnaissance des positions ennemies sur le front donnèrent une impulsion considérable à leur emploi, qui détermina en grande partie l'évolution postérieure vers la généralisation des levés aériens. Alors qu'une organisation particulièrement étendue fut rapidement mise en place pour assurer les reconnaissances aériennes, les méthodes de la photogrammétrie terrestre, plus adaptées aux régions accidentées, ne furent utilisées que pour le levé rapide du camp retranché de Paris entre août 1914 et janvier 1915, par les mêmes officiers d'administration Coulon et Dussert qui s'occupaient en juillet 1914 des essais de stéréotopographie terrestre dans la région du Mont Blanc¹³²³. L'absence de méthodes bien définies obligea les services militaires spécialement créés pour exploiter les photographies aériennes à développer une méthode originale qui fut assez rapidement formalisée pendant le conflit, mais demeura artisanale, en adéquation avec la nature des documents disponibles. Cependant, l'essor très marqué de la recherche en photogrammétrie aérienne favorisa une innovation instrumentale particulièrement active pendant la guerre, qui posa les bases du développement des applications topographiques de la photographie aérienne pour les années vingt et trente.

2.2.1. L'adoption rapide des photographies aériennes.

2.2.1.1. Les limites de la reconnaissance directe.

¹³²¹ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 2-3.

¹³²² *Ibid.*

¹³²³ Rapp. SGA 1914-19, p. 232-233.

Après la bataille de la Marne, la fixation du front en automne 1914 et le début de la guerre de tranchée imposèrent les méthodes de tir d'après carte. Le développement des sections de repérage permit de résoudre partiellement le problème de la localisation des objectifs par des méthodes d'observation indirecte du bruit ou de la lumière, mais malgré le nombre encore limité d'avions, les reconnaissances aériennes furent plus massivement employées pour fournir les informations nécessaires à l'artillerie. Cependant, la précision et l'efficacité de l'observation aérienne directe étaient limitées par les conditions techniques : le réglage de tir par avion avec la TSF restait inapplicable dans de nombreux cas, et la précision du positionnement des objectifs par les observateurs embarqués était limitée par les repères disponibles sur la carte d'état-major, d'autant plus que les combats avaient profondément modifié le terrain, et par l'échelle même de la carte, inadaptée pour le réglage des tirs d'artillerie.

2.2.1.2. La mise en place d'une organisation complexe.

Malgré ces limites, il paraissait évident à l'état-major lui-même que la reconnaissance aérienne était un enjeu essentiel de la guerre de position. En novembre 1914, l'instruction rédigée par le commandant Bellot pour réglementer le fonctionnement et fixer les méthodes de travail des Groupes de canevas de tir (GCT¹³²⁴), consacrait une place importante aux photographies aériennes, pour l'exploitation desquelles une annexe exposait même certaines règles géométriques. Elle se basait sur les essais fructueux exécutés par le colonel d'artillerie Lepelletier au XII^e Corps d'armée, probablement les premiers clichés aériens réalisés pendant la guerre¹³²⁵, et par le capitaine d'artillerie Grout sur le front de Verdun. La découverte d'appareils photographiques dans des appareils allemands capturés ou tombés derrière les lignes françaises accrut l'intérêt pour la photographie aérienne¹³²⁶.

A la mi-novembre, l'emploi de clichés aériens pour restituer les objectifs ennemis sur le plan directeur restait inégalement développé dans les armées, principalement à cause de conflits d'attribution entre les services de l'aviation et de l'artillerie. Entre décembre 1914 et janvier 1915, dix sections de photographie aérienne furent créées¹³²⁷, premier stade d'une organisation qui se développa durant tout le conflit¹³²⁸ et soulagea le SGA de la gestion du matériel de photographie aérienne (à l'exception des objectifs photographiques). A la fin de 1915, chaque corps d'armée possédait sa section photographique qui assurait les prises de vue, le développement des clichés, et parfois l'assemblage des photographies ou la restitution provisoire¹³²⁹. Une école de photographes et dessinateurs fut organisée à Chalais-Meudon d'abord, puis plusieurs fois déplacée. Bien qu'inconnues de l'état-major français, des structures similaires avaient été mises en place dans l'armée allemande dès le début de la guerre de mouvement.

¹³²⁴ Voir supra, partie 2, chapitre 3.4.3.

¹³²⁵ Pour plus de détails, voir Rapp. SGA 1914-19, p. 17.

¹³²⁶ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 4.

¹³²⁷ Rapp. SGA 1914-19, p. 18.

¹³²⁸ Pour une description détaillée de l'organisation et du développement des sections de photographie aérienne, voir CARLIER André-H. *La Photographie aérienne. Op. cit.*, p. 58-82.

¹³²⁹ Par la suite, certaines structures isolées furent également dotées d'une section photographique : divisions, escadres de combat, groupes de bombardement, etc.

Cependant, malgré cette volonté manifeste de développer la photographie aérienne, son importance ne fut guère reconnue d'un point de vue statutaire – de la même façon que la légitimité du travail cartographique avait pendant longtemps été ignorée. En particulier, Clerc rapportait que « les missions photographiques [...], les plus périlleuses de toutes celles remplies par l'aviation, [furent] aussi les plus mal récompensées » et que le personnel employé dans les laboratoires des sections de photographie aérienne n'eût pas le droit aux avantages pécuniaires des autres techniciens de l'aviation¹³³⁰.

2.2.1.3. Le rôle des photographies aériennes.

Le développement considérable de l'utilisation de la photographie aérienne pendant le conflit était essentiellement lié aux besoins topographiques des armées, dans un premier temps pour régler les tirs d'artillerie, puis assez rapidement pour planifier toutes les opérations. Cette subordination se reflétait dans l'organisation même des missions de reconnaissance, qui étaient exécutées suivant des ordres de missions donnés par le chef d'état-major, mais définis en fonction des besoins formulés par les chefs des GCT. Les données utilisées pour établir le plan directeur de guerre provenaient d'un ensemble hétérogène de sources, de qualité et de précision très variables : plans directeurs quand ils existaient, cadastres, plans des administrations (forêt, chemin de fer, mines), plans de ville, etc. L'actualisation de ces données était donc primordiale pour assurer l'efficacité des cartes. Même si les renseignements fournis par les officiers en première ligne et les différents observatoires étaient également utilisés, les photographies aériennes devinrent la principale documentation pour cette mise à jour. Elles permettaient de réviser la planimétrie et d'ajouter les organisations militaires, mais parfois aussi de rectifier la représentation du relief quand celle-ci provenait des minutes de la carte d'état-major au 1 : 40 000, trop imprécises pour une représentation au 1 : 20 000¹³³¹. De plus, les incessantes modifications du front nécessitaient une actualisation permanente des cartes, pour laquelle seules les photographies aériennes pouvaient fournir rapidement une quantité importante de données suffisamment précises pour l'échelle du 1 : 20 000. Plusieurs centaines de milliers de clichés furent ainsi prises et exploitées pendant le conflit, servant à la publication de plus de six mille éditions distinctes de plans directeurs au 1 : 20 000, de quatre mille éditions de plans au 1 : 10 000 et quatre mille au 1 : 5 000¹³³².

2.2.2. Une méthode originale, graphique et artisanale.

2.2.2.1. L'hétérogénéité des clichés aériens exploités.

Dans chaque avion, un observateur-photographe exécutait des clichés de reconnaissance de trois types différents : des photographies verticales, prises avec l'axe optique, perpendiculaire au plan du terrain ; des photographies obliques prises à faible altitude ; et des photographies panoramiques presque horizontales prises à haute altitude. Seul le premier type était susceptible d'être exploité systématiquement, voire restitué, les deux derniers ne pouvant servir qu'à titre documentaire pour « faciliter l'étude des détails et la compréhension des formes du terrain »¹³³³. Bien qu'aucun auteur ne l'ait faite, l'analogie est évidente avec les prises de vue exécutées durant les essais de photogrammétrie terrestre

¹³³⁰ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 5.

¹³³¹ Rapp. SGA 1914-19, p. 63-64.

¹³³² BACCHUS Michel. L'établissement des plans directeurs pendant la guerre de 1914-1918. *Op. cit.*, p. 133.

¹³³³ Rapp. SGA 1914-19, p. 65.

dans les Alpes avant la guerre : seuls les clichés stéréophotographiques horizontaux pouvaient servir à la restitution, alors que les clichés obliques et les tours d'horizon n'avaient qu'un rôle documentaire.

Mais deux particularités différençaient l'exploitation topographique des photographies aériennes et terrestres. La première tenait au nombre de clichés réalisables : un observateur aérien pouvant ramener plus de prises de vue en une seule mission qu'une brigade photographique en une campagne entière, une organisation rationnelle et complexe devait être mise en place pour l'exploitation efficace des clichés aériens. La deuxième résidait dans les caractéristiques mêmes des clichés. Les conditions des prises de vue en avion ne permettaient pas de garantir la même qualité que pour les prises de vue terrestres. La faible sensibilité des plaques obligeait à utiliser des obturateurs à fente qui faisait que les différentes parties d'un même cliché n'étaient pas prises avec le même point de vue ni avec la même inclinaison de l'axe optique, la faible altitude de vol des avions de l'époque réduisait le champ couvert, et l'impossibilité d'assurer la verticalité de l'axe optique limitait les possibilités d'exploitation des clichés. Même après redressement, un procédé qui ne fut utilisé qu'à partir de 1916 dans certaines sections de photographie aérienne, les clichés restaient encore difficilement exploitables à cause des autres déformations géométriques.

2.2.2.2. Une méthode originale.

L'exploitation topographique des photographies aériennes étant une application relativement nouvelle, les GCT durent mettre au point une méthode originale pour traiter des documents qui ne présentaient pas un point de vue auquel les officiers étaient habitués, ni une homogénéité suffisante pour reprendre les techniques de la photogrammétrie terrestre. Perpétuellement améliorée pendant le conflit, cette méthode, essentiellement graphique et artisanale, était divisée en trois étapes successives :

- *l'identification et le classement* : l'escadrille inscrivait sur chaque cliché un numéro d'ordre reporté sur un tableau d'assemblage et d'autres informations utiles (focales, date, heure et altitude de prises de vue, orientation) ;
- *l'interprétation* : « l'étude raisonnée des photographies, destinée à préciser la nature exacte des éléments dont elle donne l'image, était faite par les 2^e Bureaux des Etats-Majors, en collaboration avec le Service de l'Aviation, le Service de Renseignements de l'artillerie et le Groupe de Canevas de Tir »¹³³⁴ ;
- *la restitution* : il ne s'agissait pas d'une restitution complète, mais seulement de « la mise en place sur le plan des détails cartographiques relevés sur l'épreuve »¹³³⁵.

2.2.2.3. La formalisation de la méthode d'interprétation.

L'exploitation topographique des photographies aériennes était à un stade tellement expérimental avant la guerre, qu'aucune méthode d'interprétation des clichés n'avait été formalisée. Mais dès le début de l'année 1915, les armées se trouvèrent en possession d'une quantité croissante de prises de vue qui devaient être exploitées le plus efficacement possible. La méthode employée fut donc rapidement rationalisée¹³³⁶. Les officiers spécialisés chargés de l'interprétation des clichés utilisaient au début une méthode assez artisanale, qui consistait à observer les clichés à la loupe en plaçant une source

¹³³⁶ Pour une description détaillée du travail d'interprétation, voir CARLIER André-H. *La Photographie aérienne. Op. cit.*, p. 128-143. Le reste de l'ouvrage offre également une présentation « de l'intérieur » du travail sur les photographies aériennes dans ses applications militaires pendant la guerre.

lumineuse dans la même direction que le soleil lors de la prise de vue, afin de faciliter la lecture des ombres et des reliefs. Mais l'examen au stéréoscope fut rapidement privilégié, à partir de photographies prises successivement qui se recoupaient partiellement. Pratiquée dès le début de 1915, la stéréoscopie permettait de pallier à la mauvaise qualité de certains clichés et d'interpréter des zones boisées par différenciation des plans de feuillage et du terrain¹³³⁷.

La difficulté résidait cependant moins dans l'observation des clichés que dans l'examen et l'étude de leur contenu. La relative nouveauté du point de vue vertical et la nature des éléments à localiser sur les clichés, des organisations militaires souvent camouflées, rendaient l'opération très délicate. Pour assurer l'instruction des officiers spécialisés qui en étaient chargés, de nombreuses notes furent diffusées dès 1915, des cours furent mis en place en novembre 1916, et sept numéros d'un *Bulletin technique* furent édités par le Service de la photographie aérienne entre novembre 1915 et juin 1917¹³³⁸.

2.2.2.4. Du placement à vue au graticulage, l'évolution des méthodes de restitution.

Les éléments identifiés par l'interprétation devaient ensuite être situés sur les plans directeurs. Les déformations des clichés aériens ne permettaient pas une véritable restitution, mais l'urgence du travail demandait de toute façon une méthode plus rapide qui consistait surtout à mettre à jour le réseau planimétrique dense dont disposaient les GCT. Des procédés simples furent donc élaborés pour placer les éléments identifiés en s'appuyant sur d'autres éléments présents à la fois sur les photographies et sur le plan directeur :

- le *placement à vue* : parfois, la densité du réseau planimétrique permettait de placer à vue les éléments identifiés, sans erreur sensible compte tenu de l'échelle ;
- l'*intersection de deux alignements* : comme dans la méthode topographique de l'intersection, l'image perspective d'une droite étant également une droite, les détails étaient souvent placés par intersection de deux alignements d'éléments planimétriques présents sur les clichés et sur le plan ;
- la *méthode des faisceaux anharmoniques* : utilisée quand la densité du canevas planimétrique était insuffisante, cette méthode se basait sur la propriété géométrique de conservation du rapport anharmonique¹³³⁹ dans une projection centrale pour placer un point à partir de faisceaux de droites passant par quatre points connus, appelés repères, et le point à placer. Les repères devaient être situés à peu près dans le même plan horizontal, c'est-à-dire à la même altitude.

A partir de ces procédés élémentaires fut mise au point une méthode de restitution d'ensemble, appelé *graticulage* (ou *craticulage*), « opération consistant (en employant soit le procédé des alignements, soit celui des faisceaux anharmoniques) à décomposer le plan et la photographie en une série de polygones homologues (quadrilatères ou triangles), assez petits pour que l'on puisse ensuite placer à vue les détails nouveaux à l'intérieur de chacun d'eux »¹³⁴⁰. Il s'agissait donc d'une méthode graphique expédiée de report à vue des détails d'une photographie aérienne sur une minute de levé, c'est-à-dire d'une restitution *partielle* permettant seulement la mise à jour du canevas planimétrique si quatre

¹³³⁷ CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 8-9.

¹³³⁸ Rapp. SGA 1914-19, p. 66-67.

¹³⁴⁰ Rapp. SGA 1914-19, p. 69-70.

repères étaient disponibles sur chaque cliché, avec une précision suffisante pour les besoins militaires.

Cette méthode fut développée dans deux orientations différentes : d'un côté, le lieutenant Sasportès imagina en 1915 le procédé du prolongement photographique, qui permettait, par l'assemblage de photographies se recouvrant partiellement, de restituer toute *série* de clichés comportant au moins quatre repères – du moins théoriquement, parce que la précision diminuait avec l'écartement de ces repères ; d'un autre côté, les photographies aériennes furent parfois exploitées de façon très artisanale pour rectifier la représentation du relief quand elle provenait des minutes de la carte d'état-major (en examinant deux vues au stéréoscope, un dessinateur traçait sur l'une d'elle les lignes caractéristiques du terrain, puis les restituait à la chambre claire comme des lignes planimétriques ordinaires pour modifier le tracé des courbes)¹³⁴¹.

2.2.3. Un effort d'instrumentation constant.

Si ces méthodes graphiques simples permettaient de restituer avec suffisamment de précision pour les besoins militaires pressants des photographies aériennes dont les caractéristiques empêchaient l'utilisation des méthodes de la photogrammétrie terrestre, elles avaient l'inconvénient d'être longues et fastidieuses. Sous l'impulsion de l'instrumentation des procédés qui s'était imposée au SGA avec les levés de précision et la photogrammétrie terrestre, un effort constant permit la mise au point d'instruments qui accélèrent le travail de restitution.

2.2.3.1. Les premiers appareils photographiques spécifiques.

Dans un premier temps, cet effort se concentra sur les appareils photographiques eux-mêmes. Une grande partie du matériel avait été réquisitionné en novembre 1914 sur ordre du général Bourgeois¹³⁴². Sa disparité empêchait de normaliser le traitement des photographies, complexifiant l'interprétation et la restitution par la multiplication des profils de clichés (format, focale, déformation). Au cours de l'année 1915, le matériel fut donc peu à peu remplacé par des appareils photographiques spécialement construits pour la photographie aérienne. Seulement trois longueurs focales étaient utilisées : 26, 50 (la plus utilisée) et 120 centimètres¹³⁴³, avec des magasins contenant douze plaques 13 x 18 cm pour les deux premières focales et 18 x 24 pour la dernière¹³⁴⁴. La restitution s'effectuait ainsi à partir de seulement trois types de clichés différents. Parallèlement, des dispositifs indicateurs de pente furent développés : basés sur l'utilisation soit de niveaux pour les Français (Batut, Liabeuf), soit de perpendiculaires¹³⁴⁵ pour les Allemands (Zeiss, Goerz), ils étaient fixés sur un cadre placé devant l'objectif et pourvus de dispositifs de lecture transparents qui permettaient l'inscription automatique des données sur les bords du cliché.

¹³⁴¹ *Ibid.*, p. 71.

¹³⁴² Pour plus de détails, voir : *Ibid.*, p. 18.

¹³⁴³ Dans les textes de l'époque, les longueurs focales étaient généralement exprimées en mètre ou parfois en centimètres, alors qu'elles sont aujourd'hui exprimées en millimètres, soit : 260, 500 et 1 200 mm. Compte tenu du format des plaques sensibles utilisées, il ne s'agissait pas de téléobjectif. Les appareils étaient tenus à la main, sauf celui de focale 120 cm qui était relié à la carlingue par une suspension à cardan.

¹³⁴⁴ BACCHUS Michel. L'établissement des plans directeurs pendant la guerre de 1914-1918. *Op. cit.*, p. 131.

¹³⁴⁵ Sur le principe du fil à plomb.

2.2.3.2. Les instruments d'interprétation.

Les opérations d'interprétation et de restitution des clichés furent l'objet d'un même effort d'uniformisation des instruments qui, dans le cas de l'interprétation, répondait à un double souci : fournir aux officiers un matériel standard pour faciliter leur instruction et adapter le mieux possible ce matériel à l'utilisation qui en était faite. Ainsi, la *plaquette stéréoscopique* conçue pour l'examen des clichés aériens n'était pas très différente des stéréoscopes ordinaires, mais elle permettait à tous les officiers de disposer du même modèle. En juillet 1916, le capitaine Schweisguth du GCT de la VII^e Armée mit au point un stéréoscope complexe, spécialement adapté à l'étude des photographies aériennes : il permettait d'observer deux clichés sans avoir à les assembler en un stéréogramme, ce qui faisait gagner un temps précieux, et surtout de rectifier les différences d'échelles entre les clichés par un mécanisme modifiant individuellement la hauteur de chaque cliché observé¹³⁴⁶. Le *panstéréoscope Schweisguth* fut utilisé par les GCT et les sections topographiques des corps d'armée, mais les échelons inférieurs durent se contenter de la plaquette stéréoscopique.

2.2.3.3. Les appareils de restitution et de redressement.

Pour la restitution, le souci n'était pas d'uniformiser les instruments utilisés, puisque qu'il s'agissait essentiellement d'un procédé graphique reposant sur des instruments simples de construction géométrique (règles, compas, etc.), mais d'accélérer le procédé lui-même en remplaçant certaines manipulations manuelles par des opérations instrumentales. Deux directions différentes furent suivies. D'un côté, le capitaine du génie Vavon, chef du GCT de la IV^e Armée, mit au point un type spécial de chambre claire adaptée à la restitution des photographies aériennes par gratulage : une fois la coïncidence de quatre repères obtenus par tâtonnements entre la photographie et le plan, l'opérateur n'avait « qu'à dessiner directement sur la carte les détails à restituer en suivant au crayon l'image de la photographie »¹³⁴⁷. D'une utilisation facile et rapide et d'une précision suffisante pour le canevas disponible, la chambre claire Vavon connut un vrai succès : près de trois cent trente exemplaires furent construits pendant la guerre, afin d'en fournir plusieurs à chaque GCT et section topographique¹³⁴⁸.

D'un autre côté, l'ingénieur hydrographe Roussilhe et l'ingénieur Clerc travaillèrent chacun de leur côté, entre 1915 et 1916, à la mise au point d'appareils de redressement photographique. Leur approche était plus générale et tentait de résoudre le problème fondamental pour l'exploitation des photographies aériennes. L'*amplificateur-redresseur* décrit par Clerc en octobre 1916 accouplait les mouvements de bascule des porte-clichés et de l'objectif lui-même : bien qu'un modèle de démonstration ait été construit, l'appareil ne fut jamais utilisé pendant la guerre. Par contre, l'appareil mis au point entre mars et mai 1915 par l'ingénieur hydrographe Roussilhe, sobriement nommé « appareil de redressement Roussilhe », fut distribué à certaines sections de photographie aérienne et permit d'accroître le rendement de la restitution des clichés. Il résolvait le problème de la détermination de la transformation à appliquer en projetant la photographie à redresser sur un plan figurant au moins quatre repères connus (par une triangulation ou par un canevas planimétrique

¹³⁴⁶ Pour une description détaillée, voir Rapp. SGA 1914-19, p. 68. Voir également CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 126-127.

¹³⁴⁷ Rapp. SGA 1914-19, p. 70.

¹³⁴⁸ *Ibid.*, p. 70.

existant, comme ce fut le cas pendant la guerre) et présents aussi sur la photographie qu'il fallait faire concorder par divers mouvements.

2.2.4. La guerre comme catalyseur d'orientations antérieures.

Par l'ampleur des réalisations, la première guerre mondiale marquait le véritable début du développement des applications topographiques de la photographie aérienne. De nombreux spécialistes affirmèrent donc que les bases de la photogrammétrie aérienne avaient été posées pendant la guerre, à l'image de Roussilhe qui soutenait en 1930 « que la photographie aérienne [était] fille de la guerre, et que tous les travaux effectués depuis 1918 [...] [consistaient] uniquement en perfectionnement et en adaptations à des cas spéciaux relatifs à des conditions de précision plus sévères »¹³⁴⁹. Je pense au contraire que, si l'impact de la guerre ne doit pas être sous-estimé, il ne doit pas non plus être exagéré et surtout déformé. J'ai montré que les orientations méthodologiques et techniques du développement de la photogrammétrie aérienne étaient déjà fixées avant le conflit¹³⁵⁰ : celui-ci ne joua qu'un rôle de catalyseur en permettant l'investissement financier et humain nécessaire à l'essor de cette technique. Il est d'ailleurs particulièrement révélateur de cet investissement que la plupart des auteurs donnant à l'activité de guerre un rôle fondateur de la photogrammétrie aérienne, se soient justement consacrés à cette technique seulement après sa généralisation dans les armées au cours du conflit.

La présentation simpliste affirmant que tous les travaux des années vingt n'étaient que des perfectionnements des applications menées pendant la guerre doit également être critiquée. Dans l'après-guerre, la littérature technique spécialisée soulignait les limites d'applications qui ne pouvaient servir qu'à la partie planimétrique de la topographie et qui se heurtaient aux problèmes complexes du redressement et de la restitution, partiellement abordés pendant la guerre mais définis depuis le début du siècle comme les grands axes de la recherche en photogrammétrie aérienne. Si les applications productives se limitèrent effectivement, dans les années vingt, à l'exploitation planimétrique de photographies aériennes sur la base des méthodes développées pendant la guerre, toute l'activité de recherche se focalisa en fait sur l'extension de ces applications par la mise au point de solution pour redresser et restituer les clichés aériens.

2.3. Les années vingt, une décennie d'applications limitées et d'expérimentation.

Après l'essor de la photographie aérienne pendant la guerre, la décennie qui suivit la fin du conflit fut marquée par deux évolutions parallèles de la photogrammétrie aérienne : d'un côté, les techniques et méthodes essentiellement artisanales utilisées pendant la guerre furent perfectionnées et appliquées de façon encore limitée à des problèmes strictement planimétriques comme la mise à jour du cadastre ou le levé des plans de ville ; d'un autre côté, suivant une orientation fixée avant la guerre, de nombreuses expérimentations furent menées pour trouver une solution au problème crucial de la restitution complète des clichés aériens, afin de permettre une exploitation plus industrielle incluant le levé du relief. Cette pression industrielle participa d'ailleurs à l'adoption rapide et définitive des levés aériens par le SGA, au tout début des années trente.

¹³⁴⁹ ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne. Op. cit.*, p. 20.

¹³⁵⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 2.1.3.3.

2.3.1. Des applications topographiques limitées à la planimétrie.

2.3.1.1. Le Comité d'expériences photo-topographiques.

Les applications de la photographie aérienne à la détermination de la planimétrie pendant la guerre intéressaient particulièrement le ministère des Finances qui était confronté depuis longtemps à la difficulté d'une réfection économique du cadastre. A peine onze jours après la signature de l'armistice, il institua par l'arrêté du 20 novembre 1918 une commission spéciale chargée d'étudier cette question, ainsi que le problème ancien d'une collaboration entre le service cartographique militaire et le cadastre¹³⁵¹. La commission comptait parmi ses membres le général Bourgeois et l'ingénieur hydrographe Roussilhe, devenu directeur du service de la reconstitution foncière et du cadastre au ministère des régions libérées. Réunie le 11 décembre 1918, elle conclut que la photographie aérienne pourrait servir à la réfection du cadastre, mais que les méthodes n'étaient pas encore au point¹³⁵². Elle obtint des ministères de la Guerre et des Finances la création d'un Comité d'expériences photo-topographiques au sein du SGA – nouvelle preuve de la reconnaissance de l'expertise technique du service. Le Comité était formé d'un fonctionnaire du cadastre et de quatre officiers du SGA, parmi lesquels le commandant Vavon, inventeur d'une chambre claire adaptée à l'exploitation des photographies aériennes¹³⁵³.

En accord avec le service du Cadastre et la direction de l'Aéronautique militaire, le comité arrêta le 26 février 1919 un programme centré sur la comparaison de la précision, de la rapidité et du prix de revient des différentes méthodes de levés aériens, et sur l'étude des conditions techniques des prises de vue¹³⁵⁴. Au début d'avril 1919, la direction de l'Aéronautique militaire mit à disposition du comité une escadrille d'avions et une section photographique. Elles permirent d'expérimenter la révision restreinte et la réfection de plans cadastraux, ainsi que le levé et la révision de plans directeurs au 1 : 10 000, avec la comparaison systématique des méthodes de levés classiques et de levés aériens, d'abord dans des régions plates en 1919, puis dans une région plus accidentée en 1920 (environs d'Ornans, dans le Doubs). Un rapport détaillé de Vavon, résumé par Bellot pour la commission instituée par le ministère des finances, affirma alors que « la photographie aérienne [était] susceptible de rendre des services pour la mise à jour du cadastre et pour l'établissement des plans au 10.000^e et aux échelles plus petites », au moins pour la planimétrie, mais que, si la précision était équivalente et le rendement meilleur, il fallait cependant « mettre au point une méthode rationnelle et économique »¹³⁵⁵ pour la réalisation des clichés aériens dont le prix était encore trop élevé.

2.3.1.2. L'adoption rapide de la photographie aérienne pour la planimétrie.

Après les premières conclusions du Comité d'expériences photo-topographiques, l'adoption de la photographie aérienne pour les opérations régulières de révision du cadastre et de levé et révision des plans directeurs fut particulièrement rapide. Alors que d'autres essais étaient plus ou moins fructueusement menés en 1921 pour la révision des levés à grande

¹³⁵¹ Rapp. SGA 1914-19, p. 263.

¹³⁵² Rapp. SGA 1924-25, p. 72.

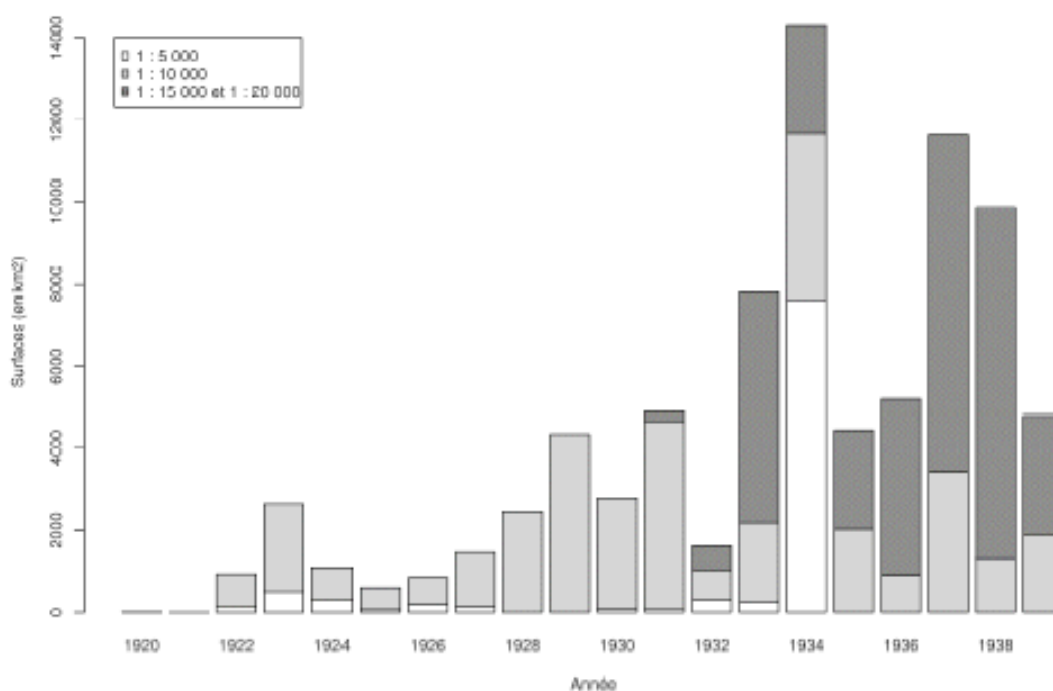
¹³⁵³ Voir supra, partie 4, chapitre 2.2.3.3.

¹³⁵⁴ Rapp. SGA 1914-19, p. 265.

¹³⁵⁵ Rapp. SGA 1920-21, p. 20-21.

échelle, de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 et de la carte d'état-major¹³⁵⁶, le SGA s'accorda avec la direction de l'Aéronautique militaire pour faire photographier chaque année les régions concernées par le programme des levés. Le service affirmait qu'il était en mesure d'utiliser les photographies aériennes « pour préparer le travail des topographes et [...] pour en contrôler les résultats », mais que « les clichés [étaient] précieux surtout [pour les] parties, telles que les localités, où les détails planimétriques [étaient] très denses, le dessin de ces éléments sur la mappe s'en [trouvant] alors facilité, ce qui [abrégeait] sensiblement la durée des opérations sur le terrain »¹³⁵⁷. Puis en 1922, le SGA systématisa sa collaboration avec l'aviation militaire¹³⁵⁸.

Le graphique suivant illustre la surface photographiée chaque année en France métropolitaine pour appuyer les levés planimétriques du SGA entre 1920 et 1939 (graphique 17). Cette utilisation concernant surtout le levé des agglomérations, les surfaces couvertes dépendaient beaucoup des régions concernées par les levés : les pics de 1933 et 1934 correspondent par exemple à la révision du plan directeur au 1 : 10 000 de Paris. Le graphique montre bien que jusqu'à la fin des années vingt, malgré l'enthousiasme de la direction du SGA, l'utilisation de la photographie aérienne restait limitée. Au cours des années trente, l'augmentation des surfaces couvertes procédait d'ailleurs plus de la diminution des échelles de prise de vue que de l'augmentation du nombre de clichés réalisés, à l'exception de 1933-1934 pour les raisons suscitées. A partir de 1937, la baisse de la surface couverte est imputable au développement des levés aériens destinés à restitution complète, qui accaparaient une partie de plus en plus grande des ressources consacrées aux prises de vue.



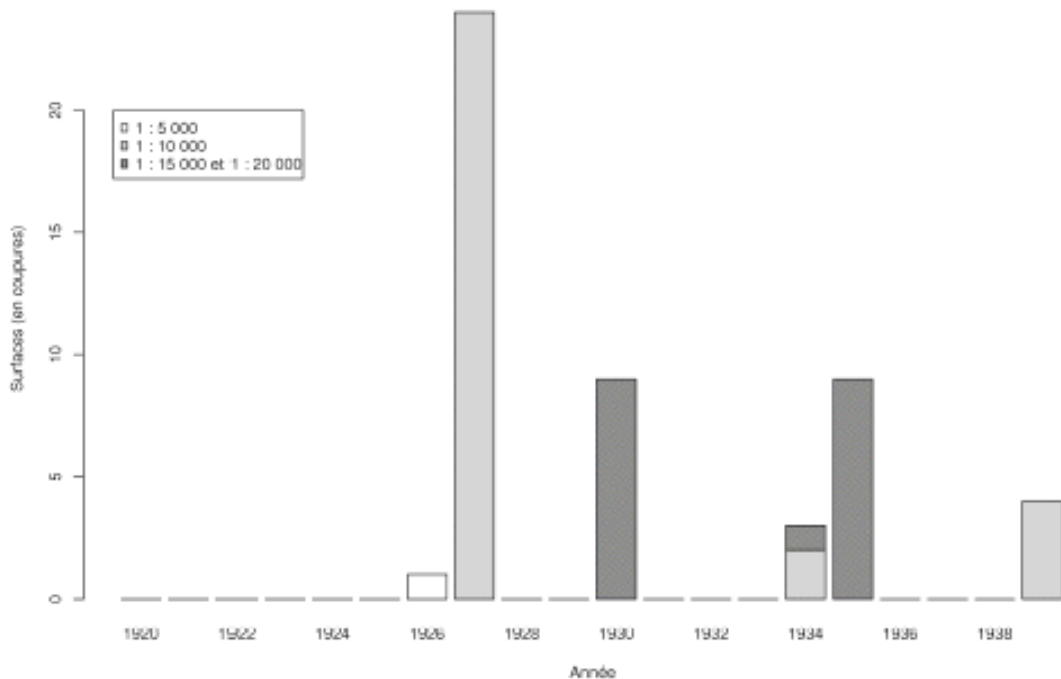
¹³⁵⁶ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.4.

¹³⁵⁷ Rapp. SGA 1920-21, p. 22.

¹³⁵⁸ Rapp. SGA 1922-23, p. 4.

Graphique 17 : Evolution de la surface couverte par les levés aériens du SGA destinés à une restitution planimétrique, en France métropolitaine, de 1920 à 1939.

L'utilisation uniquement planimétrique des photographies aériennes avait évidemment moins d'intérêt dans les Alpes, d'autant qu'une partie assez importante était déjà couverte par des levés de précision. Les photographies aériennes ne furent donc que peu employées dans cette optique, à l'exception d'une couverture assez importante de la région de Thonon en 1927 (graphique 18).



Graphique 18 : Evolution de la surface couverte par les levés aériens du SGA destinés à une restitution planimétrique, dans les Alpes du nord, de 1920 à 1939.

* L'unité utilisée pour quantifier la surface n'est pas la même que sur le graphique précédent (graphique 17). Seule la répartition des levés peut donc être comparée.

Cette adoption rapide mais limitée de l'exploitation planimétrique des photographies aériennes s'explique par des facteurs conjoncturel, économique et technique. Tout d'abord, les autorités avaient besoin de plans détaillés pour la reconstruction des zones urbaines des régions dévastées. Cette nécessité avait participé à la constitution rapide du Comité d'expériences photo-topographiques et au soutien matériel raisonnable accordé au SGA. Ensuite, la reprise des activités normales du SGA dans les années vingt s'était faite autour d'une nouvelle volonté d'accélérer la réalisation de la carte de France¹³⁵⁹, notamment par un investissement important dans la recherche photogrammétrique. Enfin, l'adoption de cette technique pour des travaux réguliers s'inscrivait dans une politique d'amélioration des techniques par l'usage, comme l'avait explicitement exprimé le Comité d'expériences photo-topographiques en affirmant qu'« il [était] nécessaire de l'employer, non seulement en raison de ses avantages immédiats, mais encore dans le but de réaliser les progrès

¹³⁵⁹ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.1.1.

indispensables »¹³⁶⁰. Cependant, conçues comme des compléments aux opérations de levé ou de révision, les méthodes employées restèrent relativement artisanales jusqu'à la fin des années vingt.

2.3.1.3. Des méthodes artisanales dérivées des procédés de la première guerre mondiale.

Bien que le terme « restitution » ait été de plus en plus souvent employé dans les différentes sources, en particulier les rapports d'activité du SGA, l'exploitation des photographies aériennes pour le dessin planimétrique se situait à la limite entre une utilisation purement documentaire et une véritable restitution, c'est-à-dire une détermination mathématique, graphique ou mécanique, relativement précise de la position de points à partir d'un cliché photographique. La méthode employée était similaire à celle du graticulage formalisée à la fin de la guerre¹³⁶¹ : pour augmenter le rendement, elle tentait de remplacer autant que possible l'interpolation graphique des points planimétriques à partir de repères (points identifiés à la fois sur le canevas existant et sur la photographie) par la reproduction ou le décalque direct de la photographie aérienne sur la minute de levé ou de révision. La principale différence avec les procédés utilisés pendant la guerre résidait en fait dans la possibilité de parcourir le terrain, avant la restitution pour déterminer les repères supplémentaires nécessaires¹³⁶² et aider à l'identification photographique des détails à restituer, après la restitution pour vérifier et compléter celle-ci, ainsi que pour lever le relief. La rapidité demeurait presque aussi cruciale que pendant la guerre : l'exploitation des photographies se faisant entre les phases de préparation et de complètement des levés, elle occupait l'opérateur au bureau pendant la campagne d'été favorable aux travaux de terrain et devait donc être exécutée avec diligence.

Cette restitution planimétrique artisanale employait d'ailleurs des instruments mis au point pendant la guerre. Les clichés étaient examinés « à la chambre claire [Vavon, puis Collin] dans tous les cas où il y [avait] peu de détails à restituer, par exemple lorsqu'il s'[agissait] de levés dans des parties peu chargées en planimétrie, ou de révision », alors qu'ils étaient redressés « à l'appareil Roussilhe pour les levés de villes ou d'agglomérations importantes »¹³⁶³. La restitution à la chambre claire était en effet beaucoup plus longue, en particulier avec les exigences de précision supérieures des temps de paix : elle nécessitait de nombreux tâtonnements pour faire correspondre les quatre repères nécessaires entre la photographie et la minute de levé, une opération qui devait être répétée souvent pour utiliser les repères les plus proches des éléments à reproduire afin de limiter l'impact de l'inclinaison et des déformations du cliché. Après 1924, pour éviter les opérations de bureau pendant la campagne d'été, les dernières restitutions à la chambre claire furent d'ailleurs exécutées après le levé complet du terrain, l'opérateur indiquant directement sur le cliché photographique les éléments planimétriques à lever, puis les restituant plus tard sur la minute.

Au cours des années vingt, le SGA privilégia de plus en plus le procédé du redressement qui permettait un travail plus rapide, plus précis et moins fastidieux, car

¹³⁶⁰ Rapp. SGA 1920-21, p. 21.

¹³⁶¹ Voir supra, partie 4, chapitre 2.2.2.3.

¹³⁶² Les points issus de la triangulation et de la préparation tachéométrique n'étaient en effet pas toujours suffisants pour la restitution de la planimétrie.

¹³⁶³ Rapp. SGA 1924-25, p. 150.

en partie automatisé. Mais malgré les perfectionnements apportés par Roussilhe à son appareil, la reproduction photographique induisait certaines variations d'échelle, en particulier à cause du jeu du papier, qui limitaient les possibilités de décalque direct des éléments planimétriques d'un cliché redressé sur la minute de levé. Deux solutions à ce problème furent successivement utilisées :

- La première consistait à décomposer le cliché redressé en petits polygones délimités par des repères. Les éléments planimétriques contenus dans chaque polygone étaient alors décalqués directement sur la minute, puis l'opérateur les vérifiait en même temps qu'il effectuait la figuration du relief¹³⁶⁴. Plus rapide et plus précise que le graticulage, cette méthode demandait encore des opérations très artisanales de découpe des clichés redressés.
- La deuxième solution consistait à réaliser un plan d'ensemble de clichés redressés au 1 : 5 000, recouvert d'un quadrillage précis. Reproduit au 1 : 10 000 sur du papier bristol en bleu gommable, le plan servait directement de minutes à l'opérateur sur le terrain¹³⁶⁵. Très efficace, cette méthode fut rapidement généralisée après ses premières expérimentations en 1923, mais elle conservait un aspect informel, notamment dans le recours indispensable à un jeu de clichés en noir pour faciliter l'identification des détails difficilement visibles sur l'impression en bleu.

2.3.1.4. Des méthodes de complément, sources d'expérience dans la prise de vue aérienne.

Malgré leur développement, ces méthodes restaient des adaptations artisanales des procédés utilisés pendant la guerre, aux levés réguliers des plans directeurs. Les tâtonnements omniprésents dans la restitution à la chambre claire et les multiples « bricolages » nécessaires à l'exploitation des clichés redressés limitaient sensiblement leur potentiel d'industrialisation, en particulier parce qu'ils empêchaient une division systématique du travail : le même opérateur exécutait la détermination des repères supplémentaires, l'interprétation des clichés, leur restitution et le levé du terrain. Ces méthodes ne bouleversaient pas le processus traditionnel des levés, dans lequel elles s'intégraient en fait plus ou moins efficacement. Si elles apportaient un certain gain de temps et de précision dans le tracé planimétrique, leur potentiel géométrique se trouvait constamment limité par une application essentiellement graphique et artisanale. Je considère donc qu'elles ne constituaient pas les procédés entièrement nouveaux de levés topographiques que certains voyaient en elles dès le début des années vingt, mais qu'elles restaient de simples compléments aux procédés traditionnels. Utilisées comme des aides mi-documentaires, mi-géométriques, aux opérations de levé, les photographies aériennes ne permettaient pas encore l'accélération majeure des levés de la carte de France que la direction du SGA cherchait à obtenir par le progrès technique.

Selon moi, l'impact majeur du développement de l'utilisation des photographies aériennes au SGA dans les années vingt, se situait moins dans le domaine cartographique que dans les domaines aéronautique et photographique. En multipliant les missions photographiques, les escadrilles militaires ou privées acquièrent une expérience importante dans la prise de vue aérienne. Dès 1922, la couverture photographique systématique des régions concernées par le programme de levé permet « de comprendre combien était délicate la tâche confiée aux observateurs chargés de la prise des clichés si l'on voulait avoir le recouvrement normal de 50 % dans les deux sens – recouvrement qui convient parfaitement à l'examen stéréoscopique des photographies, – sans exagérer inutilement

le recouvrement réel »¹³⁶⁶, c'est-à-dire sans trop augmenter le nombre de clichés, tout en étant certain de ne pas avoir de lacune dans la couverture. La présence parfois fortuite de nuages flottant sous l'avion, le maniement d'appareils complexes dans des conditions difficiles, notamment dues à une place limitée, accentuaient la difficulté du travail. Le SGA décida ainsi qu'il était « nécessaire de spécialiser davantage les observateurs désignés pour les missions phototopographiques »¹³⁶⁷ et tenta d'améliorer sa collaboration avec l'aviation militaire en organisant des stages pour certains de ses officiers.

Mais dans le domaine des levés aériens, le véritable défi technique des années vingt, présenté et envisagé comme tel par tous les spécialistes contemporains, fut la mise au point d'un appareil permettant la restitution complète (planimétrie et relief) et plus ou moins automatisée des clichés aériens, similaires aux instruments employés en stéréotopographie terrestre.

2.3.2. Le problème de la restitution du relief.

2.3.2.1. Une préoccupation institutionnelle et technique centrale.

A la suite des travaux menés pendant la première guerre mondiale auxquels participèrent des personnes mobilisées extérieures au SGA, de nombreuses administrations s'intéressèrent au développement de la photographie aérienne, comme le cadastre et l'aéronautique militaire, bien sûr, mais aussi le service hydrographique de la marine, le service du nivellement général de la France et différents organismes coloniaux. Ainsi, au début de 1923, quand le service technique de l'aéronautique chargea le SGA d'étudier un projet d'appareil de restitution, celui-ci proposa d'inclure cette étude dans un programme d'ensemble regroupant tous les organismes intéressés et de le confier à un seul service technique – qu'il se proposait d'être. Le sous-secrétaire d'état à l'aéronautique et aux transports aériens « accepta sans hésiter [...] et délégua un crédit de 50 000 francs pour couvrir les frais des premières études »¹³⁶⁸, puis organisa la réunion d'une commission interministérielle sur la photographie aérienne¹³⁶⁹ qui se consacra essentiellement aux problèmes photogrammétriques, en particulier celui de la restitution des clichés aériens.

Cette réactivité institutionnelle, aussi bien au niveau des structures que du financement, témoignait d'une volonté politique forte d'investissement dans la photographie aérienne. Auréolé depuis la guerre d'une flatteuse réputation d'expertise technique, le SGA imposa sa direction technique à la commission, se chargeant de tous les essais et études relatifs aux méthodes et aux instruments de photogrammétrie aérienne. Deux facteurs principaux expliquaient l'investissement du SGA : d'un côté, les méthodes artisanales de levés aériens ne satisfaisaient pas l'accélération des levés de la nouvelle carte de France souhaitée par sa direction ; que le général Bellot cherchait à obtenir par une solution technique et industrielle puisque les crédits supplémentaires lui avait été une nouvelle fois refusée en 1924 ; d'un autre côté, la dynamique du progrès technique imposait une perpétuelle recherche de l'amélioration de la précision par l'instrumentation. En s'investissant dans la résolution du

¹³⁶⁶ *Ibid.*, p. 97-98.

¹³⁶⁷ *Ibid.*, p. 98.

¹³⁶⁸ Rapp. SGA 1924-25, p. 77.

¹³⁶⁹ Elle réunissait des représentants des ministères de la Guerre, de la Marine, des Travaux publics, des Finances (cadastre), des Colonies, ainsi que des agences économiques de l'AOF, de l'Indochine, de Madagascar, et de l'office du protectorat de la République française au Maroc. *Ibid.*, p. 78.

« problème complet du relevé précis donnant à la fois la planimétrie et le relief du sol »¹³⁷⁰ par photographies aériennes, le SGA envisageait explicitement l'instrumentation comme une solution pour accélérer les levés et augmenter leur précision. Les essais comparatifs menés jusqu'en 1933 pour vérifier que la photogrammétrie aérienne assurait une précision et un rendement égaux, ou si possible supérieurs, aux méthodes classiques, montraient parfaitement cette double motivation.

Je pense qu'un troisième facteur implicite, étroitement lié au problème de la rapidité, participait également à l'enthousiasme général pour la photogrammétrie aérienne : la prise de distance, ou dans l'absolu la coupure, avec le terrain. Les topographes avaient clairement conscience que le parcours du terrain était la première cause de lenteur des levés. La littérature technique sur les levés aériens insistait particulièrement sur le potentiel de ces méthodes pour la cartographie des immenses territoires difficiles à parcourir au Canada, au Etats-Unis, en Russie ou dans les colonies européennes. Si ce facteur restait le plus souvent sous-jacent dans les discours sur l'emploi de la photogrammétrie aérienne en France métropolitaine, je le considère pourtant comme aussi important que la volonté d'augmentation du rendement et de la précision des levés. Bien qu'il n'ait été véritablement affirmé qu'avec l'industrialisation des levés aériens¹³⁷¹, il fut parfois souligné dans les années vingt pour des terrains particuliers, comme le bocage de parcours lent et laborieux, ou plus encore comme la montagne de parcours difficile et dangereux.

Cette volonté institutionnelle forte de développer les levés aériens se conjugait avec une orientation technique bien déterminée. Comme je l'ai déjà souligné, la restitution complète et mécanisée des clichés aériens avait été envisagée dès le début du 20^e siècle, par analogie avec les développements contemporains de la photogrammétrie terrestre, comme l'objectif principal des recherches en photogrammétrie aérienne. Les travaux des années vingt ne faisaient que reprendre cette orientation fixée avant même la guerre. Dès 1921, Carlier affirmait ainsi que « le problème de la photorestitution était des plus complexes », mais qu'« il était cependant capital, et [que] c'[était] de sa solution intégrale que [dépendait] l'avenir passionnant de la cartographie rapide par la photographie aérienne »¹³⁷². Le but des recherches était clairement défini : « il s'agissait, en définitive, de mettre au point un appareil de restitution susceptible de fournir aussi bien le dessin de la planimétrie que le relief du sol, par un dispositif analogue à ceux qui étaient déjà utilisés dans les applications de la photographie terrestre aux levés topographiques, comme le stéréoautographe Von Örel »¹³⁷³.

Je trouve que le nombre d'appareils de restitution en développement au cours des années vingt est révélateur de cette concentration des études sur ce problème : sans compter les recherches de Roussilhe pour l'administration du cadastre, le SGA se pencha sur le travail de quatre inventeurs, ce qui était remarquable pour un domaine aussi confidentiel que la photogrammétrie aérienne. Cette véritable fièvre d'innovation, soutenue par la volonté institutionnelle d'imposer les levés aériens comme la principale source de données topographiques, permit d'aboutir en moins d'une décennie à des solutions efficaces, que le SGA se chargea d'expérimenter pour les différents départements ministériels intéressés.

¹³⁷⁰ *Ibid.*, p. 76.

¹³⁷¹ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.

¹³⁷² CARLIER André-H. *La photographie aérienne. Op. cit.*, p. 55.

¹³⁷³ Rapp. SGA 1924-25, p. 76.

2.3.2.2. De nombreux instruments inspirés du stéréoautographe.

Lors de ses deux premières réunions de janvier et avril 1924, la commission interministérielle consacrée à la photographie aérienne formula un certain nombre de définitions en fonction des besoins des différents services. Ainsi, pour les levés de précision, l'échelle des clichés devait être comprise entre 1 : 2 000 et 1 : 10 000¹³⁷⁴. La commission chargea le service technique de l'aéronautique des études concernant les appareils et les méthodes de prise de vue, à l'exception des objectifs, et le SGA des études concernant directement les instruments et les méthodes de restitution photogrammétrique, ainsi que de la construction d'objectifs spécifiques. Jusqu'au début des années trente, la commission dirigea ainsi l'ensemble des études menées par les services officiels en matière de photogrammétrie aérienne. Pour les applications topographiques, son activité principale fut l'étude, en partie basée sur les essais menés par le SGA, d'un certain nombre d'instruments de restitution conçus par des inventeurs et ingénieurs indépendants.

Entre 1924 et 1925, cinq appareils proposant de résoudre le problème de la restitution des clichés aériens furent présentés à la commission¹³⁷⁵. La reprise du modèle de développement de la photogrammétrie terrestre était particulièrement claire, puisque tous ces appareils s'inspiraient du principe du stéréoautographe : tracer mécaniquement sur une planche à dessin les lignes planimétriques ou les courbes de niveau identifiées par un index sur une image stéréoscopique formée par deux clichés. Mais les spécificités de la restitution de photographies aériennes, en particulier l'inclinaison des clichés et les variations d'échelle induites par l'altitude¹³⁷⁶, nécessitaient des dispositifs nettement plus complexes pour mettre en œuvre ce principe. Cette complexité rendait particulièrement délicate l'étude des instruments par la commission : si la conception de certains était achevée d'un point de vue théorique, il n'existait encore aucun prototype, les coûts de fabrication (entre cinquante mille et trois cent mille francs selon les modèles) étant trop lourds pour un inventeur isolé ou même pour le SGA dans un but strictement expérimental.

Entre 1924 et 1929, les rapports d'activité du SGA présentèrent plus ou moins succinctement les différents instruments et les études menées sur certains d'entre eux. Une première sélection fut effectuée sur les seuls critères de l'avancement ou des bases théoriques de la conception. L'appareil Mausselin, adaptation du stéréoautographe à l'exploitation des photographies aériennes, fut ainsi rejeté dès 1924, parce que sa mise au point n'était pas achevée et qu'il s'avérait être plus cher que les autres¹³⁷⁷. Le stéréorestituteur Bougard, présenté à la fin de 1925 et étudié à partir d'un modèle réduit, ne fut également pas construit, probablement pour des problèmes de budget puisque deux autres instruments coûteux avaient déjà été commandés par le SGA, mais un appareil de redressement mis au point par le même inventeur fut cependant acheté afin de juger de ses qualités de constructeur¹³⁷⁸. La commission étudia aussi les caractéristiques de

¹³⁷⁴ *Ibid.*, p. 79.

¹³⁷⁵ Dont deux modèles différents de l'appareil Poivilliers.

¹³⁷⁶ Sur une photographie aérienne proche de la verticale, même redressée avec soin, les éléments topographiques ne sont pas représentés à la même échelle suivant leur altitude, puisque l'échelle de reproduction dépend justement de la hauteur entre le centre optique et le terrain. Dans les premiers essais de restitution de clichés aériens, l'Autrichien Scheimpflug avait contourné le problème en effectuant plusieurs redressement par palier d'altitude (par exemple, l'équidistance des courbes de niveau, ou généralement moins), mais c'était une solution artisanale et complexe, très peu efficace.

¹³⁷⁷ Rapp. SGA 1924-25, p. 80.

¹³⁷⁸ Rapp. SGA 1926-27, p. 70.

certaines instruments étrangers. Ainsi, durant l'été 1925, des essais furent menés avec un autcartographe Hegershoff prêté au service technique de l'aéronautique¹³⁷⁹, mais comme ses caractéristiques ne correspondaient pas aux exigences de la commission¹³⁸⁰, je pense que ces essais répondaient plus à la volonté de vérifier le potentiel de la restitution de clichés aériens qu'au projet d'acquiescer un modèle de cet instrument. Finalement, seuls les instruments conçus par Poivilliers et Prédhumeau furent commandés par le SGA pour des essais plus poussés. Selon moi, le prestige des inventeurs joua un rôle aussi important que l'avancement de leur projet : alors que le statut de Bougard et Mausselin n'était pas précisé – car peut-être modeste –, les rapports soulignaient bien que Prédhumeau était ingénieur des Ponts et chaussées et Poivilliers ingénieur des Arts et manufactures, statuts prestigieux qui favorisèrent sans doute le choix de leur instrument.

L'appareil Prédhumeau était conçu en deux parties complémentaires : la première, nommée *stéréotopomètre* et définitivement mise au point en 1924, permettait seulement la restitution des photographies terrestres ; la seconde devait permettre d'adapter le stéréotopomètre aux photographies aériennes, mais l'inventeur essaya en vain deux méthodes radicalement différentes, le redressement et les projections anaglyphiques¹³⁸¹. Le SGA n'acquiesça finalement qu'un stéréotopomètre, qu'il utilisa en remplacement du stéréocomparateur pour la restitution des levés photographiques terrestres exécutés dans les Alpes. Conçu comme « un matériel beaucoup plus simple et d'un prix moins élevé que les appareils actuellement en usage »¹³⁸², il fut effectivement apprécié pour sa simplicité, mais sa conception limitée aux clichés de petits formats (6 x 13 cm) et un dispositif optique peu précis¹³⁸³ rendaient difficile l'identification des détails des levés. Finalement, le SGA privilégia le stéréoautographe, qu'employaient déjà les entreprises privées auxquelles il déléguait une partie du travail de restitution des levés photographiques terrestres alpins.

2.3.2.3. Le choix du stéréotopographe Poivilliers.

L'appareil Poivilliers fut ainsi très vite préféré aux autres instruments présentés à la commission. Selon moi, ce choix s'explique par un facteur de prestige, le statut d'ingénieur des Arts et manufactures de son inventeur ; par un facteur technique, l'ambition de sa conception qui proposait une solution pour une restitution complète, précise et mécanisée des clichés aériens sans redressement préalable ; et par un facteur institutionnel lié à l'urgence d'une solution au problème de la restitution, puisque l'appareil présentait l'avantage d'être « déjà complètement étudié depuis plusieurs années »¹³⁸⁴ en 1924.

L'appareil était formé de deux parties : le *stéréothéodolite*, qui permettait « de mesurer, sur un couple de clichés, les divers angles qui définissent dans l'espace la position d'un point quelconque du terrain », et le *stéréotopographe* (terme qui désigna assez rapidement l'appareil complet formé des deux parties), qui se combinait au stéréothéodolite « pour

¹³⁷⁹ Rapp. SGA 1924-25, p. 81-82.

¹³⁸⁰ Basé sur l'exploitation de clichés obliques, l'autcartographe était spécialement conçu pour les levés de reconnaissance et inadapté aux levés de précision à grande échelle..

¹³⁸¹ Ces projections produisent l'effet stéréoscopique en utilisant un couple d'image prises de points de vue différents qui sont imprimées en superposition en couleurs complémentaires et observées à l'aide de filtres colorés.

¹³⁸² Rapp. SGA 1924-25, p. 85.

¹³⁸³ « L'emploi de petits diaphragmes ne laissant passer que des pinceaux très étroits et l'utilisation de lentilles de champ à très grande ouverture placées derrière les clichés sont préjudiciables à la qualité des images et à la précision des pointes. » *Ibid.*, p. 87.

¹³⁸⁴ *Ibid.*, p. 80.

assurer le tracé automatique de la planimétrie et des courbes de niveau »¹³⁸⁵. Cet instrument polyvalent permettait « la restitution de clichés pris avec des orientations quelconques dans l'espace (sous la seule réserve que l'examen stéréoscopique [fût] possible) »¹³⁸⁶, c'est-à-dire autant les clichés terrestres que les clichés aériens inclinés, verticaux ou redressés. Comme pour tous les appareils de restitution de clichés aériens en cours de conception, la principale difficulté d'utilisation résidait dans le placement des chambres et des organes de réglage à partir de trois repères connus sur le terrain. En effet, contrairement à la photogrammétrie terrestre, les levés aériens ne permettaient pas de disposer d'informations précises sur la position de l'objectif au moment des prises de vue, ce qui nécessitait des dispositifs complexes pour assurer la mise en place des clichés. Poivilliers proposa d'abord une méthode par approximations successives, mais des règles plus efficaces furent formalisés à la fin de 1929¹³⁸⁷. Pour le reste, le stéréotopographe s'utilisait essentiellement avec des manœuvres analogues à celle du stéréoautographe : « en suivant avec les trois manivelles un détail planimétrique, le stylet en trace le plan et on peut lire, à tous les points remarquables, la cote ; en bloquant la cote, on n'a plus à agir que sur deux manivelles et on cherche à suivre le terrain, le style trace alors les courbes de niveau »¹³⁸⁸.

Poivilliers avait conçu deux variations de son instrument : le type A était plus complexe et plus polyvalent que le type B, puisqu'il pouvait traiter des clichés de n'importe quel format et inclinaison, mais il était aussi plus cher (deux cent soixante mille francs pour les deux parties, contre cinquante mille francs pour le type B). Le SGA privilégia immédiatement l'acquisition du type A : le type B initial ne fut jamais utilisé, un autre stéréotopographe, version perfectionnée du type A, fut baptisé *type B* en 1938-39¹³⁸⁹. En juillet 1924, il passa commande d'un stéréothéodolite avec chambre de restitution de 35 centimètres de focale, puis en 1925 d'un stéréotopographe et d'un autre stéréothéodolite avec chambre de restitution de 18 centimètres pour permettre une exploitation plus rapide – même si moins précise. En effet, la réalisation des appareils de prise de vue automatique de 35 centimètres était ralentie par les études nécessaires à leur installation dans les avions, alors que les appareils de 18 centimètres pouvaient être maniés à la main¹³⁹⁰. Le premier instrument complet fut achevé en septembre 1927 et son réglage technique en janvier 1928.

1385 *Ibid.*

1386 *Ibid.*, p. 83.

1387 Voir infra, partie 4, chapitre 2.3.3.2.

1388 *Ibid.*, p. 84.

1389 Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.3.

1390 *Ibid.*, p. 81-82.

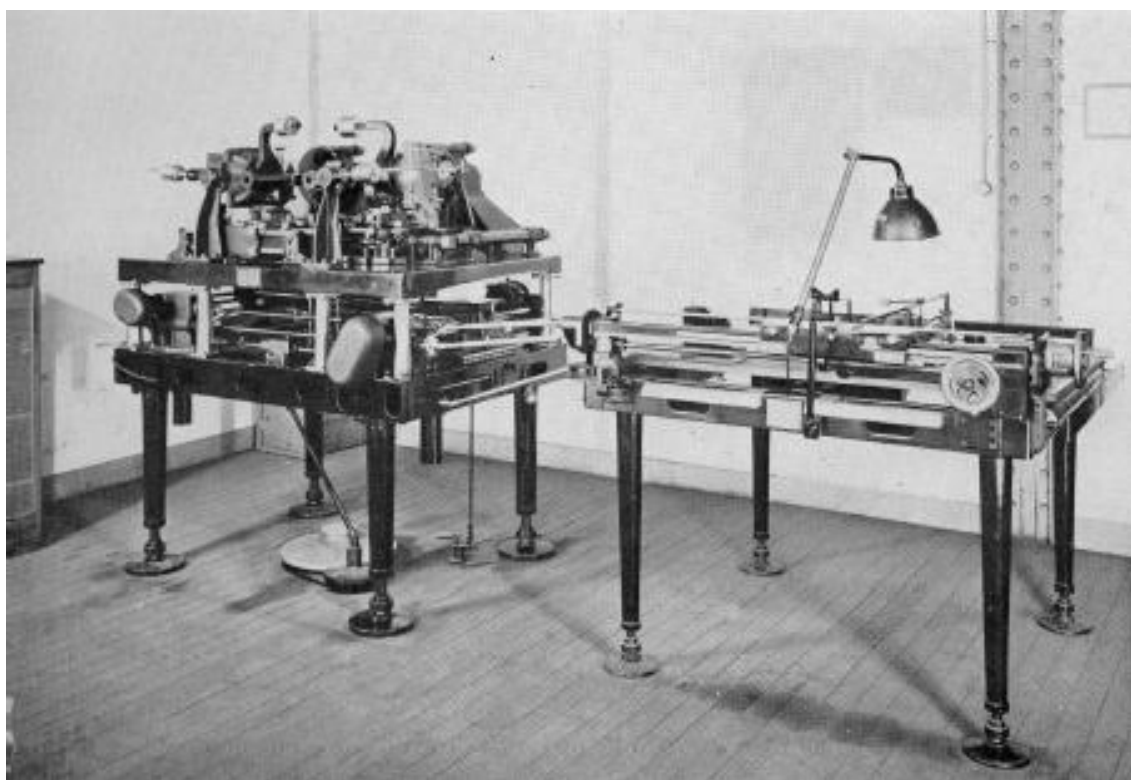


Figure 5 : Stéréotopographe Poivilliers type B.

Source La nouvelle carte de France au 20 000^e. Op. cit.

Comme le stéréotopographe pouvait être utilisé pour restituer des clichés terrestres ou aériens, le SGA l'expérimenta dès 1928 pour la restitution de levés stéréotopographiques terrestres, avant même que des chambres de prise de vue aérienne adaptées aient été mises au point par le service technique de l'aéronautique. Puisque de tels levés n'étaient exécutés que dans les Alpes, ce premier essai fut logiquement mené dans cette région. Le SGA compara les résultats obtenus, d'une part avec la restitution au stéréotopographe de clichés pris avec des chambres destinées aux photographies aériennes, dans une inclinaison quelconque, d'autre part avec la restitution au stéréoautographe de clichés pris au photothéodolite avec un axe optique strictement horizontal. « La précision [étant] à peu près la même dans les deux cas », les essais furent jugés concluants.

Une deuxième expérimentation fut menée en 1929, avec la restitution de photographies aériennes d'un terrain situé aux environs de Gasny (Eure), dont un levé de contrôle avait été réalisé avec grand soin par les méthodes traditionnelles en 1926-1927. Si ses résultats furent finalement jugés satisfaisants et encourageants, la commission interministérielle n'attendit même pas d'en disposer pour décider la mise en construction d'un deuxième stéréotopographe comportant divers perfectionnements, en particulier le remplacement des commandes par câbles par des commandes à vis, et le remplacement de la planchette primitive par un coordinatographe disposé à côté de l'appareil¹³⁹¹, modifications qui furent également apportées au premier modèle au cours de l'année 1930.

2.3.2.4. Une fièvre d'innovation focalisée sur les problèmes de restitution.

¹³⁹¹ Rapp. SGA 1930-31, p. 76-77.

Disposer de tant d'instruments en cours de conception pour une méthode qui n'était pas encore formalisée représentait une situation inédite dans l'histoire de la topographie, qui illustre l'engouement pour la photogrammétrie aérienne. A l'exception de la stéréotopographie terrestre qui avait été adoptée tardivement par le SGA sur le modèle instrumental développé à l'étranger, les principales méthodes topographiques avaient toujours connu une instrumentation postérieure à leur conception. Ce fut le cas par exemple des levés de précision, pour lesquels furent élaborés par le colonel Goulier une règle à échelle spéciale, puis l'alidade holométrique. L'importance des travaux menés pendant la guerre et l'enthousiasme pour l'aéronautique dans l'après-guerre expliquent en partie le dynamisme de la recherche technologique. Mais j'estime que l'orientation déterminée de la recherche en photogrammétrie aérienne constituait un facteur plus crucial, comme le montrent la filiation de tous les nouveaux instruments avec le stéréoautographe et la spontanéité des recherches commencées avant même que les services officiels n'étudient vraiment les possibilités de la restitution de clichés aériens¹³⁹².

Selon moi, cette activité de recherche constituait une véritable fièvre d'innovation, mais uniquement focalisée sur le problème de la restitution complète des clichés aériens, sans toujours mesurer l'importance des techniques annexes, en particulier pour la prise de vue. Pourtant, dès 1921, des études menées par le capitaine Schweisguth et l'ingénieur hydrographe De Vanssay pour le Comité d'expériences photo-topographiques, avaient démontré théoriquement que les déformations les plus importantes dans les clichés aériens provenaient des vibrations de l'avion dans lequel l'appareil de prise de vue était embarqué, et que dans l'état actuel de la technique photographique, « ces déformations de l'ordre du millimètre [rendaient] illusoire l'emploi de la stéréogrammétrie où des mesures de l'ordre du centième de millimètre [étaient] nécessaires »¹³⁹³. Ignorées par la recherche concentrée sur le problème de la restitution, les limites du matériel photographique posaient encore des problèmes au début des années trente, alors même qu'étaient menés les dernières expérimentations en prévision de l'adoption définitive des levés aériens au SGA. Par exemple, deux séries d'essais menées en 1939, la première en Lorraine pour la restitution au stéréotopographe, et la deuxième dans la région de Hyères pour un procédé de cheminement photographique aérien, ne purent être restituées à cause du manque de netteté des clichés¹³⁹⁴. Des difficultés similaires continuèrent de se présenter assez régulièrement tout au long des années trente et quarante.

2.3.2.5. Retour à un schéma classique d'innovation topographique : une variante de la science normale.

L'histoire « officielle » du SGA présente un général Bellot patient et méticuleux, qui « avait immédiatement compris les multiples services que l'on pouvait attendre de ces méthodes nouvelles [mais qui pensait] nécessaire et prudent de ne les faire entrer dans la pratique, si séduisantes fussent-elles, qu'après avoir étudié au préalable, aussi objectivement que possible, leur degré de précision en comparant leurs résultats avec ceux obtenus par les procédés classiques »¹³⁹⁵. En fait, la chronologie et la nature des essais menés par

¹³⁹² Ce fut à la suite d'une initiative de Prédhumeau, qui présenta son projet d'appareil au service technique de l'aéronautique, que le SGA fut contacté pour une expertise technique, puis qu'une commission interministérielle fut créée.

¹³⁹³ Extraits du résumé, écrit par Bellot, du rapport de Vavon sur les études du Comité, reproduit dans Rapp. SGA 1920-21, p. 20.

¹³⁹⁴ Rapp. SGA 1930-31, p. 76-77.

¹³⁹⁵ *Le SGA. Op. cit.*, p. 95.

le laboratoire d'optique du SGA contredisent en partie cette version. Le SGA cherchait manifestement à trouver rapidement une solution *industrielle* à la lenteur des levés de la carte de France, ce qui nécessitait une intense activité de recherche et des choix rapides parmi les différentes possibilités instrumentales. Le SGA revint donc assez vite à un schéma d'innovation plus classique en topographie, basé sur le perfectionnement des instruments par l'usage.

Ainsi, le stéréotopographe, rapidement adopté pour des raisons qui n'étaient pas seulement techniques, fut le seul instrument soumis à des essais complets. Quoi que puisse en dire la version officielle, ces essais ne furent pas effectués « aussi objectivement que possible », du moins avant l'adoption définitive du stéréotopographe. En effet, quand la commission interministérielle décida en mars 1929 « de porter tous ses efforts sur la mise au point définitive de cet appareil »¹³⁹⁶ et d'en faire fabriquer un deuxième modèle, elle ne disposait que du résultat des essais menés en 1928 sur des clichés *terrestres* et des premières *impressions* laissées par les essais de 1929. Les petites surfaces concernées ne permettaient d'ailleurs pas de juger de l'efficacité du stéréotopographe – et même de la restitution des clichés aériens – dans des conditions plus productives, compliquées par les limites du matériel photographique.

Pourtant, le choix du stéréotopographe ne fut pas remis en cause. Les différentes alternatives qui continuaient d'être développées ne furent jamais étudiées sérieusement par le SGA qui se préparait à généraliser les levés aériens restitués au stéréotopographe pour la carte de France. En particulier, l'appareil Gallus-Ferber, utilisé par certaines sociétés privées comme l'Aérotopographie, ne fut l'objet que de rapides essais au début des années trente, alors même que le stéréotopographe venait d'être fièrement exposé au congrès international de photogrammétrie de Zurich en 1930. Le SGA acquit bien un exemplaire de cet appareil en octobre 1932, mais le choix du stéréotopographe Poivilliers était déjà affirmé, avec la livraison prochaine d'un deuxième modèle et la formation de restituteurs à son utilisation, ce qui rendait peu probable le changement d'instruments. En 1934, le SGA affirmait d'ailleurs déjà que « l'emploi du stéréotopographe Poivilliers [était] complètement entré dans le domaine pratique pour effectuer les plans aux grandes échelles »¹³⁹⁷.

Ainsi, à partir des années trente, la recherche pour la restitution des clichés aériens reprit donc un visage beaucoup plus classique dans l'histoire de la topographie : la nouvelle méthode se trouvait exploitée avec un seul instrument sur lequel se concentrait un travail de perfectionnement lié à l'usage. Selon moi, cette situation est analogue à la science normale décrite par Thomas Kuhn¹³⁹⁸ : la recherche s'attachait à régler des problèmes limités à l'intérieur d'un système technique clairement définie par une méthode et un instrument précis, système qui, à l'image des paradigmes de Kuhn, ne s'était pas imposé sur des critères uniquement rationnels, mais aussi politiques, économiques et idéologiques.

2.3.3. L'adoption définitive des levés aériens au SGA.

2.3.3.1. Des essais étendus à l'adoption définitive du stéréotopographe, 1930-1934.

Contrairement à la photogrammétrie terrestre qu'il n'adopta régulièrement qu'au cours des années vingt, le SGA s'investit rapidement dans la photogrammétrie aérienne au point d'être

¹³⁹⁶ Rapp. SGA 1928-29, p. 98.

¹³⁹⁷ Rapp. SGA 1934-35, p. 49.

¹³⁹⁸ KUHN Thomas. *The Structure of scientific revolution. Op. cit.*

aux avant-gardes de la recherche dans ce domaine. Dès le début des années trente, il mit en place des essais étendus, préliminaires à une généralisation des levés aériens que sa direction espérait susceptible de combler le retard de la carte de France.

A l'exception d'une expérimentation infructueuse en Lorraine en 1930, tous les essais de levés aériens sur des surfaces étendues furent menés dans les environs de Salon de Provence, un choix justifié par la variété du relief et la présence d'une base aéronautique pour héberger les avions spécialement équipés en appareils de prise de vue. Entre 1931 et 1933, trois terrains de plus en plus grands furent photographiés par des entreprises privées¹³⁹⁹ pour le SGA : 80 km² en 1931 dans la région de Rognes, au nord-est de la feuille de Salon, dont une partie avait été parallèlement levée par les procédés topographiques ordinaires¹⁴⁰⁰ ; 180 km² à l'est d'Apt en 1932 ; 350 km² au sud de Moustiers Sainte-Marie, dans les gorges du Verdon, en 1933¹⁴⁰¹. Tous les clichés furent exécutés à l'échelle moyenne de 1 : 15 000 et restitués à la même échelle au stéréotopographe, avec la collaboration de Poivilliers.

Les comparaisons effectuées semblaient montrer que « le stéréotopographe [devait] être considéré actuellement comme bien au point en ce qui concerne l'optique et la mécanique »¹⁴⁰², même si sa conception subit encore quelques modifications en 1932 et 1933, entre autre pour améliorer « l'accord de la distorsion des objectifs de prise de vues et de restitution »¹⁴⁰³. Les terrains plus difficiles et étendus qui furent levés en 1932 et 1933 permirent d'affiner les conclusions sur les levés aériens : le prix de revient semblait devoir être inférieur aux procédés classiques, d'un quart en moyenne sur les essais ; la précision en planimétrie était toujours égale ou supérieure aux méthodes classiques ; mais la précision en nivellement, si elle était supérieure dans les zones accidentées, se révélait inférieure dans les zones plates, notamment dans le rendu de la physionomie particulière du terrain¹⁴⁰⁴ – sans pour autant atteindre l'inadaptation de la photogrammétrie terrestre.

Malgré des essais de restitution à l'appareil Gallus-Ferber de levés effectués dans la même région de Rognes en 1931, le stéréotopographe était définitivement adopté. En 1932 et 1933, en même temps qu'il supervisait la restitution des essais menés dans la région de Salon, Poivilliers lui-même participa à la formation de restituteurs pour son appareil, dont un deuxième modèle fut disponible au SGA en avril 1933. En plus des deux restituteurs spécialisés dans l'utilisation du stéréoautographe, l'adjudant chef Lecuelli et l'agent civil Toutan, furent formés le lieutenant Daniel, l'adjudant Mati et le maréchal des logis chef Fortin¹⁴⁰⁵, qui devaient constituer les premières équipes¹⁴⁰⁶ et former d'autres restituteurs. Ces premiers essais étendus permirent d'évaluer et de préciser la méthode de restitution au stéréotopographe, commençant ainsi un processus de perfectionnement par l'usage qui

¹³⁹⁹ Les Entreprises photo-aériennes Moreau en 1931 et 1933, la Compagnie aérienne française (CAF, à ne pas confondre avec le Club alpin français) en 1932.

¹⁴⁰⁰ Rapp. SGA 1930-31, p. 76.

¹⁴⁰¹ Rapp. SGA 1932-33, p. 86-87.

¹⁴⁰² Rapp. SGA 1930-31, p. 77.

¹⁴⁰³ Rapp. SGA 1932-33, p. 87.

¹⁴⁰⁴ *Ibid.*, p. 86.

¹⁴⁰⁵ *Ibid.*, p. 148.

¹⁴⁰⁶ Le SGA prévoyait, et mit effectivement en place, l'utilisation des appareils de restitution par deux équipes successives travaillant chacune huit heures.

se poursuivit dans les décennies suivantes¹⁴⁰⁷. Aux environs de 1932-1933, une première version relativement bien formalisée de la méthode de restitution fut adoptée en prévision des premiers levés aériens réguliers.

2.3.3.2. La méthode de restitution au stéréotopographe.

Comme nous l'avons vu, les levés aériens ne permettaient pas de disposer d'informations précises sur l'orientation et la position de la chambre photographique au moment de la prise de vue. La principale difficulté que devaient résoudre les appareils de restitution était de permettre la formation d'une image stéréoscopique représentant le terrain sur un plan horizontal alors que les données de prise de vue restaient inconnues ou imprécises. La mise en place des clichés dans ces appareils était donc particulièrement délicate. Le principe de base était de donner aux chambres portant les plaques photographiques les mêmes orientations que les chambres photographiques au moment de la prise de vue, l'éloignement des deux chambres devant être déterminé en fonction de l'échelle et de la distance parcourue entre les deux prises de vue. La mise en place dans un stéréotopographe Poivilliers se faisait ainsi en trois étapes :

- *la formation de l'image plastique*, qui reconstituait l'orientation relative des deux clichés, à partir des valeurs approchées de l'altitude de l'avion, des angles de déversement et de la distance entre les centres des plaques (base évaluée à l'échelle des photographies) ;
- *la mise à l'échelle désirée de l'image plastique*, d'après les positions de deux points placés dans les régions extrêmes et opposées du couple de clichés ;
- *l'orientation des verticales*, qui consistait à faire coïncider les plans de section de l'image plastique avec le plan de section horizontale du terrain reconstitué, et nécessitait donc de connaître l'altitude exacte d'au moins trois points.

Pour assurer la plus grande précision possible à la restitution, il était nécessaire de contrôler au maximum les différentes causes de déformation des clichés. Pour cette raison, le SGA avait rejeté l'utilisation des films photographiques pour la carte de France¹⁴⁰⁸ en raison de leur défaut de planéité et de leur manque de stabilité dimensionnelle, et utilisait des plaques de verre relativement épaisses. La distorsion géométrique des objectifs était plus difficile à limiter. Comme leur construction ne permettait pas de l'éliminer complètement, le stéréotopographe Poivilliers en supprimait l'influence en se basant sur le principe de Porro-Koppe, qui consistait « à reconstituer les faisceaux perspectifs de l'espace tels qu'ils se présentent au moment de la prise de vue en plaçant les plaques dans les chambres de restitution ayant les mêmes dimensions géométriques que la chambre de prise de vue utilisée, c'est-à-dire dans le plan focal d'un objectif rigoureusement identique au point de vue de la distorsion à l'objectif aérien »¹⁴⁰⁹ – avec une tolérance sur les angles ne dépassant pas une demi minute centésimale.

Mais dans les années vingt et trente, la construction mécanique et optique des objectifs employés ne permettait pas d'obtenir une distorsion suffisamment constante entre deux exemplaires du même objectif pour assurer cette marge d'erreur. Pour les levés aériens, le

¹⁴⁰⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.

¹⁴⁰⁸ Le stéréotopographe n'y était de toute façon pas adapté : l'IGN continua d'utiliser des plaques pour les levés de la carte de France jusqu'à la fin des années soixante, même si l'emploi de film se développa pour les levés expédiés dans les territoires d'outre-mer après la seconde guerre mondiale (voir infra, partie 4, chapitre 3.2.4).

¹⁴⁰⁹ CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français de photogrammétrie aérienne. *Bulletin de l'AIG.*, juin 1949, 9, p. 49.

SGA avait choisi au milieu des années vingt l'objectif Olor construit par la Société d'optique et de mécanique de haute précision (SOM) : de focale 196 mm, il était généralement qualifié de 200 mm dans les textes. Une des caractéristiques de cet objectif était d'être conçu en trois éléments distincts. Les intervalles d'air entre les éléments pouvaient être modifiés afin de faire varier la distorsion de l'objectif et de la rendre identique à celle d'un autre exemplaire : c'était le procédé de l'*apairage des distorsions*¹⁴¹⁰. Ces modifications conservaient une netteté suffisante pour la restitution : le principe fut donc adopté pour régler les chambres de restitution des stéréotopographes en fonction des objectifs de prise de vue.

Une fois les clichés mis en place, le processus de restitution était semblable à celui du stéréoautographe. Une équipe était constituée d'un restituteur et d'un dessinateur. Elle commençait généralement par la restitution des courbes de niveau, avant d'effectuer celle de la planimétrie. Le dessinateur était chargé de la mise au net des minutes restituées, qui consistait essentiellement à passer à l'encre le tracé au crayon et à ajouter certains signes conventionnels. Elle était effectuée le plus souvent après la restitution, même si certains détails pouvaient parfois être mis au net directement sur le coordinatographe du stéréotopographe à la suite du tracé automatique. Enfin, chaque stéréominute était contrôlée par un vérificateur, qui comparait, corrigeait et faisait les additions nécessaires, en observant les couples photographiques au stéréoscope.

Quelle que soit la qualité des photographies aériennes et de la restitution, la stéréominute ne représentait pas le levé du terrain absolument complet. Certaines zones échappaient à la restitution, soit à cause des défauts des prises de vue (flous, nuages, mauvaises navigations, etc.), soit à cause de la nature du terrain elle-même (fonds de vallées dans l'ombre, zones boisées), et formaient ce qui étaient appelés des « blancs ». Ceux-ci devaient être levés par un opérateur sur le terrain lors du *complètement*, qui servait également à vérifier l'interprétation des photographies faite lors de la restitution, à ajouter les détails invisibles ou non identifiables sur les clichés (sources, sentiers en sous bois, nature des cultures, etc.), à mener l'enquête toponymique, et à contrôler systématiquement la qualité de la restitution en ce qui concernait la position et l'altitude des points. Le complètement était exécuté sur un tirage en bleu ou en bistre de la stéréominute.

2.3.3.3. L'impact sur la cartographie alpine indépendante.

L'adoption et la formalisation d'une méthode de levés aériens fondée sur la restitution au stéréotopographe par le SGA ne fut pas sans conséquence sur l'activité déjà déclinante des topographes-alpinistes dans les années trente¹⁴¹¹. A cause des moyens financiers et infrastructurels qu'elle supposait, la photographie aérienne leur restait en effet pratiquement inaccessible. La *Carte du massif du Vignemale* d'Alphonse Meillon¹⁴¹² constitue le seul exemple d'une carte indépendante partiellement dressée à partir de photographies aériennes, qui permirent « de combler les lacunes que présentent toujours les photographies terrestres »¹⁴¹³. Je pense qu'il ne s'agit pas d'une coïncidence si Maurice Heïd insista justement en 1933, au moment même où le SGA envisageait l'adoption définitive des levés aériens, sur les travaux d'Alphonse Meillon « qui, dans le courant de l'année 1923, eut le premier l'idée d'intéresser l'Aviation militaire aux travaux de topographie

¹⁴¹⁰ *Ibid.*, p. 50.

¹⁴¹¹ Voir supra, partie 3, chapitre 2.3.

¹⁴¹² MEILLON Alphonse. *Carte du massif du Vignemale, au 20 000^e, en trois couleurs*. Paris : Henry Barrère, 1929. Calculs et dessins par Emmanuel de Laminat. Gravée à l'Institut cartographique de Paris.

¹⁴¹³ Note sur la *Carte du massif du Vignemale* par A. Meillon. *La Montagne*, janvier-février 1930, 3, 7, p. 56.

officieuse poursuivis en haute montagne et, en particulier, à ceux qu'il effectuait dans la région de Cauterets »¹⁴¹⁴. Ce discours s'inscrivait dans la volonté traditionnelle du CAF de présenter les travaux de sa Commission de topographie comme précurseurs des méthodes adoptées ensuite par le service officiel¹⁴¹⁵, mais il négligeait de rappeler que cette carte restait le seul essai d'exploitation de photographies aériennes mené par un topographe-alpiniste et que la méthode employée demeurait entièrement artisanale.

Bien qu'elle concerne les Pyrénées, je considère que la carte du Vignemale est une étape importante dans le déclin de l'activité des topographes-alpinistes, ce qui justifie un petit écart géographique. La méthode utilisée pour la dresser est bien connue puisque, conscients de l'originalité de leurs travaux, ses deux auteurs publièrent une notice détaillée sur sa réalisation¹⁴¹⁶. Basée sur un canevas géodésique exécuté sous la direction d'Henri Vallot et calculé par son fils Charles, la carte n'exploitait que quelques rares levés directs¹⁴¹⁷ et l'essentiel de son dessin fut réalisé par Etienne de Larminat à partir de la restitution des clichés terrestres pris par Alphonse Meillon dans la région de Cauterets et de l'analyse de clichés aériens pris en 1923 par le lieutenant Vignolle, observateur-photographe au 36^{ème} groupe d'aviation, basé à Pau. Alphonse Meillon avait pensé à utiliser des photographies aériennes pour résoudre le problème de l'identification des points à restituer dans les levés photographiques terrestres. D'après de Larminat, « si les points de détail à identifier ont pu être placés sur une photo zénithale, on peut en général, quelle que soit la direction d'un observatoire terrestre ayant vue sur ces points, reconnaître sur la photo émanant de cet observatoire les points déjà placés sur la photo zénithale »¹⁴¹⁸. Les vues aériennes permettaient également de combler les lacunes des clichés terrestres et « d'[aider] partout à l'intelligence et à l'interprétation des formes »¹⁴¹⁹. La carte put ainsi être dressée par un topographe ne connaissant pas directement le terrain représenté, même si celui-ci reconnaissait que le résultat n'était « qu'un document strictement "topographique", [puisque] il ne pouvait s'occuper des applications touristiques de son travail, parce que celles-ci lui [échappaient] à peu près complètement »¹⁴²⁰.

Malgré l'ambition du CAF de voir dans la réalisation de cette carte les travaux précurseurs des levés aériens en haute montagne du SGA et le ton de la notice publiée par ses auteurs qui semblait présenter leur méthode à l'attention des topographes-alpinistes

¹⁴¹⁴ HEÏD Maurice. Note sur la photographie zénithale du massif du Balaïtous. *La Montagne*, novembre 1933, 4, 253, p. 346.

¹⁴¹⁵ Alphonse Meillon fut membre de la Commission de topographie d'avant-guerre à partir du 5 juin 1907, puis de la Commission de topographie et de cartographie au sein de la Commission des travaux scientifiques du CAF.

¹⁴¹⁶ MEILLON Alphonse, LARMINAT Commandant Etienne de. *Notice sur la carte au 20 000^e du Vignemale*. Pau : Garet-Haritoÿ, 1928, 84 p. ; LARMINAT Etienne (de). Emploi des photographies aériennes dans la carte du Vignemale. *La Montagne*, mars-avril 1929, 3, 2, p. 89-100 (il s'agit d'un résumé de la notice précédente).

¹⁴¹⁷ « En particulier celui du sentier de la vallée d'Assouc fait par M. Maurice Heïd, [et] les levés de lacs et de fronts glaciaires exécutés par M. l'Abbé Gaurier ». Note sur la *Carte du massif du Vignemale*. *Op. cit.*, p. 55-56.

¹⁴¹⁸ LARMINAT Etienne (de). Emploi des photographies aériennes... *Op. cit.*, p. 89.

¹⁴¹⁹ *Ibid.*

¹⁴²⁰ HEÏD Maurice, DOLLFUS J. Note sur la seconde édition de la feuille au 20 000^e du massif du Vignemale, par Alphonse Meillon et le Commandant de Larminat. *La Montagne*, janvier 1936, 4, 275, p. 30.

voulant l'appliquer à d'autres levés¹⁴²¹, l'utilisation des photographies aériennes pour la carte du Vignemale était restée strictement artisanale. Les clichés aériens ne servaient que de documents complémentaires pour la restitution des clichés terrestres. Dans certains cas, à cause de l'éclairage du soleil ou de la nature du terrain, l'analyse des clichés aériens se révélant délicate, Etienne de Larminat eut recours à l'observation stéréoscopique. Mais les prises de vue n'ayant été ni spécialement effectuées pour une telle observation, ni redressées, il employa une méthode de fortune qui consistait à découper plusieurs épreuves d'une photographie, à placer les bouts se recoupant sous une glace, puis à les observer au stéréoscope après de multiples tâtonnements pour obtenir un effet de relief satisfaisant. Si de Larminat traçait parfois des courbes figuratives directement sur les épreuves pendant leur consultation stéréoscopique, il ne s'agissait en aucun cas d'une restitution du relief à partir de photographies aériennes dont l'utilisation était exclusivement documentaire.

Par la méthode employée et l'expérience unique qu'elle constituait, la carte du Vignemale différait totalement des recherches du SGA en matière de levés aériens depuis la première guerre mondiale. Mais cette tentative d'utilisation de la technique nouvelle de la photographie aérienne par les topographes-alpinistes rappelle une fois encore leur adhésion à l'idéologie du progrès technique, qui participa selon moi au déclin de leur activité : incapables de mettre en œuvre des levés aériens systématiques comme le SGA commençait à l'envisager, frappés par l'absence de renouvellement de leur groupe, limités dans leur ambition technique par la disparition des têtes de file que furent Henri Vallot, Franz Schrader ou Paul Helbronner, ils se trouvaient aussi portés par leur goût des nouvelles techniques à soutenir la nouvelle carte de France, dont les premières feuilles alpines dressées à partir de levés photographiques terrestres, puis aériens, commençaient à être publiées au 1 : 50 000 et au 1 : 20 000.

Conclusion

Répondant à l'antique désir de voler et d'observer le monde d'en haut, la photographie aérienne fut rapidement l'objet de diverses expérimentations dans la deuxième moitié du 19^e siècle, mais ses applications topographiques ne commencèrent véritablement qu'au cours de la guerre russo-japonaise de 1904. Dès lors, des essais furent menés dans de nombreux pays industrialisés : si leur développement en France souffrit du rejet de la technique photogrammétrique par le SGA, il n'entraîna pas un retard aussi considérable que la littérature spécialisée des années vingt le présenta. Jusqu'à la première guerre mondiale, les levés aériens restèrent limités par les possibilités de l'aéronautique et de la photographie. Souvent présentés comme une solution aux restrictions des levés photographiques terrestres, seulement efficaces dans les régions accidentées, les levés aériens profitaient aussi d'une analogie trompeuse entre la photographie aérienne et la carte, à l'origine d'un mythe tenace selon lequel un cliché aérien constituerait une carte parfaite. Mais au-delà de ces motivations plus ou moins rationnelles, leur développement s'inscrivit dès le début du 20^e siècle dans une volonté de reproduire les conditions qui avaient permis la mécanisation de la restitution des clichés terrestres. L'axe prioritaire des recherches fut donc précocement défini autour du problème du *redressement*, technique indispensable qui devait permettre d'éliminer les déformations provoquées par les défauts

¹⁴²¹ La conclusion de la notice est assez révélatrice, avec son emploi du futur : « Enfin, dans les cas non prévus, et il s'en rencontrera [...], on fera pour le mieux. Le topographe en chambre ne saurait tout prévoir ». LARMINAT Etienne (de). Emploi des photographies aériennes... *Op. cit.*, p. 100.

des objectifs et les déplacements de l'avion lors de la prise de vue, et de disposer ainsi d'un document pouvant être restitué dans un instrument similaire au stéréoautographe.

Si l'orientation de la recherche en photogrammétrie aérienne était explicitement définie dès les années 1900, la première guerre mondiale fut le catalyseur fondamental de son développement : les besoins militaires considérables en matière de renseignements topographiques favorisèrent un investissement conséquent dans la photographie aérienne qui, grâce au développement de l'aéronautique, s'était rapidement révélée la technique la plus efficace pour réunir des informations sur l'organisation ennemie. Au cours du conflit, les armées durent développer des structures et des méthodes pour l'exploitation rationnelle d'une technique qui restait encore expérimentale en 1914. En France, cette rationalisation permit la formalisation de la méthode d'interprétation des clichés aériens et la mise au point d'un procédé de restitution planimétrique de ces clichés, le *graticulage*, qui mélangeait construction graphique et placement à vue. Parallèlement, un effort d'instrumentation constant entraîna la conception d'outils facilitant l'interprétation et la restitution, ainsi que des premiers appareils de redressement efficaces.

Au cours des années vingt, les levés aériens connurent un développement considérable, soutenu par un important investissement institutionnel. D'un côté, les méthodes artisanales de restitution planimétrique mises au point pendant la guerre furent appliquées à la mise à jour du cadastre et au levé des plans de ville, puis généralisées comme méthodes complémentaires aux levés de précision. D'un autre côté, suivant l'orientation méthodologique fixée dès le début du siècle, la recherche se focalisa sur le problème de la restitution complète, planimétrie et relief, des clichés aériens. Contrairement à la photogrammétrie terrestre qu'il venait d'adopter tardivement dans une utilisation régulière, le SGA s'investit rapidement dans la photogrammétrie aérienne : sous la pression industrielle imposée par son directeur Bellot, il coupa court à la fièvre d'innovation instrumentale pour la restitution complète des clichés aériens et adopta le *stéréotopographe* conçu par Poivilliers, sur des critères qui n'étaient pas uniquement rationnels.

Retrouvant dès lors une situation plus classique en topographie de perfectionnements par l'usage d'un système technique bien défini, le SGA mit en place au début des années trente les premiers essais étendus de levés aériens restitués au stéréotopographe, dans la région des pré-alpes de Provence à l'est de Salon. La méthode de restitution fut rapidement précisée, permettant la formation des premières équipes de restituteurs. Quant au groupe des topographes-alpinistes, déjà fragilisé par la mutation de l'alpinisme et l'absence d'une relève aux grands maîtres du début du siècle, il se révéla incapable de suivre les mutations technologiques qu'il plébiscitait pourtant, ce qui participa au déclin de son activité. Au début de 1934, seulement onze ans après le début des études du SGA sur les procédés de restitution complète des clichés aériens, le général Bellot pouvait ainsi affirmer que, « définitivement sortie de la période d'essais, la photographie aérienne [tendait] à devenir de plus en plus une application courante dans les levés allant du 5.000^e au 40.000^e »¹⁴²² – et qu'elle entraînait ainsi dans une phase d'industrialisation souhaitée par la direction du service cartographique.

Chapitre 3. Industrialisation des levés aériens : vers la disparition de la spécificité alpine (1934-1960).

¹⁴²² Rapp. SGA 1932-33, p. XIII.

Dans l'entre-deux-guerres, la direction du Service géographique de l'armée revendiqua de plus en plus explicitement le modèle industriel. En 1924, en réaction à un nouveau refus du parlement d'augmenter le budget de la carte de France, le général Bellot avait déjà décidé de favoriser l'évolution technique pour pallier au manque de moyens par un accroissement du rendement des travaux. La problématique de la productivité s'affirma au cours des années trente et quarante. Même si elle ne fut explicitement définie comme une orientation « industrielle » qu'en 1937, dans le projet de réforme du SGA conçu par le colonel Hurault, et que son application systématique à l'organisation du service ait alors été limitée par des oppositions institutionnelles¹⁴²³, elle donna lieu dès le début des années trente à un important effort de rationalisation des techniques de levés topographiques autour de la photogrammétrie aérienne. Jusque-là surtout concentrée sur les questions de précision, de prestige et de besoins spécifiques, la recherche technique en topographie n'avait jamais été confrontée aussi directement aux problèmes de productivité, en particulier pour le levé des régions de haute montagne qui avait conservé de nombreuses spécificités depuis les travaux de la carte d'état-major. Dans les Alpes, cette nouvelle orientation remettait en cause l'organisation spéciale qui avait permis l'émergence de topographes spécialisés au SGA¹⁴²⁴, en cherchant une rationalisation des opérations qui ne pouvait se faire que par leur rapprochement avec les méthodes employées sur le reste du territoire. La question qui se pose alors est de savoir dans quelle mesure l'approche générale des levés topographiques favorisée par la pression industrielle niait la spécificité du travail en haute montagne. En effet, cette pression se manifesta dans une évolution technique qui imposa en une vingtaine d'année les levés aériens pour l'ensemble des opérations de la carte de France, les Alpes jouant dans cette évolution le rôle d'une confirmation prestigieuse de l'efficacité des levés aériens qui marqua aussi la dernière entreprise de terrain spécialement conçue pour la haute montagne. Définitivement sorties de la période d'expérimentations et d'applications artisanales qu'elles avaient connue dans les années vingt, les méthodes de la photogrammétrie aérienne furent l'objet d'une industrialisation systématique, qui se traduisit d'un côté par un important effort d'équipement et de normalisation des procédés de photographies aériennes, et d'un autre côté par la rationalisation des méthodes d'exploitation de ces photographies, qui entraîna l'émergence de la problématique, jusque-là limitée par les possibilités techniques, de l'éloignement puis du détachement du terrain dans l'élaboration de la carte, en particulier dans les régions montagneuses.

3.1. Du programme de 1934 à la couverture aérienne systématique, la généralisation des levés aériens en France et dans les Alpes.

Après une décennie d'expérimentations pour la restitution complète des photographies aériennes, des essais étendus montrèrent, au début des années trente, que les instruments et les méthodes étaient suffisamment au point pour envisager un emploi régulier¹⁴²⁵. L'industrialisation souhaitée par la direction du SGA favorisa une généralisation rapide des levés aériens : dès 1934, ceux-ci étaient placés au centre du nouveau programme de travaux, entraînant la création d'une escadrille spécialisée au SGA, qui fut maintenue et développée par la suite à l'Institut géographique national. Dans les Alpes, une volonté d'uniformisation imposa rapidement les levés aériens à la place des levés photographiques terrestres, remettant en cause la spécificité des opérations en haute

¹⁴²³ Voir supra, partie 4, chapitre 1.1.

¹⁴²⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.3.

¹⁴²⁵ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.

montagne, alors que la couverture du massif du Mont Blanc en 1939 jouait le rôle d'une validation prestigieuse de l'efficacité de la photogrammétrie aérienne. Finalement, dans le but de stimuler la réalisation de la carte de France et de favoriser une mise à jour rapide des cartes publiées, l'IGN imposa la notion de couverture aérienne systématique du territoire français au milieu des années cinquante.

3.1.1. Le programme de 1934, généralisation officielle des levés aériens au SGA.

3.1.1.1. Une suite aux réformes de 1922.

Malgré la simplification de la facture décidée en 1922 et le développement de la stéréotopographie terrestre dans les Alpes, le rythme d'exécution de la nouvelle carte de France restait toujours insuffisant pour envisager un achèvement prochain. En 1934, presque quarante ans après l'acceptation du projet, seulement cent trente-six feuilles avaient été publiées sur les mille cent que comptaient la carte, et l'équivalent de huit cents feuilles entières devaient encore être entièrement levées¹⁴²⁶. Si le rythme de publication avait légèrement augmenté, il ne dépassait pas les treize feuilles par an, ce qui aurait demandé encore soixante-quinze années pour l'achèvement de la carte. La conjoncture économique restant défavorable à une augmentation des crédits, la direction du SGA décida d'adapter une nouvelle fois son programme de travail aux moyens dont elle disposait.

Bien qu'aucune référence n'y soit explicitement faite, le nouveau programme en 1934 s'inscrivait clairement dans la prolongation des mesures prises en 1922, qui avaient surtout concerné la rédaction cartographique¹⁴²⁷. Le développement de la stéréotopographie terrestre dans les Alpes et la généralisation des levés au 1 : 20 000 à tous les types de relief n'ayant pas permis l'accélération souhaitée dans les travaux, le programme de 1934 s'attaquait plus radicalement à la question des levés topographiques : suite aux essais de 1931-1933, « la solution adoptée [consistait] essentiellement à ne plus s'imposer de passer par l'intermédiaire des levés à grande échelle pour dresser la carte au 50.000^e », mais à exploiter « la restitution méthodique des photographies aériennes » pour « obtenir des levés d'une extrême précision, pouvant être établis directement à une échelle voisine du 50.000^e, d'après des clichés tirés au 1/30.000 environ »¹⁴²⁸. Pour les utilisations techniques, le SGA envisageait de dresser les plans directeurs au 1 : 10 000 et 1 : 20 000 par simple agrandissement photographique des minutes de restitution, sauf pour la centaine de feuilles¹⁴²⁹ restant à lever qui contenait des agglomérations importantes ou des zones intéressant les militaires¹⁴³⁰, et serait « dressée en établissant tout d'abord les plans au

¹⁴²⁶ Rapp. SGA 1934-35, p. 3-5.

¹⁴²⁷ Voir supra, partie 3, chapitre 4.2.1.

¹⁴²⁸ Des problèmes techniques demeuraient pour la réalisation directe de clichés aux échelles supérieures au 1 : 20 000, d'où l'emploi de l'expression « d'après des clichés tirés au 1/30.000 environ », qui pouvait désigner des épreuves réduites à cette échelle. Rapp. SGA 1934-35, p. 4.

¹⁴²⁹ *Ibid.*, p. 5.

¹⁴³⁰ Les demandes du secteur civil en plans à grande échelle concernaient essentiellement les agglomérations. Toutes les frontières terrestres ayant déjà été systématiquement levées, il ne restait pour les besoins militaires qu'à couvrir certaines parties des côtes.

20.000^e »¹⁴³¹. A cause des problèmes posés par les levés aériens aux petites échelles et des demandes répétées des services publics, ce projet initial fut abandonné en 1938 « pour revenir à l'ancienne formule d'une édition au 20.000^e, [...] l'édition au 50.000^e étant toujours déduite du levé au 20.000^e »¹⁴³². La généralisation des levés aériens ne fut pas remise en cause, puisque la carte au 1 : 20 000 devait être dressée uniquement à partir de la restitution de photographies aériennes prises à une échelle d'environ 1 : 25 000.

En plus d'adopter définitivement les levés aériens, le programme de 1934 établissait aussi précisément l'ordre des travaux en fonction des besoins et des conditions des levés. Ainsi, « la durée prévue [pour l'achèvement de la carte de France] [était] un peu supérieure à 32 ans, non compris la période de transition nécessaire pour passer du système actuel au nouveau »¹⁴³³. Pour appuyer les nouveaux levés, les opérations géodésiques devaient également être développées, avec l'achèvement urgent des chaînes primordiales, qui ne couvraient encore que la partie est du pays, et l'établissement des réseaux de 1^{er} ordre complémentaire et de détail en fonction du programme des levés¹⁴³⁴. Dans les Alpes, le 1^{er} ordre complémentaire fut terminé par les opérations de 1948-1949, complétées en 1958 par une nouvelle jonction des réseaux de 1^{er} ordre français, italien et suisse¹⁴³⁵.

3.1.1.2. Généralisation des levés aériens.

Approuvé en octobre 1934, le nouveau programme « basé sur l'emploi généralisé de la phototopographie »¹⁴³⁶ ne faisait que confirmer officiellement l'orientation officielle du SGA depuis la fin des années vingt. Ses prescriptions furent d'ailleurs adoptées avant même son application officielle en 1936. Ainsi, pour la campagne d'été 1934, des « missions [photographiques] spéciales [avaient été] demandées à l'aviation, tant militaire que civile, en vue de la restitution au stéréotopographe Poivilliers »¹⁴³⁷. Couvrant des régions inscrites dans le programme normal du SGA en France et en Algérie, ces missions n'étaient plus expérimentales, mais constituaient bel et bien les premiers levés aériens réguliers effectués en France.

La photographie aérienne étant encore une technique nouvelle, les rapports d'activité du SGA donnaient chaque année le détail des surfaces couvertes, ce qui permet d'avoir une vision globale de l'évolution des levés aériens durant les années trente. Le graphique suivant montre les surfaces couvertes par les levés du SGA en France métropolitaine entre 1931 et 1939 (graphique 19)¹⁴³⁸. La diminution des surfaces couvertes par des levés à planchette est

¹⁴³¹ Rapp. SGA 1934-35, p. 4.

¹⁴³² Rapp. SGA 1938-39, p. 120.

¹⁴³³ Rapp. SGA 1934-35, p. 5.

¹⁴³⁴ *Ibid.*, p. 5.

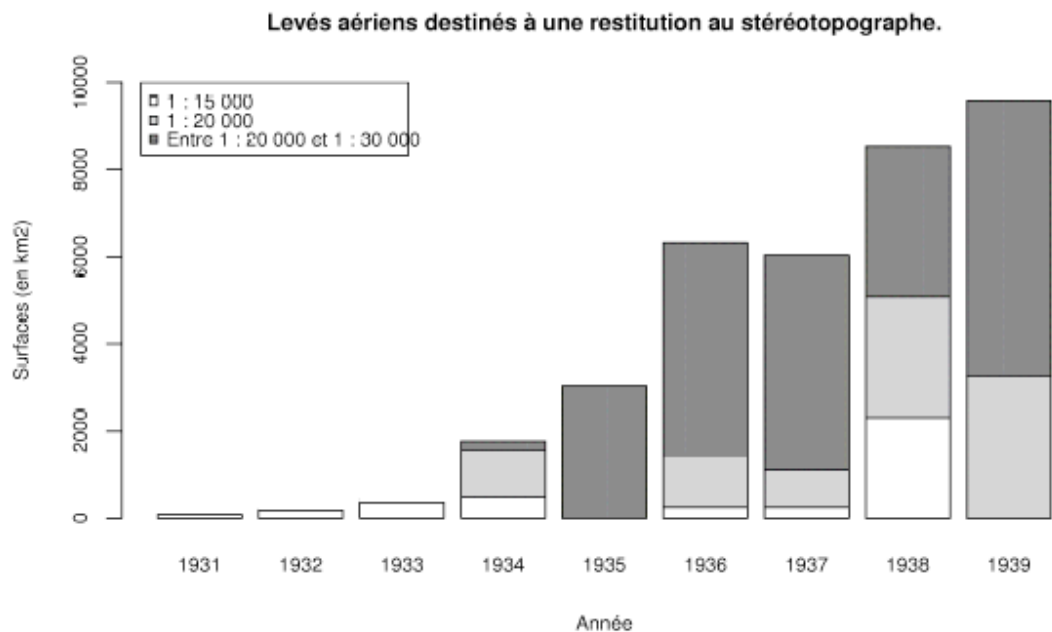
¹⁴³⁵ CHABBERT C. Opérations de triangulation et de stéréopréparation dans les Alpes en 1971 et 1972. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1972, 20, p. 43.

¹⁴³⁶ *Ibid.*, p. 3.

¹⁴³⁷ *Ibid.*, p. 89.

¹⁴³⁸ Les chiffres utilisés sont uniquement tirés des *Rapport sur les travaux... La Nouvelle carte de France au 20.000^e*, publiée en 1950, donne des chiffres très nettement supérieures pour 1939, avec une surface couverte en France métropolitaine de 32 000 km², qui inclue probablement les 25 800 km² photographiés par l'escadrille spécialisée lors des missions militaires effectuées entre

assez régulière, la surface levée en 1939 étant environ deux fois moindre que celle levée en 1931 (1 677 km² contre 3 312 km²). Parallèlement, l'accroissement des surfaces couvertes par des levés aériens est particulièrement rapide. L'augmentation en 1934 et 1935 confirme la fin des essais et le début d'une utilisation régulière de la photogrammétrie aérienne avant même la mise en œuvre du nouveau programme. Cependant, le triplement de la surface couverte entre 1935 et 1936, ainsi que les années suivantes, montre que ce programme marquait la véritable généralisation des levés aériens comme la principale méthode de levés topographiques employée par le SGA en France. L'évolution des échelles des prises de vue aérienne est très révélatrice de la volonté de productivité qui s'imposait au SGA. Même si la différence de surface couverte par des clichés à des échelles différentes introduit un biais dans la représentation graphique de cette évolution, la diminution des échelles reste nette, selon une évolution similaire aux missions destinées à la restitution planimétrique¹⁴³⁹ : si le 1 : 15 000 utilisé pour les premiers essais resta employé jusqu'en 1938, principalement par les escadrilles militaires, à partir de 1935, l'essentiel de la surface annuellement couverte était photographiée au 1 : 20 000 ou moins. Cette diminution témoignait de la volonté de couvrir, en une seule mission et avec le même nombre de clichés, une surface de plus en plus grande, mais elle se heurtait aux limites techniques des conditions de prise de vue et de précision de la restitution¹⁴⁴⁰. Le programme de 1934 imposait théoriquement le 1 : 30 000, mais dans la pratique, la majorité des clichés était pris à des échelles variant entre le 1 : 20 000 et le 1 : 30 000, parfois au cours d'une même mission.

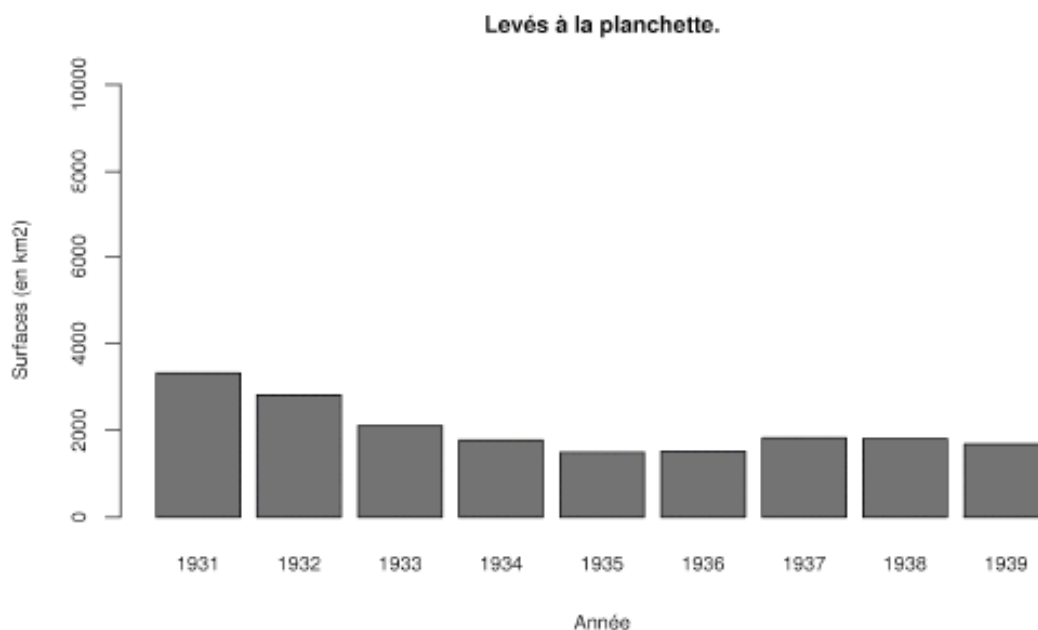


Graphique 19 : Evolution de la surface couverte par les levés du SGA en France métropolitaine, de 1931 à 1939.

novembre 1939 et juin 1940 dans le nord-est de la France, mais exclue les levés effectués par des entreprises privées. *La Nouvelle Carte de France au 20.000*^e. *Op. cit.*, p. 119.

¹⁴³⁹ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.1.2.

¹⁴⁴⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.



3.1.1.3. La création de l'escadrille spécialisée du SGA.

Les limites des techniques aéronautique et photographique créaient des conditions particulièrement difficiles pour la réalisation des missions aériennes. Les entreprises privées assuraient un travail de qualité irrégulière, qui nécessitait souvent d'être repris ou restitué avec une mauvaise lisibilité. Il restait cependant toujours supérieur aux missions effectuées par l'aviation militaire, dont la netteté et le recouvrement étaient généralement insuffisants¹⁴⁴¹, à cause de l'inexpérience des équipages provoquée par l'attribution des missions à des escadrilles différentes selon les régions. Malgré sa préférence pour les entreprises privées, le SGA dut ponctuellement confier des missions aux escadrilles militaires, soit parce que le caractère stratégique des levés imposait le secret¹⁴⁴², soit parce que les crédits étaient insuffisants pour payer une entreprise¹⁴⁴³ (tableau 17).

Tableau 17 : Organismes ayant effectué les prises de vue aériennes du SGA dans les Alpes du nord avant 1940.

¹⁴⁴¹ Rapp. SGA 1930-31, p. 77.

¹⁴⁴² La couverture aérienne de la zone de la ligne Maginot fut commencée en 1935-1936, mais les premiers résultats étaient très décevants. DANIEL R.E. Les prises de vues photogrammétriques françaises depuis 1932. *Bulletin de l'Association Professionnelle des Ingénieurs Géographes*, décembre 1946, 1, 3, p. 14.

¹⁴⁴³ *Ibid.*, p. 13.

Organisme		Surface levée (en coupures)	Proportion
Escadrille spécialisée (SGA)		5	1,15 %
Aviation militaire		31	7,11 %
Entreprises privées		172	39,45 %
	<i>Société générale de photographie (SGP)</i>	3	0,69 %
	<i>Photogrammétrie par avion</i>	7	1,61 %
	<i>Compagnie aérienne française (CAF)</i>	27	6,19 %
	<i>Entreprise Michaud</i>	130	29,82 %
Inconnu		233	53,44 %
Total		436	100 %

La conjonction des problèmes économiques et techniques contribua à la demande d'un personnel et d'un équipement spécialisés dans les missions de photographie aérienne, qui n'était qu'une formulation spécifique de l'éternelle revendication du service cartographique pour un personnel qualifié. En 1938, le SGA obtint la formation provisoire d'un Groupe de marche du Service géographique, constitué avec du matériel et du personnel de l'Armée de l'air¹⁴⁴⁴ qui formaient deux équipages complets comptant chacun « un navigateur chef de bord, un pilote, un photographe-opérateur et un mécanicien naviguant »¹⁴⁴⁵, ainsi qu'un laboratoire photographique de cinq personnes au sol. Après un stage de trois semaines au service de la phototopographie du SGA en février, le personnel exécuta ses premières missions au Maroc en mai, puis en France à partir de juin. En septembre 1938, le groupe de marche assurait un rendement équivalent aux entreprises privées avec une qualité jugée satisfaisante. Il fut donc chargé de toutes les nouvelles missions, même si les marchés passés précédemment furent honorés par les compagnies privées : en 1938, le groupe photographia 4 900 km² sur les 8 530 couverts en France. Les résultats et l'expérience accumulée plaident pour le maintien du groupe, qui reçut un statut permanent sous le nom d'« escadrille spécialisée dans la prise de vue du Service géographique de l'armée », par décision du ministère de l'Air datée du 5 décembre 1938¹⁴⁴⁶. En 1939, cette *escadrille spécialisée* exécuta l'essentiel des missions demandées par le SGA, couvrant 7 730 km² sur les 9 585 levés, dont une partie concernait le massif du Mont Blanc.

Pendant la guerre, l'escadrille assura des levés dans le nord-est de la France pour fournir aux armées des photographies aériennes de la région d'opération. Suspendue en juin 1940, elle fut reconstituée au cours de 1941 dans le domaine civil, sous la forme d'une Section d'avions photographiques spécialisés, rattachée administrativement aux Services civils de liaisons aériennes créés au sein de la compagnie Air France¹⁴⁴⁷. Regroupant presque tout le personnel formé avant-guerre, elle reprit les missions aériennes au cours de l'hiver 1941-1942 en Afrique du nord. Revenue en France au printemps 1942, elle couvrit un peu plus de 24 600 km² dans les régions du sud-ouest. Suspendue à nouveau en novembre 1942 par l'invasion de la zone libre, l'activité de l'escadrille ne reprit qu'à

¹⁴⁴⁴ Rapp. SGA 1938-39, p. 115.

¹⁴⁴⁵ DANIEL R.E. Les prises de vues photogrammétriques françaises. *Op. cit.*, p. 15.

¹⁴⁴⁶ Rapp. SGA 1938-39, p. 117.

¹⁴⁴⁷ Rapp. IGN 1940-42, p. 48.

l'automne 1944 avec le début du réentraînement des équipages et la reconstitution d'une section photographique au sein de l'IGN en 1945.

3.1.2. Levés photographiques terrestres et aériens dans les Alpes.

Le programme de 1934 instaurait des levés aériens systématiques parce qu'ils pouvaient s'appliquer à tous les types de relief, mais il ne se prononçait pas sur la place des levés photographiques terrestres que le général Bellot avait lui-même contribué à développer dans les années vingt. Ces derniers ayant été presque exclusivement utilisés dans les Alpes, mon corpus de feuilles est propice à l'étude des rapports entre les photogrammétries terrestre et aérienne dans les années trente, qui virent s'opposer deux rationalités différentes : la rationalité économique, pour laquelle l'uniformisation des méthodes de levé offrait une productivité supérieure, et la rationalité technique, pour laquelle les deux techniques étaient d'autant moins différenciables que la photogrammétrie aérienne s'était développée par analogie avec la photogrammétrie terrestre.

3.1.2.1. Le refus de la mise en concurrence.

Pendant toute la période d'expérimentation des levés aériens, qui concerna pourtant des régions où la stéréotopographie terrestre était efficace, les deux techniques ne furent jamais mises en concurrence directe. Si, en 1928, les premiers essais du stéréotopographe furent évalués par rapport au stéréoautographe, je considère que leur but n'était pas de comparer les deux méthodes photogrammétriques, mais au contraire d'évaluer le potentiel du stéréotopographe par rapport à un référent connu. Ce potentiel une fois confirmé, tous les essais postérieurs de levés aériens ne furent comparés qu'aux levés de précision. Bien sûr, les restrictions géographiques des levés stéréotopographiques terrestres pouvaient justifier la focalisation des expérimentations sur les autres procédés ; mais puisque qu'ils avaient été jugés supérieurs aux levés directs pour les régions montagneuses, ils auraient normalement dû être comparés aux levés aériens pour décider du « meilleur » procédé pour ces régions. Pourtant, une telle comparaison ne fut jamais menée, et aucun texte publié dans les années vingt ou trente n'affirma jamais que l'un ou l'autre procédé était supérieur : il semblait acquis qu'ils présentaient tous deux les mêmes qualités de précision et d'efficacité.

J'explique cette absence d'interférence entre les deux méthodes photogrammétriques, du moins au niveau de la recherche, par la conception traditionnelle des levés aériens comme un perfectionnement des levés photographiques terrestres¹⁴⁴⁸, et par le décalage encore important au début des années trente dans la formalisation de ces méthodes. Alors que la restitution de clichés aériens restait expérimentale, celle de clichés terrestres était employée de manière régulière et faisait l'objet de recherches qui sortaient du strict cadre instrumental pour aborder des problèmes cartographiques plus généraux comme l'expressivité de la représentation du relief¹⁴⁴⁹. Ainsi, le développement des levés aériens ne fut jamais explicitement défini comme une solution pour remplacer une méthode qui avait atteint une productivité qui semblait satisfaire le SGA pour les régions montagneuses ; au contraire, je l'interprète comme la volonté de généraliser les procédés spécifiques à la stéréotopographie terrestre, en particulier la restitution mécanisée, aux autres types de relief. Il me paraît donc crucial d'étudier les conditions dans lesquels les deux méthodes photogrammétriques furent employées dans les Alpes, d'autant plus que les levés aériens y furent utilisés dès le début de leur emploi régulier, parfois dans les mêmes régions que les

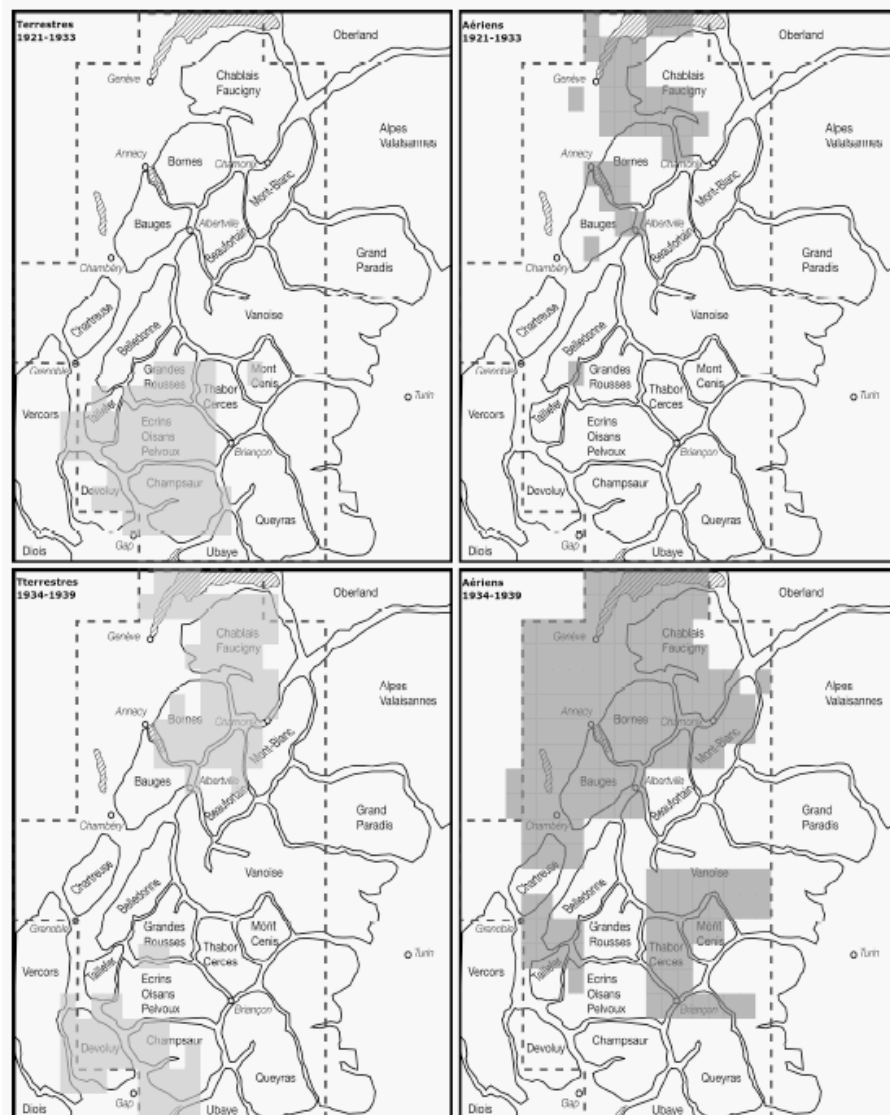
¹⁴⁴⁸ Voir supra, partie 4, chapitre 2.1.3.1.

¹⁴⁴⁹ Voir supra, partie 3, chapitre 4.3.

levés photographiques terrestres : s'agissait-il seulement d'une utilisation parallèle ou d'une utilisation complémentaire, en fonction des spécificités techniques de chaque méthode ?

3.1.2.2. Une utilisation parallèle plus que complémentaire.

Jusqu'au début des années trente, les applications topographiques des photographies terrestres et aériennes étaient radicalement différentes, les premières permettant le levé de la planimétrie et du relief des régions accidentées, les secondes le levé de la seule planimétrie dans des régions généralement plates. Leur utilisation était donc nécessairement très différenciée. La répartition des levés photographiques terrestres et aériens exécutés entre 1921 et 1933 dans la région couverte par mon corpus de feuilles montre une réelle complémentarité entre les deux méthodes, qui étaient employées dans des régions au relief très différent : les clichés aériens couvraient essentiellement les zones assez plates, à planimétrie dense, souvent urbanisées, des environs de Genève, Thonon, Annecy et Albertville, alors que les clichés terrestres couvraient les massifs escarpés de l'Oisans, des Grandes-Rousses et du Champsaur (carte 29).



Carte 29 : Répartition des levés photographiques terrestres et aériens du SGA dans les Alpes du nord, 1921-1939.

Après la généralisation des levés aériens restitués au stéréotopographe en 1934, et leurs premières applications dans les Alpes du nord, la répartition entre les zones couvertes par les deux méthodes devint plus confuse (carte 29). Dans la zone couverte par mon corpus, les levés effectués entre l'adoption du nouveau programme et la deuxième guerre mondiale concernèrent essentiellement le Faucigny, les environs d'Annecy, d'Albertville et de Chambéry, et les pré-alpes genevoises. Dans les massifs du Dévoluy et du Champsaur, les levés photographiques terrestres commencés dans les années vingt furent achevés avec cette seule technique, mais au sud du lac Léman, les levés furent exécutés avec les deux méthodes, sans que la répartition des zones couvertes par l'une ou l'autre ne semble répondre à une logique strictement liée aux caractéristiques des méthodes elles-mêmes.

Bien sûr, les régions les plus plates, comme les environs de Saint-Julien-en-Genevois ou de Seyssel, ne pouvaient pas être levées avec des photographies terrestres. Dans certains cas également, les deux méthodes continuaient à être utilisées dans une logique de complémentarité. En 1938 par exemple, le service de phototopographie du SGA restitua des missions aériennes spécialement exécutées pour compléter les levés stéréotopographiques terrestres dans les régions d'Annecy et de Saint-Gervais : reprenant le discours classique la présentant comme une solution aux limites de la photogrammétrie terrestre, il affirmait que « la photographie aérienne [permettait] en effet de boucher les blancs parfois importants laissés par la restitution terrestre sur certains versants et dans les fonds de vallée »¹⁴⁵⁰. A l'inverse, les difficultés de la photographie aérienne à haute altitude faisaient que « les hautes régions glaciaires [demeuraient] encore pour un temps réservées aux opérations photographiques terrestres »¹⁴⁵¹.

Cependant, pour une grande partie des levés de régions accidentées, comme les massifs du Faucigny, du Beaufortain ou du Mont Blanc, les deux méthodes furent employées indifféremment selon les campagnes. Les feuilles dressées à partir de ces levés, comme Thonon (1938-1939), Cluses (1941-1943) ou Saint-Gervais (1942-1943), comportent ainsi des zones restituées à partir de levés terrestre ou aériens, dont la nature géographique est variée : haute montagne, moyenne montagne, vallée, agglomération, glaciers, etc. Selon moi, cet empiètement quasi-systématique des levés aériens sur les zones couvertes par des levés photographiques terrestres témoignait de la volonté de la direction du SGA de généraliser les premiers pour *tous* les types de relief. Certes, l'emploi indifférencié des deux méthodes confirme mon hypothèse que celles-ci étaient perçues comme relativement proches, en précision comme en efficacité, mais quand les conditions de réalisation des missions aériennes s'améliorèrent à la fin des années trente, cette proximité même posa justement la question du maintien des opérations stéréotopographiques terrestres, qui pouvait paraître aberrant dans la logique d'optimisation des ressources restreintes du SGA, notamment du point de vue de la formation du personnel puisque les deux méthodes restaient suffisamment différentes pour nécessiter des manipulations de restitution distinctes.

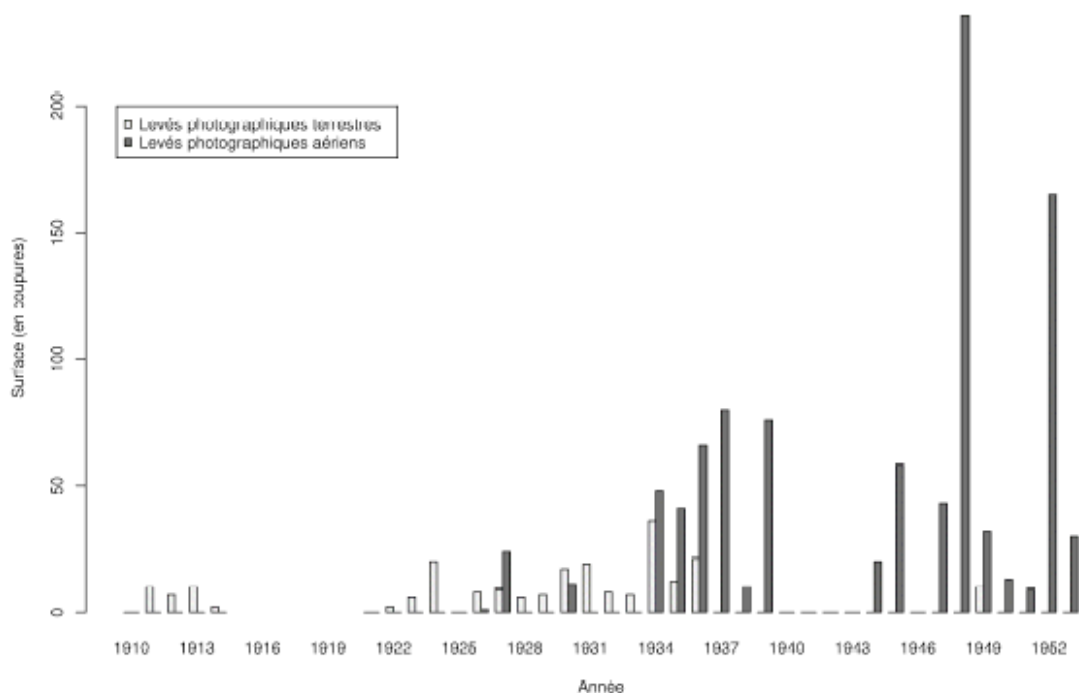
3.1.2.3. L'abandon de la stéréotopographie terrestre.

Le graphique suivant montre les surfaces couvertes par les levés photographiques terrestres et aériens dans la région couverte par mon corpus, entre 1910 et 1953

¹⁴⁵⁰ Rapp. SGA 1938-39, p. 128.

¹⁴⁵¹ *Le SGA. Op. cit.*, p. 158.

– année d'achèvement de la première couverture aérienne complète de la France (graphique 20). A partir de la reprise régulière du travail topographique en 1923, les levés photographiques terrestres conservèrent une certaine régularité, variant seulement en fonction du programme de travail et des conditions d'opération – comme l'accident de montagne qui abîma le photothéodolite en 1925 et empêcha de réaliser des clichés pendant cette campagne. L'impact du programme de 1934 n'est perceptible qu'à partir de 1937 : alors que les levés aériens continuèrent de se développer (la faible surface levée en 1938 correspond seulement à des opérations menées dans d'autres régions, graphique 19), les levés photographiques terrestres furent abandonnés dans les Alpes du nord, à l'exception de quelques prises de vue dans le massif du Mont Blanc entre 1948 et 1950 pour la carte au 1 : 10 000¹⁴⁵².



Graphique 20 : Evolution de la surface couverte par les levés photographiques du SGA dans les Alpes du nord, de 1910 à 1953.

Si la généralisation des levés aériens et la volonté d'optimisation des ressources du SGA jouèrent évidemment un rôle dans l'abandon subit des levés photographiques terrestres, je pense que la causalité n'était pas aussi directe qu'elle pouvait le sembler. Les qualités de précision et de rendement de la stéréotopographie terrestre n'étaient toujours pas remises en cause : celle-ci était certes moins polyvalente que la photogrammétrie aérienne et nécessitait de parcourir le terrain – une problématique sur laquelle je reviendrai¹⁴⁵³ –, mais aucun argument strictement technique ne justifiait son arrêt. Je l'interprète d'ailleurs moins comme un effet direct de la généralisation des levés aériens que comme un effet indirect lié à des questions d'équipement. En effet, la politique volontariste de la direction avait favorisé l'acquisition de nouveaux stéréotopographes

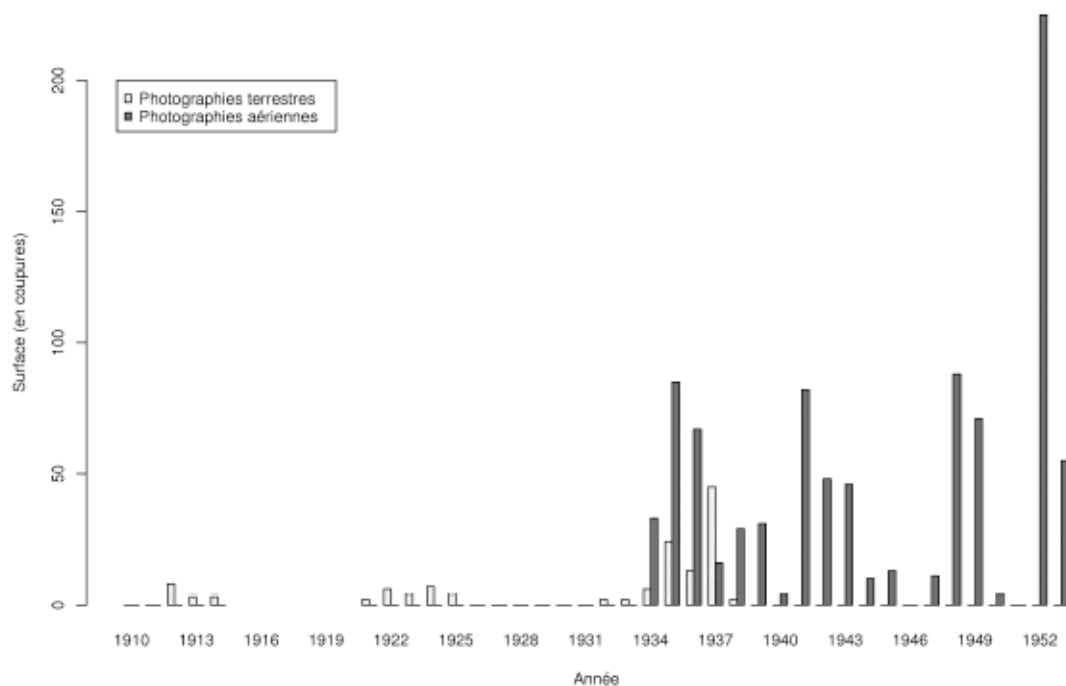
¹⁴⁵² Voir infra, partie 4, chapitre 4.2.4. Les dossiers topographiques ne m'ont pas permis de déterminer la répartition annuelle des surfaces photographiées, si bien que ces prises de vue sont représentées sur le graphique par une unique barre en 1949.

¹⁴⁵³ Voir infra, partie 4, chapitre 3.3.

pour développer les levés aériens, alors que la surface limitée des régions susceptibles d'être couvertes par des levés photographiques terrestres n'avait jamais pu motiver un tel effort¹⁴⁵⁴. Même si le stéréotopographe pouvait être employé indifféremment pour restituer des clichés horizontaux ou verticaux, la complexité de la mise en place spécifique à une orientation et une focale de prise de vue ne permettait pas dans la pratique de l'utiliser pour les photographies terrestres, d'autant que la quantité croissante de clichés aériens à restituer ne laissait jamais un instrument vacant. L'augmentation du besoin en restituteurs sur stéréotopographe, que ce soit pour les opérations elles-mêmes ou pour la formation de nouveaux opérateurs, conjuguée avec les difficultés de recrutement du SGA, rendit sans doute nécessaire l'emploi des restituteurs habituellement affectés à l'unique stéréoautographe que possédait le SGA. Les informations contenues dans les dossiers topographiques sont malheureusement très lacunaires sur les personnes employées à la restitution des clichés terrestres dans les années vingt et trente. Ma base de données, notamment la table *fonction_acteur*, ne permet donc pas de vérifier l'hypothèse intéressante du transfert des restituteurs affectés au stéréoautographe sur un stéréotopographe à la fin des années trente.

Mon hypothèse d'un problème d'équipement instrumental peut être vérifié par la surface annuellement restituée à partir de clichés terrestres ou aériens dans la région couverte par mon corpus (graphique 21). Les besoins de restitution des levés aériens s'accroissent considérablement à partir de 1934, d'autant plus que l'importante augmentation de la surface restituée dans les Alpes du nord n'était qu'une partie des besoins de restitution pour les autres régions françaises. Cet accroissement phagocytait le potentiel de restitution disponible pour les levés terrestres, qui ne put s'affirmer en 1937 qu'avec une baisse sensible des restitutions de levés aériens. Cette année marquait d'ailleurs le suprême effort pour restituer les clichés terrestres en retard : à partir de 1938, la restitution de photographies terrestres fut pratiquement arrêtée, alors que les stéréotopographes étaient presque toujours utilisés à plein régime – pour employer un terme du vocabulaire industriel qui s'imposait au SGA puis à l'IGN –, même pendant l'occupation.

¹⁴⁵⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 3.3.3.3.



Graphique 21 : Evolution de la surface restituées par le SGA dans les Alpes du nord, de 1910 à 1953.

3.1.2.4. La couverture du Mont Blanc, symbole de la généralisation des levés aériens et validation prestigieuse de leur efficacité.

A la fin des années trente, les levés aériens avaient définitivement remplacé les levés photographiques terrestres dans les Alpes, qui furent rapidement couvertes par des photographies aériennes¹⁴⁵⁵. A la même époque, le SGA inscrivit à son programme le levé des feuilles *Saint-Gervais*, *Chamonix* et *Mont-Blanc* de la carte de France, qui représentaient toute la partie française du massif du Mont Blanc¹⁴⁵⁶. En juin 1939, assez tardivement pour profiter d'un enneigement limité tout en conservant une bonne luminosité¹⁴⁵⁷, l'escadrille spécialisée du SGA exécuta la couverture aérienne de la région : embarqué dans un Potez 540, l'équipage survola le massif jusqu'à une altitude de sept mille cinq cents mètres et prit des clichés à l'échelle moyenne de 1 : 22 000 avec un objectif de focale 150 mm. Le SGA prévoyait de dresser une carte au 1 : 10 000 à partir de ces levés¹⁴⁵⁸, si bien qu'entre 1941 et 1944, les clichés furent restitués à cette échelle sur un stéréotopographe Poivilliers type B, avec des courbes de niveau équidistantes de dix mètres tracées même dans les zones rocheuses¹⁴⁵⁹. Aucune préparation ne fut effectuée

¹⁴⁵⁵ Tout comme les Pyrénées, partiellement couvertes pendant la campagne de 1942. DANIEL R.E. Les prises de vues photogrammétriques françaises. *Op. cit.*, p. 18.

¹⁴⁵⁶ DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc à 1 :10 000. *Echanger le mensuel – journal interne de l'IGN*, octobre 1990, p. 1.

¹⁴⁵⁷ La réfraction atmosphérique rendait les clichés peu lisibles quand ils étaient pris durant l'été.

¹⁴⁵⁸ CARBONNEL Maurice. Etude photogrammétrique des glaciers du massif du Mont-Blanc. Etat de la glaciation en 1958. Evolution de 1939 à 1958. *Bulletin d'information de l'AIG*, mars 1966, 12, 34, p. 1.

¹⁴⁵⁹ DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 1.

pour fournir un canevas complémentaire : la restitution se basait entièrement sur les triangulations Vallot et Helbronner, rattachées à la nouvelle triangulation et au nivellement général, et complétées par des cheminements photogrammétriques¹⁴⁶⁰.

Je considère que la programmation de ces opérations ne procédait pas d'une simple coïncidence, mais participait au contraire d'une volonté d'obtenir une validation prestigieuse de l'efficacité des levés aériens. Le rapport d'activité de 1938-1939 affirmait d'ailleurs que, bien que « les photographies prises au-dessus des sommets les plus élevés des Alpes [...] présentèrent de grandes difficultés, [...] leur réussite montra que la photogrammétrie aérienne pouvait désormais supplanter la photogrammétrie terrestre en haute montagne »¹⁴⁶¹ – ce qui, *dans la pratique*, était déjà le cas depuis 1937. Dans le cadre de l'intensification du développement des levés aériens par la direction du colonel Hurault, cette couverture prestigieuse constituait un véritable symbole technique et cartographique. Il s'agissait non seulement de photographier le sommet le plus élevé d'Europe à une époque où le vol à haute altitude présentait encore d'immenses difficultés qui avaient limité le développement des levés aériens à petite échelle, mais aussi de couvrir la région même où les Vallot avaient véritablement démontré le potentiel des méthodes photogrammétriques en France. Dans la logique de l'opposition structurelle que j'ai décrite plus haut¹⁴⁶², j'interprète les levés aériens du Mont Blanc comme la manifestation de la volonté d'affirmer la maîtrise technique du SGA, en même temps que sa domination sur la cartographie de haute montagne après le déclin de l'activité des topographes-alpinistes, en s'attaquant à la pièce maîtresse de leur œuvre.

La couverture aérienne du Mont Blanc restait une entreprise de prestige qui ne répondait à aucun besoin impérieux, si ce n'était celui d'imposer la compétence du SGA. Hurault confirma cette nature strictement prestigieuse quand il décida en 1942 d'exploiter cette couverture pour une carte spéciale au 1 : 10 000 de l'ensemble du massif, présentée dans une facture particulièrement luxueuse (dix ou onze couleurs, doubles estompages, etc.)¹⁴⁶³. Le retard occasionné par la guerre, qui ne permit d'exécuter le complètement sur le terrain qu'au cours de l'été 1949¹⁴⁶⁴, et les lacunes observées dans la restitution, notamment à cause du niveau d'enneigement qui avait gêné le tracé d'une partie des courbes et l'identification de la nature des sols (glacier ou rocher), nécessitèrent deux nouvelles missions aériennes pour assurer la précision qu'exigeait la rédaction d'une telle carte. En 1948, des photographies obliques des sommets furent ainsi prises pour aider à la figuration du rocher, et en septembre 1949, une nouvelle couverture verticale fut exécutée avec un enneigement minimal¹⁴⁶⁵, à l'échelle du 1 : 20 000¹⁴⁶⁶. Malgré l'abandon de sa publication en 1959, avec seulement neuf feuilles éditées sur vingt-quatre initialement

¹⁴⁶⁰ BABY E. La carte du Mont-Blanc au 10 000^e de l'IGN. *La Montagne*, avril-juin 1952, 357, p. 29.

¹⁴⁶¹ Rapp. SGA 1938-39, p. 118.

¹⁴⁶² Voir supra, partie 3, chapitre 2.1.2.

¹⁴⁶³ DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 1.

¹⁴⁶⁴ La 275^e brigade de complètement qui s'en chargea était composée des ingénieurs des travaux géographiques Raymond Dubois et Pierre Charlot, et de l'adjoint technique Robert Carré (d'après le dossier topographique de la feuille Mont Blanc, 3631, conservé à la cartothèque de l'IGN). Voir aussi : DUBOIS Raymond. Année 1949, Chamonix – Mont-Blanc avec les compléteurs. In *La petite compagnie*, *op. cit.*, p. 74-75.

¹⁴⁶⁵ DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 1.

¹⁴⁶⁶ Il s'agit de la mission F 3630-3631/200 Chamonix / Mont Blanc 1949. Les dossiers de la photothèque la signalent à l'échelle du 1 : 20 000, alors que la base de donnée en ligne de l'IGN la donne au 1 : 26 000.

prévues, la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 10 000 s'imposa comme le chef-d'œuvre de l'institut, réalisant la mission de prestige pour laquelle elle avait été conçue, en même temps qu'elle constituait le chant du cygne d'une certaine approche de la cartographie de haute montagne¹⁴⁶⁷.

3.1.3. La couverture aérienne systématique, une ouverture aux applications non topographiques.

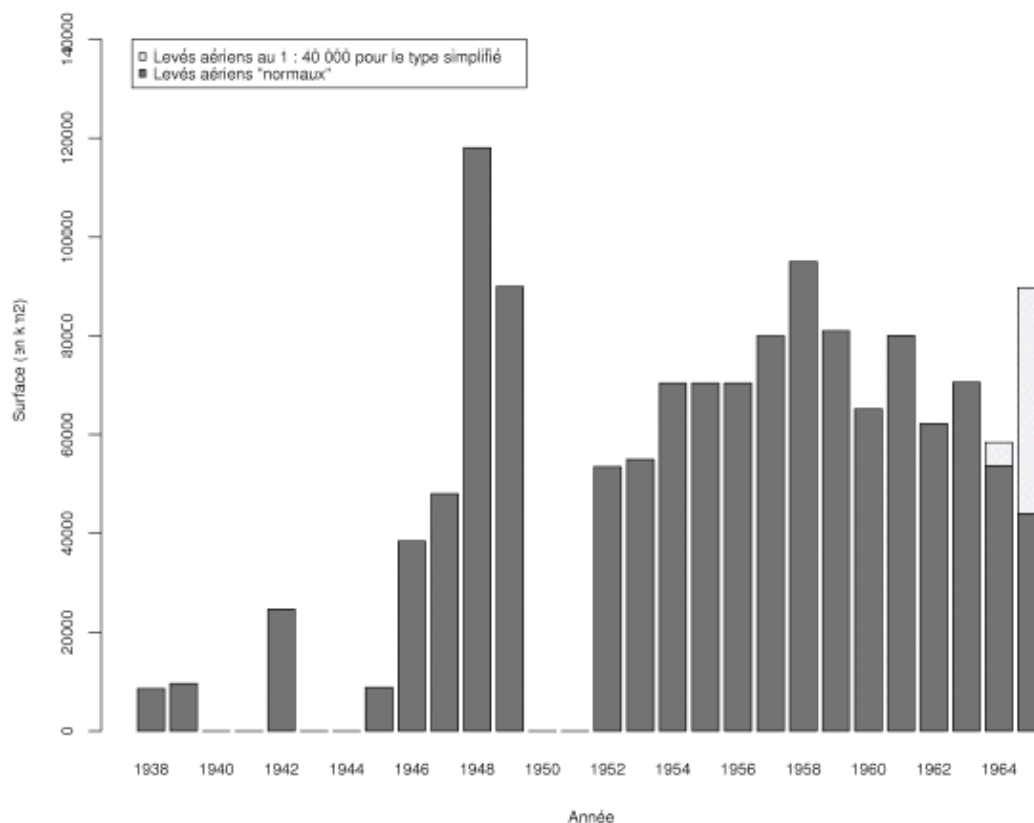
3.1.3.1. Amplification des levés aériens à la fin des années quarante.

La réorganisation de l'escadrille spécialisée par l'IGN se traduit par un effort d'équipement favorisé par un investissement financier conséquent des pouvoirs publics¹⁴⁶⁸. Mais ses effets ne sont perceptibles qu'à partir de la fin des années quarante (graphique 22) : après l'occupation, durant laquelle des levés aériens n'avaient pu être effectués qu'en 1942, les missions reprurent régulièrement dès l'été 1945 et la surface couverte augmenta rapidement. A partir de la fin des années cinquante, les restrictions budgétaires forcèrent l'IGN à diminuer le nombre de missions alors même qu'un matériel et un personnel suffisant était enfin disponible ; mais la persistance des travaux sur commande et l'adoption du 1 : 40 000 pour les levés dans l'ouest de la France¹⁴⁶⁹ permit de maintenir une surface annuellement couverte importante.

¹⁴⁶⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 4.2.4.

¹⁴⁶⁸ Notamment dans le cadre du premier Plan de modernisation et d'équipement (1947-1952) (voir supra, partie 4, chapitres 1.3.1.2 et 3.2.3).

¹⁴⁶⁹ Voir supra, partie 4, chapitre 1.3.



Graphique 22 : Evolution de la surface couverte par les levés aériens du service officiel en France métropolitaine, de 1938 à 1965*.

* Les chiffres sont tirés des rapports d'activité de l'IGN, à l'exception de ceux des années 1947 et 1948 qui ont été pris dans La Nouvelle carte de France au 20 000e (op. cit.) et sont donc à considérer avec précaution, puisque j'ai repéré dans cet ouvrage de « lobbying » une certaine tendance à exagérer des chiffres cités sans référence précise. Pour les années 1950 et 1951, les rapports ne donnent que la surface totale levée, colonies comprises (respectivement 334 000 km² et 179 000 km²) : ces chiffres n'ont donc pas été incorporés dans le graphique.

3.1.3.2. La couverture aérienne systématique, une notion tardive appuyant la rationalisation des levés.

L'amplification des levés aériens permet de couvrir entre la fin de la guerre et le milieu des années cinquante tout le territoire français. Ainsi, le rapport d'activité de l'IGN pour la période 1954-1957 annonçait que la « couverture systématique du territoire français par des

photographies aériennes prises à la verticale à une échelle voisine du 1/25 000, commencée en 1946, [avait] été achevée en 1953 »¹⁴⁷⁰. Mais les levés aériens en France métropolitaine ne furent présentés comme une entreprise de couverture systématique du territoire dans aucun texte officiel de l'IGN. La notion de couverture systématique n'était en fait qu'une construction conceptuelle *a posteriori* sur la base d'un programme de levés aériens exécutés dans le seul objectif d'achever la carte de France. Elle fut formalisée à la fin de 1953, alors que l'IGN disposait enfin de photographies aériennes de l'intégralité du territoire, avec la décision de procéder « systématiquement au renouvellement de la couverture, sur une période de dix ans environ »¹⁴⁷¹, qui marquait le début d'une « deuxième » couverture systématique que les restrictions budgétaires empêchèrent finalement de réaliser dans les délais décidés. La notion de « couverture photographique aérienne systématique » ne fut d'ailleurs définitivement institutionnalisée qu'en 1966, dans le décret portant réorganisation de l'IGN¹⁴⁷².

Cette notion, et surtout la volonté de l'imposer rétrospectivement comme un projet envisagé dès 1946, sont à interpréter d'après moi comme une nouvelle étape dans l'effort de rationalisation et de généralisation des levés aériens. Qu'elle ait été formalisée justement à l'époque où les baisses de crédits entraînaient une diminution de la surface photographiée annuellement montre à quel point elle répondait à la nécessité d'échafauder un plan de travail pour maintenir la cohérence dans une entreprise en crise. Sa définition sur une période de dix ans manifestait d'ailleurs une volonté de planification qui confirmait l'orientation industrielle prise par l'IGN.

3.1.3.3. La diversification des activités aériennes de l'IGN.

La couverture systématique instaurée en 1953 répondait essentiellement au besoin d'une mise à jour régulière de la carte de base dans un pays soumis à une transformation rapide par sa reconstruction et la modernisation de sa société. Ce souci marquait une forme plus radicale de la conception utilitariste de la cartographie qui s'imposait à l'IGN face à la forme plus traditionnelle qui avait dominé jusqu'aux années cinquante, compromis entre fixisme et utilitarisme qui se manifestait dans la volonté d'achever une carte de France homogène – une forme défendue notamment par Hurault lui-même. En effet, la couverture aérienne s'insérait dans une nouvelle organisation de l'équipement géographique national où la carte topographique conservait son rôle central, mais laissait de la place à d'autres media comme les photographies aériennes. Cette mutation avait d'ailleurs été perçue dès l'immédiat après-guerre, puisqu'un Centre de documentation de photographie aérienne (CDPA), géré par l'IGN, avait été créé en avril 1945 pour réunir, conserver et diffuser tous les clichés aériens pris par des services publics¹⁴⁷³. Si cette création répondait surtout aux besoins en photographies aériennes à grande échelle pour la reconstruction, elle officialisait aussi l'accès de la photographie aérienne à un statut de document complémentaire à la carte. En cela, elle rompait d'ailleurs avec l'organisation d'avant-guerre dans laquelle le SGA interdisait la reproduction et la diffusion des clichés qu'il exécutait ou faisait exécuter.

Le développement des utilisations directes des photographies aériennes constitua le principal moteur de l'augmentation régulière des surfaces couvertes annuellement et de

¹⁴⁷⁰ Exp. IGN 1954-57, p. 14.

¹⁴⁷¹ *Ibid.*, p. 14.

¹⁴⁷² Décret n° 66-1034 du 23 décembre 1966 portant réorganisation de l'institut géographique national. Reproduit dans SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 138. Voir aussi infra, « Après 1960... », 1.1.

¹⁴⁷³ Rapp. IGN 1946, p. 31.

la mise en place d'une couverture aérienne systématique. En effet, celles-ci ne pouvaient pas se justifier par les seuls besoins cartographiques, le potentiel de restitution de l'IGN étant insuffisant pour traiter une véritable surproduction de clichés aériens qui ne faisait qu'aggraver le sentiment du retard de la carte de France. Dans les années cinquante, l'accroissement de la proportion des prises de vue à grande échelle, principalement utilisées pour l'aménagement industriel ou urbain, ne marquait pas seulement les difficultés financières de l'IGN qui devait se concentrer sur les travaux spéciaux rémunérés, mais aussi le début d'une diversification de l'emploi des photographies aériennes, qui n'étaient plus uniquement destinées à servir à la réalisation de cartes ou de plans. Les nombreux cours et ouvrages de photo-interprétation publiés à partir des années soixante témoignent de la diffusion de la photographie aérienne comme une source directe pour l'aménagement du territoire, la géographie, l'archéologie, etc.

Au-delà de la seule photographie aérienne, la transformation du Groupe des escadrilles photographiques (GEP) en Service des activités aériennes (SAA) en 1965, reflétait dans sa désignation même la diversification des activités des escadrilles de l'IGN. Ainsi, dès 1960, le potentiel aérien de l'institut n'était consacré que pour 60 % à la prise de vue (qui n'était elle-même pas systématiquement destinée à la réalisation de cartes ou de plans), alors que 20 % était utilisé pour la prospection géophysique, 10 % pour les enregistrements de profil de terrain et 10 % pour des travaux purement scientifiques¹⁴⁷⁴. Pour répondre à de telles augmentations et diversifications de son activité de photographie aérienne, l'IGN dut nécessairement fournir un important effort d'équipement et de normalisation des méthodes qui ne fit qu'affirmer son orientation industrielle.

3.2. La construction d'un potentiel industriel : l'effort d'équipement et de normalisation des procédés de photographie aérienne.

La généralisation des levés aériens dans les années trente, puis la formalisation d'un programme de couverture aérienne systématique du territoire français en 1953, s'inscrivaient dans une volonté d'industrialisation des procédés cartographiques toujours plus affirmée par les directions successives du service cartographique. D'un point de vue technique, cette pression industrielle se traduisait par l'omniprésence des problématiques de productivité que reflétait bien le discours tenu dans les rapports officiels et les notices techniques : l'emploi quasi-systématique des termes « rendement » et « précision » dans les mêmes paragraphes témoignait du compromis permanent fait entre la volonté d'accélérer fortement le rythme des levés de la carte de France et la nécessité, inhérente au paradigme de développement scientifique de la cartographie, de conserver une précision au moins égale aux méthodes précédemment employées. Dans le domaine de la prise de vue aérienne, le souci de rendement se manifesta d'abord dans le développement des levés aux petites échelles au cours des années trente¹⁴⁷⁵. Mais les limitations techniques imposèrent une normalisation de l'échelle du 1 : 25 000, principalement dans les levés de la carte de France. L'effort se porta alors sur la construction d'un potentiel industriel pour la photographie aérienne au sein de l'IGN, qui, par l'importance des investissements, scella les choix techniques et méthodologiques du service cartographique centrés sur le stéréotopographe Poivilliers – jusqu'à son abandon tardif à la fin des années soixante.

¹⁴⁷⁴ Le Service des activités aériennes de l'IGN au 1^{er} juin 1971. *Bulletin d'information de l'IGN*, septembre 1971, 15, p. 7-8.

¹⁴⁷⁵ Les rapports d'activité du SGA et les ouvrages techniques employaient systématiquement le terme de « petites échelles » pour désigner en matière de photographie aérienne les échelles supérieures au 1 : 20 000, bien qu'il s'agisse en matière de cartographie topographique d'échelles généralement qualifiées de « moyenne ».

3.2.1. Réduire l'échelle pour augmenter le rendement : les expérimentations des années trente.

3.2.1.1. Une tentation précoce.

Depuis les débuts de la cartographie topographique scientifique, l'échelle des levés avait toujours fait l'objet de compromis entre la précision et le rendement des opérations, d'autant plus complexes que la réduction du temps nécessaire aux levés n'était pas strictement proportionnelle à l'échelle employée¹⁴⁷⁶. En 1927, le général Bellot avait généralisé à tous les types de terrain l'échelle du 1 : 20 000 pour accélérer les levés de la carte de France. Puisque le développement des levés aériens répondait aussi à ce but, il était logique que le SGA envisage très tôt d'optimiser de la même façon le rendement des levés aériens eux-mêmes. Dès les premiers essais étendus de 1931-1933, la diminution de l'échelle des clichés avait été considérée comme la solution privilégiée pour accélérer la restitution, accroître l'efficacité des missions aériennes et réduire le coût matériel en limitant la consommation de plaques photographiques. Le SGA envisageait d'utiliser des prises de vue au 1 : 30 000 et au 1 : 40 000 pour servir de base à la rédaction de la carte de France au 1 : 50 000¹⁴⁷⁷, une orientation qu'officialisa le programme de 1934¹⁴⁷⁸.

Mais le choix de l'échelle des levés aériens dépendait d'un équilibre délicat entre la surface couverte par chaque cliché, la focale de l'objectif photographique assurant une qualité satisfaisante, le plafond de vol des avions employés et la précision de restitution souhaitée. L'échelle des clichés étant directement fonction de l'altitude et de la focale de prise de vue, le SGA proposa dès 1933 deux approches qui concentrèrent les efforts de recherche des années trente : soit réduire la focale de prise de vue pour couvrir un champ plus large, soit « utiliser le matériel photographique et les appareils de restitution existants, mais [en prenant] les clichés à très haute altitude, de façon à augmenter la surface couverte par chaque couple de photographies »¹⁴⁷⁹.

3.2.1.2. Augmenter l'altitude des prises de vue.

Contrairement à la conception de focale plus courte, les prises de vue à haute altitude avaient l'avantage de pouvoir être expérimentées immédiatement. En 1933, les premiers essais de clichés au 1 : 30 000, pris à une altitude de six mille mètres avec une focale de 200 mm dans le but d'une restitution au 1 : 40 000, furent jugés encourageants, mais les difficultés du vol à haute altitude étaient telles qu'une grande partie des clichés réalisés au cours des essais étendus des années suivantes se révélèrent inutilisables¹⁴⁸⁰. Par exemple, sur les 1 060 km² commandés à la Société générale de phototopographie dans la région de Beauvais en 1935, seuls 160 km² purent être fournis cette année-là, obligeant le SGA à passer un autre marché en 1936¹⁴⁸¹.

¹⁴⁷⁶ Au moment des débats sur les échelles de levé et de rédaction de la carte d'état-major, Puissant avait par exemple défendu le maintien des levés au 1 : 10 000 par l'argument que des levés au 1 : 20 000 étaient loin d'être deux fois plus rapide (voir supra, partie 1, chapitre 2.1.3.3).

¹⁴⁷⁷ Rapp. SGA 1934-35, p. 111.

¹⁴⁷⁸ Voir supra, partie 4, chapitre 3.1.1.

¹⁴⁷⁹ Rapp. SGA 1932-33, p. 88.

¹⁴⁸⁰ Rapp. SGA 1934-35, p. 12.

¹⁴⁸¹ Rapp. SGA 1936-37, p. 41.

Comme le SGA ne possédait aucun moyen de recherche en aéronautique, la viabilité de la solution basée sur l'augmentation de l'altitude de vol reposait uniquement sur les avions dont disposaient les escadrilles employées pour les missions de photographie aérienne. Avant la création de l'escadrille spécialisée en 1938, le plafond de vol des appareils de l'aviation militaire ou des entreprises privées ne permettait pas au SGA d'envisager des missions régulières à plus de six mille mètres d'altitude dans de bonnes conditions pour les prises de vue. A la même époque, la section des instruments d'optiques du SGA avait fait des progrès potentiellement plus intéressants dans la conception d'objectifs à courte focale adaptés à la photogrammétrie, qui firent privilégier la solution photographique pour la diminution de l'échelle des clichés. Mais les missions à haute altitude restaient avantageuses pour la couverture des vastes régions à cartographier dans les colonies, et indispensables pour celle des régions montagneuses¹⁴⁸² : des essais limités continuèrent donc d'être menés ponctuellement par le SGA. Ce ne fut finalement qu'avec l'équipement de la nouvelle escadrille spécialisée en Potez 540 que des levés réguliers à haute altitude purent être sérieusement envisagés : utilisés jusqu'en 1942, ces avions, avec leur plafond de vol de dix mille mètres, permirent notamment d'assurer la couverture photographique du massif du Mont Blanc¹⁴⁸³.

3.2.1.3. Réduire la focale des objectifs.

Avec le progrès des formules optiques et l'augmentation de la sensibilité des plaques photographiques¹⁴⁸⁴, il était devenu envisageable de réduire l'échelle des clichés aériens en diminuant la focale des objectifs utilisés. Au début des années trente, les essais de levés aériens avaient utilisé des photographies au format 13 x 18 cm prises avec l'objectif Olor de 200 mm employé pour les missions des années vingt¹⁴⁸⁵. « La Section des Instruments d'optique [avait] étudié [à partir de 1932] la possibilité d'utiliser dans le matériel Poivilliers un objectif photographique couvrant 13x18 et ayant une distance focale nettement inférieure à 200 mm »¹⁴⁸⁶. Les recherches aboutirent entre 1934 et 1937 à la mise au point successive d'un objectif de 150 mm qui permettait des clichés au 1 : 30 000 à une altitude de quatre mille cinq cents mètres, puis d'un objectif de 128 mm qui faisait descendre cette altitude à trois mille huit cents mètres¹⁴⁸⁷.

Même si les optiques de prise de vue restaient le facteur limitant de la précision de restitution¹⁴⁸⁸, les différents essais donnèrent des résultats jugés satisfaisants sur ce point. Les courtes focales s'avéraient également moins sensibles aux aberrations géométriques

¹⁴⁸² Les prises de vue au 1 : 15 000 avec une focale classique de 200 mm nécessitaient une altitude d'environ trois mille cinq cents mètres au-dessus du terrain photographié, ce qui portait rapidement l'altitude réelle à cinq ou six mille mètres au-dessus des massifs montagneux.

¹⁴⁸³ Voir supra, partie 4, chapitre 3.1.2.4.

¹⁴⁸⁴ Les formules optiques modernes, plus complexes, corrigeaient mieux la distorsion géométrique des objectifs grand angulaire, alors que la sensibilité plus grande des plaques photographiques permettaient d'utiliser une petite ouverture de diaphragme pour limiter la distorsion et améliorer la netteté.

¹⁴⁸⁵ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.3.2.

¹⁴⁸⁶ Rapp. SGA 1934-35, p. 111.

¹⁴⁸⁷ *Ibid.*, p. 111-112.

¹⁴⁸⁸ A la fin des années trente, les travaux de restitution sur plaques photographiques atteignaient une précision de mesure du centième de millimètre au SGA, alors que les objectifs offrant la meilleure résolution se limitaient *théoriquement* au vingtième ou trentième de millimètre. Rapp. SGA 1936-37, p. 110.

et chromatiques¹⁴⁸⁹ que les longues focales, ainsi qu'aux déformations provoquées par les variations thermiques toujours importantes dans les missions aériennes¹⁴⁹⁰. A partir de 1937-1938, l'emploi de l'objectif de 150 mm se généralisa pour réduire systématiquement, quel que soit l'échelle de prise de vue souhaitée, l'altitude de vol afin de faciliter le travail des opérateurs et de limiter l'usure du matériel¹⁴⁹¹. J'explique la mise au point et l'adoption particulièrement rapide de ces objectifs par trois facteurs principaux : l'impulsion considérable donnée par la direction du SGA à la recherche en photogrammétrie aérienne, l'expertise technique en matière d'optique acquise par le SGA depuis la première guerre mondiale, et la fixation précoce du système technique des levés aériens autour du stéréotopographe¹⁴⁹². Cette dernière caractéristique plaçait la section des instruments d'optique face à un problème bien défini, qu'il était possible de résoudre rapidement en s'appuyant sur les progrès de l'optique photographique : en effet, l'optimisation très particulière des objectifs pour une restitution au stéréotopographe permettait de circonscrire plus efficacement les défauts optiques dans une utilisation générale.

Cependant, l'adoption de ces objectifs nécessita d'importantes adaptations de la méthode de levé. Tout d'abord, le grand angle de champ couvert modifiait les conditions de recouvrement des clichés, qui avaient été définies pour « toujours être d'environ 60 % dans une bande et de 10 à 20 % entre bandes voisines »¹⁴⁹³. Le SGA dut changer l'orientation de la chambre de prise de vue pour placer le petit côté parallèle à l'axe de vol : « pour couvrir une même surface, il [fallait] ainsi moins de bandes, mais un plus grand nombre de vues dans chaque bande »¹⁴⁹⁴. Ensuite, l'importante distorsion que conservaient ces deux optiques complexes nécessitait de les « appairer très exactement avec les deux objectifs de restitution »¹⁴⁹⁵ utilisés sur le stéréotopographe, mais leur conception ne permettait plus de modifier cette distorsion comme avec l'objectif Olor¹⁴⁹⁶. Comme l'industrie optique ne pouvait pas fabriquer des objectifs parfaitement identiques, le SGA mit en place un système de classement en fonction de la distorsion pour assurer l'utilisation d'objectifs aux caractéristiques proches pour la prise de vue et la restitution de chaque mission¹⁴⁹⁷. Cet *apairage des distorsions par sélection d'objectif* fut systématisé en 1942 par l'IGN, avec la qualification consciencieuse de chaque objectif à partir d'une série d'essais optiques permettant la détermination d'un graphique de distorsion qui servait à la comparaison des objectifs¹⁴⁹⁸. Enfin, des modifications du stéréotopographe furent également nécessaires¹⁴⁹⁹.

¹⁴⁸⁹ Les photographies étaient prises en noir et blanc, mais les aberrations chromatiques pouvaient influencer sur la netteté ou le contraste des clichés, provoquant des difficultés d'identification.

¹⁴⁹⁰ CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français... *Op. cit.*, p. 49.

¹⁴⁹¹ En particulier, les moteurs d'avion souffraient beaucoup d'une utilisation intensive aux altitudes les plus proches du plafond de vol maximal de l'appareil.

¹⁴⁹² Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.2.5.

¹⁴⁹³ Rapp. SGA 1938-39, p. 119.

¹⁴⁹⁴ Rapp. SGA 1938-39, p. 120.

¹⁴⁹⁵ Rapp. SGA 1934-35, p. 111.

¹⁴⁹⁶ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.3.2.

¹⁴⁹⁷ CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français... *Op. cit.*, p. 51.

¹⁴⁹⁸ DANIEL R.E. Les résultats obtenus en France en matière de stéréophotogrammétrie aérienne aux échelles topographiques. *Bulletin de l'AIG*, juin 1947, 5, p. 26.

3.2.2. Les limites de la normalisation des échelles de levés aériens.

3.2.2.1. Le rejet des petites échelles : l'adoption du 1 : 25 000 comme échelle optimale pour les levés aériens.

Entre 1933 et 1937, les essais de levés aériens aux petites échelles visaient à déterminer l'échelle permettant d'« obtenir un rendement intéressant » tout en veillant à ne « pas être trop petite afin que tous les détails intéressants restent visibles »¹⁵⁰⁰. Mais les possibilités restaient encore confuses : certains spécialistes affirmaient qu'il était difficile de dépasser le 1 : 30 000 sans perdre trop de détails¹⁵⁰¹, d'autres que le 1 : 40 000 seraient sans doute suffisant pour les levés de la carte au 1 : 50 000¹⁵⁰². Le développement des levés, la formation de l'escadrille spécialisée, et les perfectionnements apportés aux objectifs et au stéréotopographe, permirent de définir plus clairement les progrès envisageables dans l'altitude de prises de vue et la précision de restitution des clichés. Mais la généralisation des levés aériens nécessitait un effort de normalisation des méthodes, notamment dans les échelles employées. En 1938-1939, les spécialistes du SGA affirmaient qu'« en l'état actuel des choses, [...] le pouvoir séparateur de l'objectif et la finesse de l'émulsion ne permettraient pas d'exploiter, de façon satisfaisante, des clichés aériens à une échelle inférieure au 40.000^e, sous peine de laisser échapper de nombreux détails planimétriques intéressants »¹⁵⁰³.

Jusqu'en 1938, l'inadaptation des avions et l'inexpérience des équipages empêchait la navigation de précision capable d'assurer une échelle de prise de vue régulière, si bien que celle-ci variait entre le 1 : 20 000 et le 1 : 30 000, parfois parmi les clichés d'une même mission. La régularité supérieure des prises de vue effectuées par la nouvelle escadrille spécialisée et le retour à une conception des levés aériens pour la réalisation de la carte au 1 : 20 000, et non plus au 1 : 50 000, favorisèrent une normalisation *officieuse* à une échelle moyenne : d'après le rapport d'activité de 1939, « l'échelle normalement utilisée [semblait] être dorénavant voisine du 25.000^e »¹⁵⁰⁴. Durant l'occupation, les premières missions de l'IGN en France métropolitaine reprirent cette même échelle, mais ce ne fut qu'après la seconde guerre mondiale que le 1 : 25 000 fut officiellement adopté pour tous les levés aériens destinés aux cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000. Bien qu'inférieur à celui envisagé avec l'adoption du 1 : 30 000 ou du 1 : 40 000, l'impact du changement d'échelle sur le rendement des levés aériens n'était pas négligeable : en moyenne, une feuille au 1 : 50 000 était restituée avec cent quarante couples de clichés au 1 : 25 000, contre deux cent quarante couples au 1 : 20 000¹⁵⁰⁵.

3.2.2.2. Une normalisation plus tardive dans la pratique.

¹⁴⁹⁹ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.3.2.

¹⁵⁰⁰ Rapp. SGA 1934-35, p. 49-50.

¹⁵⁰¹ Rapp. SGA 1932-33, p. 88.

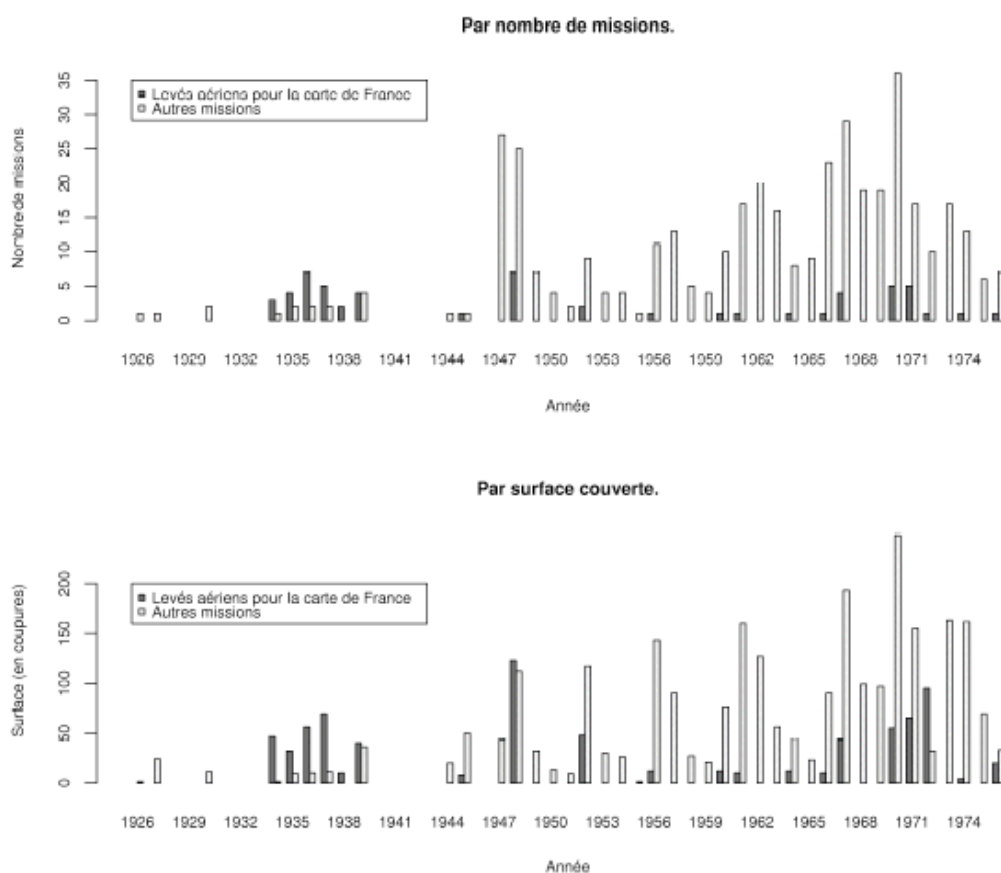
¹⁵⁰² *Ibid.*, p. 111-112.

¹⁵⁰³ Rapp. SGA 1938-39, p. 119.

¹⁵⁰⁴ *Ibid.*, p. 120.

¹⁵⁰⁵ DANIEL R.E. Les résultats obtenus... *Op. cit.*, p. 26.

Dans la pratique, la situation était en fait plus complexe. Une différence importante doit être faite entre les missions aériennes explicitement destinées à être restituées pour dresser la carte de France (que je qualifierai de « levés pour la carte de France ») et les missions complémentaires effectuées, soit pour la restitution planimétrique des agglomérations, soit pour les besoins de certains services publics, soit pour diverses autres raisons, qui étaient ponctuellement exploitées pour la rédaction des feuilles de la carte de France (complètement de la restitution d'une mission exécutée dans de mauvaises conditions, aide à la représentation des zones à planimétrie dense comme les villes ou à relief complexe comme certains glaciers ou massifs touristiques). Le graphique suivant illustre le développement de ces deux types de missions dans la zone couverte par mon corpus (graphique 23). Dans les années trente, les levés de la carte de France étaient plus nombreux et couvraient une surface plus importante, selon moi essentiellement parce que le SGA ne faisait effectuer des missions que pour son propre compte et qu'il privilégiait l'achèvement de cette carte. Mais à partir des années quarante, les levés de la carte de France furent moins importants que les autres levés, tant en nombre qu'en surface couverte, en particulier à partir des années cinquante quand les problèmes budgétaires de l'IGN le poussèrent à augmenter la part des travaux sur commande, spécialement dans les levés aériens.

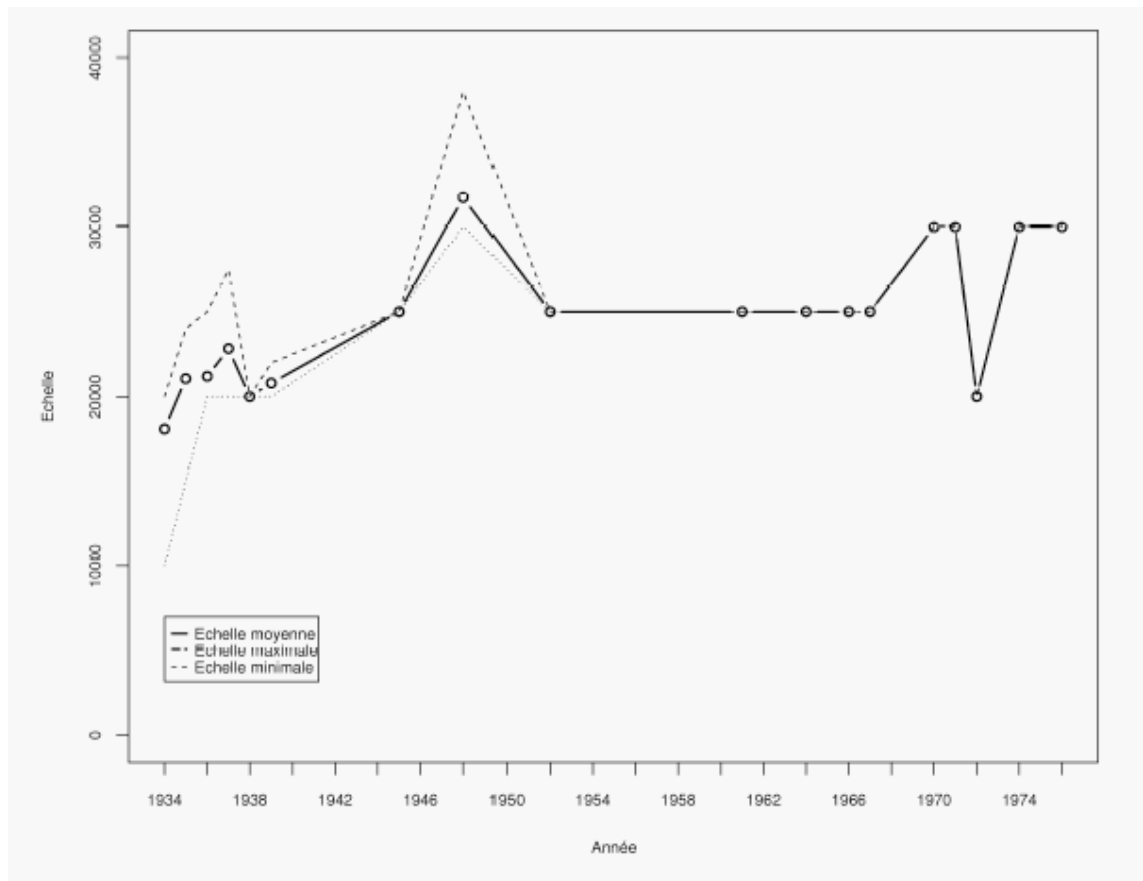


Graphique 23 : Répartition des types de missions aériennes effectuées dans les Alpes du nord, entre 1926 et 1976*.

* La différenciation entre les deux types de missions est faite dans la base par recoupement avec les données de restitution contenues dans la table fonction_acteur : en effet, les feuilles de restitution dépouillées dans les dossiers topographiques ne comportaient dans l'immense majorité des cas que les références des missions aériennes officielles de la carte de France, même si d'autres missions avaient été utilisées ponctuellement pour restituer certaines zones.

Le graphique suivant représente l'évolution des échelles employées pour les missions aériennes spécialement destinées à la carte de France (graphique 24). La diminution des échelles entre le début des levés aériens et le milieu des années cinquante est très nette. Le pic de 1948 correspond à une mission exceptionnelle d'intérêt militaire, exécutée à une échelle variant entre le 1 : 20 000 et le 1 : 40 000 le long de la frontière des Alpes. Après les années quarante s'observe une régression à la moyenne qui souligne la diminution du spectre des échelles employées : à partir de 1952, les différentes missions effectuées la même année utilisaient systématiquement la même échelle, généralement le 1 : 25 000 qui

mit donc, dans la pratique, presque quinze ans à s'imposer après sa définition officielle comme échelle normale pour les levés aériens à la fin des années trente. J'explique ce retard dans une normalisation pourtant souhaitée, par des raisons techniques de maîtrise de l'altitude de vol et par des raisons conjoncturelles liées aux besoins et conditions spécifiques des périodes de guerre, d'occupation et de reconstruction.

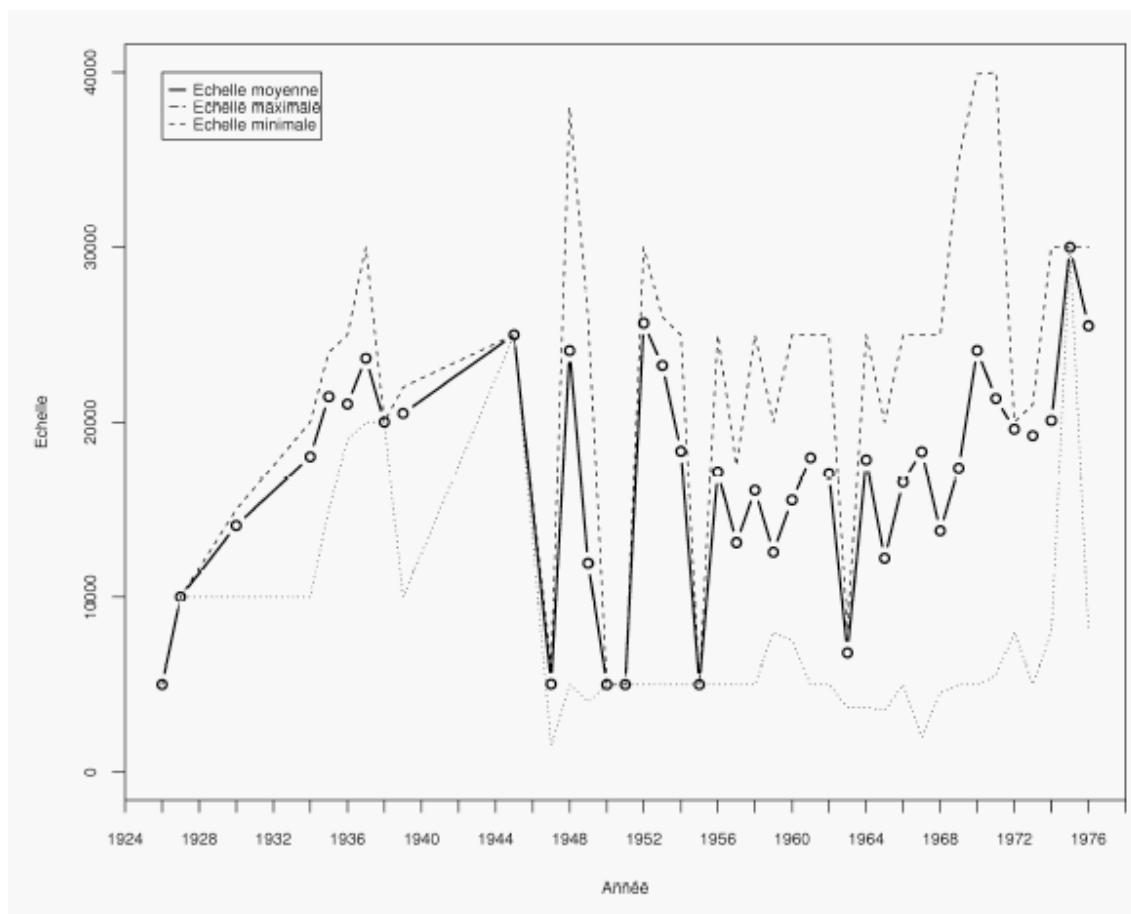


Graphique 24 : Evolution des échelles des missions aériennes signalées sur les feuilles de restitution dans les dossiers topographiques concernant les Alpes du nord, de 1934 à 1976.

3.2.2.3. Une normalisation limitées aux levés de la carte de France.

Le graphique suivant montre l'évolution des échelles de *tous* les levés aériens du SGA et de l'IGN concernant la zone couverte par mon corpus – levés de la carte de France inclus (graphique 25). La tendance à la diminution des échelles est là aussi observable, mais elle est beaucoup plus lente, et marquée par des variations périodiques importantes à partir de l'après-guerre. De plus, le spectre des échelles utilisées est beaucoup plus étendu. J'explique ces caractéristiques par l'extrême diversité des besoins auxquels répondaient les

levés aériens du service cartographique officiel, spécialement après son passage dans le domaine civil et son ouverture commerciale aux travaux commandés : l'évolution constante de ces besoins ne permettait pas une normalisation aussi poussée que pour les réalisations à échelle fixe qu'étaient les cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000.



Graphique 25 : Evolution des échelles des missions aériennes couvrant les Alpes du nord, de 1926 à 1976.

Jusqu'aux années soixante-dix, l'échelle moyenne des levés aériens était généralement inférieure à 1 : 20 000 et l'échelle maximale coïncidait systématiquement avec celle des levés de la carte de France quand il y en avait eu durant l'année. Cette opposition entre l'échelle réduite et normalisée des levés dits « de vocation »¹⁵⁰⁶ et les échelles grandes et diverses des levés de service montre les difficultés qu'éprouvait l'IGN à concilier la nécessité de rendement imposée par sa situation financière avec le développement

¹⁵⁰⁶ Le terme ne fut systématiquement employé pour la couverture aérienne nécessaire à la carte de France qu'à partir des statuts de 1966 qui incluaient pour la première fois les levés aériens dans la mission de vocation de l'IGN (voir infra, « Après 1960... », 1.1).

scientifique de la cartographie imposant une augmentation de la précision et donc de l'échelle de représentation, notamment pour répondre aux besoins de l'industrialisation et de la modernisation de la société française après la deuxième guerre mondiale. L'importante diminution des échelles des levés aériens entre la fin des années soixante et la fin des années soixante-dix, particulièrement nette sur les courbes des échelles moyennes et minimales, correspond au remplacement des plaques de verre par des films¹⁵⁰⁷. Ce changement technique fondamental marquait la volonté de l'IGN de réussir le difficile compromis entre productivité et précision, mais il remettait aussi en cause le système technique centré sur le stéréotopographe autour duquel l'IGN avait construit tout son potentiel aérien depuis la fin de la guerre.

3.2.3. La construction d'un potentiel aérien basé sur le stéréotopographe.

3.2.3.1. La place centrale du stéréotopographe Poivilliers.

Après la période d'expérimentation et de formalisation des levés aériens des années trente, la reprise des missions en France après la seconde guerre mondiale fut dominée par l'effort d'équipement de l'escadrille et des ateliers de restitution de l'IGN, favorisé par la dynamique d'industrialisation de la reconstruction qui permit à l'institut de disposer d'un budget conséquent pour accroître son potentiel en photogrammétrie aérienne. Nous avons déjà vu que le stéréotopographe Poivilliers avait été imposé au cœur du processus de levés aériens par le SGA au début des années trente¹⁵⁰⁸, constituant un système technique stable que l'effort d'instrumentation des années quarante ne fit que confirmer.

Jusqu'en 1938, le SGA ne disposait que de trois stéréotopographes type A, dont deux seulement étaient utilisés par la section de topographie, le troisième servant à la section des instruments d'optique pour ses diverses études¹⁵⁰⁹. Comme pour les photographies terrestres, le SGA se trouva dès 1935 dans l'obligation de sous-traiter une partie de son travail de restitution à la Société française de stéréotopographie (SFS). Sous l'impulsion de Hurault, l'industrialisation des levés aériens se traduisit par l'amorce d'une politique d'investissements conséquents en matière d'instruments de restitution, à la fin des années trente. Dès 1938, le SGA passait commande de plusieurs stéréotopographes type B, dont huit exemplaires étaient livrés par la SOM dès la fin de l'année¹⁵¹⁰. L'effort d'instrumentation fut amplifié après la guerre : en 1944, l'IGN possédait vingt-trois stéréotopographes, dont quatorze type B et sept type C¹⁵¹¹, et en 1949, cinquante type B¹⁵¹².

Cet effort d'équipement et la nécessaire formation de nombreuses équipes de restitution représentaient un investissement financier et temporel trop important pour être remis en cause. Pourtant, alors que les problématiques industrielles s'imposèrent dans tous les domaines de l'activité de l'IGN au cours des années cinquante et soixante, le choix du stéréotopographe continua d'être justifié par des critères strictement techniques. L'impossibilité de restituer des clichés sur film n'était pas encore présentée comme une limitation, puisque l'utilisation de plaques photographiques permettait une précision dont

¹⁵⁰⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.4.

¹⁵⁰⁸ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.2.

¹⁵⁰⁹ Rapp.S GA 1936-37, p. 86.

¹⁵¹⁰ Rapp. SGA 1938-39, p. 113-114.

¹⁵¹¹ Sans compter le type A de démonstration et le type C de l'ENSG. Rapp. IGN 1943-44, p. 75.

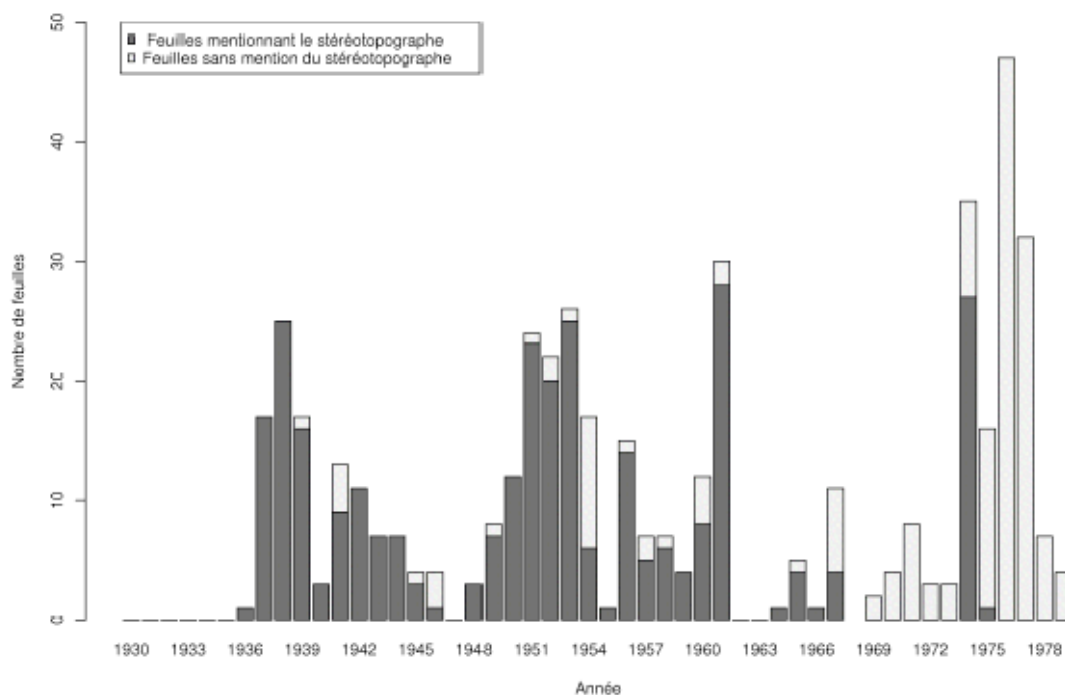
¹⁵¹² SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit.*, p. 29.

se vantait l'IGN et un rendement qui se révélait supérieur ou égal aux autres procédés employés en Europe, du moins dans des conditions particulières qui ne s'appliquaient pas forcément aux levés réguliers¹⁵¹³ et en négligeant la question du prix des plaques elles-mêmes. Alors qu'à partir de 1950, l'emploi de la chambre automatique à film avait été généralisé dans les colonies pour de strictes raisons de rendement, son adoption pour les levés réguliers en France ne fut jamais sérieusement envisagée : le discours officiel justifiait le maintien des prises de vue sur plaque par la persistance des défauts de stabilité dimensionnelle du film et la nécessité de transformer les clichés sur film en des clichés sur plaque pour les restituer au stéréotopographe.

Au-delà de son utilisation quasi-exclusive dans les ateliers de restitution de l'IGN, je pense que le stéréotopographe Poivilliers avait acquis une dimension symbolique qui dépassait le cadre restreint des spécialistes de la photogrammétrie aérienne. La mention régulière de son nom dans le péri-texte éditorial des feuilles publiées par le SGA et l'IGN en est un excellent indicateur. Alors que les indications sur les levés utilisées pour dresser les feuilles ne citent jamais d'autres instruments, se contentant de spécifier parfois la méthode utilisée (« stéréotopographie », « levés sur le terrain »), elles mentionnent très souvent des levés « restitués au stéréotopographe Poivilliers ». Le graphique suivant montre l'évolution du nombre de feuilles de mon corpus faisant référence à cet instrument (graphique 26) : jusqu'à la fin des années soixante, elles constituent l'immense majorité des feuilles donnant des indications sur les levés aériens. Ce n'est qu'au cours des années soixante-dix que ces mentions disparaissent au profit d'indications plus générales (« levés photogrammétriques aériens »), témoignant de changements profonds qui remirent en cause tout le processus de levés aériens basé sur le stéréotopographe¹⁵¹⁴.

¹⁵¹³ Voir notamment le résultat d'un concours international de photogrammétrie, créé sous l'impulsion de Poivilliers et Hurault (qui le conçurent probablement comme une manière de valider leur choix technique) à la Société internationale de photogrammétrie : Les essais contrôlés internationaux dans le domaine photogrammétrique (1954-1955). Exp. IGN 1954-57, p. 59-64.

¹⁵¹⁴ Voir infra, partie 4, chapitre 3.2.4.



Graphique 26 : Référence au stéréotopographe Poivilliers sur les feuilles couvrant les Alpes du nord, publiées par le SGA et l'IGN et mentionnant les levés aériens, de 1936 à 1980.

3.2.3.2. Les perfectionnement du stéréotopographe.

Au cœur du système technique des levés aériens du SGA puis de l'IGN, l'instrument de Poivilliers connut une série de perfectionnements linéaires qui s'inscrivaient dans l'orientation industrielle du service cartographique, mais ne remettaient jamais en cause les choix techniques initiaux – en particulier l'emploi exclusif des plaques photographiques. Au début de sa généralisation pour la restitution des clichés aériens, le stéréotopographe n'avait pas encore les caractéristiques définitives propres à une exploitation industrielle, permettant entre autre son utilisation par des opérateurs peu qualifiés. En effet, les stéréotopographes type A dont disposait le SGA recevaient encore régulièrement de petits perfectionnements, ce qui non seulement les rendait indisponibles pour le travail de restitution pendant de courtes périodes, mais empêchait aussi la formalisation de la méthode de restitution puisque le maniement de chaque appareil différait légèrement. De plus, leurs caractéristiques mêmes se révélèrent rapidement insuffisantes pour une exploitation intensive avec des objectifs de petite focale. En particulier, le fusionnement stéréoscopique s'avérait délicat et fatigant à obtenir.

A la demande du SGA, Poivilliers et la SOM mirent à l'étude un nouveau stéréotopographe *type B*¹⁵¹⁵, qui conservait le principe de base de l'instrument, mais l'adaptait à une utilisation avec des courtes focales et à une exploitation plus intensive,

¹⁵¹⁵ Malgré la désignation identique, ce modèle n'est pas le même que le type B, version simplifiée du type A, conçu par Poivilliers dans les années vingt (voir supra, partie 4, chapitre 2.3.2.3) : il constituait au contraire un perfectionnement du type A.

notamment par une modification complète de la construction des commandes¹⁵¹⁶. La rapidité avec laquelle furent livrés les premiers exemplaires du type B témoignait du passage dans une logique industrielle qui imposait un équipement conséquent et normalisé. Au cours de la guerre, un type B perfectionné, aussi appelé *type BP*, fut mis au point, qui connut des améliorations fonctionnelles régulières, par exemple, en 1946 : « dispositif de double commande du coordinatographe, relevage du stylet, installation d'un stéréoscope à planchette inclinable sur le coordinatographe, etc... »¹⁵¹⁷ Il demeura le plus utilisé pour la restitution des levés à grande échelle, bien qu'un type C et un type D furent également conçus au cours des années quarante : plus simple, le type D était essentiellement « destiné à la restitution des clichés pris outre-mer avec des chambres métriques de focale quelconque »¹⁵¹⁸, même s'il fut également utilisé pour les levés de la France métropolitaine. Quelques-unes des modifications que connut le stéréotopographe furent imposées par les changements techniques dans la prise de vue aérienne, par exemple après l'adoption des nouveaux objectifs de focale 125 ou 150 mm, mais dans la majorité des cas, ce fut l'instrument de Poivilliers qui imposa les choix techniques du service cartographique dans les domaines de l'aéronautique et de la photographie – preuve une fois encore de la place centrale qu'il occupait dans le processus de levé aérien du service.

3.2.3.3. L'équipement aéronautique.

Dès la fin des années trente, les besoins aéronautiques de la photographie aérienne étaient parfaitement définis. En 1949, Jean Cruset en donnait un résumé particulièrement clair¹⁵¹⁹. L'échelle du 1 : 25 000 qui tendait à se généraliser pour les levés de la carte de France nécessitait dans la plupart des cas de voler à une altitude de quatre mille mètres si les clichés étaient pris avec la focale de 150 mm. La navigation précise nécessaire au bon recouvrement des clichés demandait « un avion stable [et] un équipage comportant au minimum un pilote, un navigateur, un photographe, un mécanicien et par raison de sécurité, un radio »¹⁵²⁰. L'appareil devait également proposer un grand rayon d'action et une carlingue suffisamment large pour le matériel photographique, d'autant plus que le stéréotopographe ne fonctionnait qu'avec des clichés sur plaque de verre. Ces caractéristiques favorisèrent jusqu'à la fin des années cinquante l'emploi quasi-exclusif de bombardiers aménagés.

A sa création en 1938, l'escadrille spécialisée du SGA avait été dotée de trois avions Potez 540, des bombardiers bimoteurs légers bien adaptés aux missions photographiques qui furent utilisés jusqu'aux derniers levés aériens de l'occupation en 1942. Quand l'IGN entreprit de reconstituer une section de photographie aérienne à la libération, il fut surtout confronté au problème de son équipement, puisque la nouvelle escadrille reprit les bases de la convention établie en 1941 avec le ministère de l'Air et récupéra une grande partie de son personnel. Mais les autorités publiques manifestèrent une forte volonté d'investissement dans la photographie aérienne, qui se traduisit par l'entière affectation à l'IGN de l'aéroport de Creil, un terrain de fortune qui permit cependant de rationaliser l'organisation des missions et l'entretien des appareils, par l'augmentation du personnel, passant à trente-deux agents dont quatre équipages complets en 1947, et par la mise à l'étude d'une version

¹⁵¹⁶ Rapp. SGA 1938-39, p. 113-114.

¹⁵¹⁷ Rapp. IGN 1946, p. 53.

¹⁵¹⁸ Rapp. IGN 1948, p. 64.

¹⁵¹⁹ CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français... *Op. cit.*, p. 46-47.

¹⁵²⁰ *Ibid.*, p. 46.

dérivée du quadrimoteur SE 1000, spécialement adaptée à la photographie aérienne : le SE 1010.

Mais cette volonté fut rapidement confrontée aux difficultés financières et techniques. Pour assurer provisoirement ses levés, l'IGN avait reçu en 1945 et 1946 trois avions Siebel NC 701, notoirement inadaptés à la photographie aérienne¹⁵²¹. Ils permirent de reprendre brièvement les levés aériens, jusqu'à ce qu'une série d'accidents diminue le potentiel aérien de l'IGN : entre 1946 et 1947, deux des trois avions s'écrasèrent, le deuxième accident tuant les six membres d'équipage¹⁵²². En même temps, le premier prototype du SE 1010 s'écrasait lors de son second vol d'essai, entraînant l'abandon du projet de construction. Pour la couverture des colonies et des régions montagneuses, l'IGN avait obtenu la construction de quatre avions dérivés du bombardier Léo 45¹⁵²³. Si cet investissement parut toujours insuffisant à la direction de l'institut, il restait important compte tenu des circonstances (en particulier la pénurie en moteurs d'avion), et je pense qu'il témoignait de la volonté intacte des autorités de soutenir le développement de la photogrammétrie aérienne.

Cependant, l'insuffisance de l'équipement restait critique pour assurer l'ambitieux programme de levés établi par la direction de l'IGN. En 1947, l'institut acquit quatre B-17 américains, présentés comme les « seul[s] avion[s] répondant alors aux exigences de la photographie aérienne »¹⁵²⁴, même si, la cabine n'étant pas pressurisée, les opérateurs devaient porter des masques à oxygène au-dessus de trois mille cinq cents mètres. Avec la livraison des premiers Léo, l'IGN vit son potentiel aérien s'accroître significativement à la fin des années quarante : entre 1947 et 1951, il disposa de quatre Léo 453 et cinq Léo 455, qui cumulèrent quatre mille cinq cents heures de vol¹⁵²⁵, alors qu'il avait acquis huit nouveaux B-17 en 1949. Les restrictions budgétaires des années cinquante et soixante stabilisèrent ce potentiel. Malgré la conception en 1959 d'une version photographique du bimoteur Hurel-Dubois HD 34, spécialement adapté aux missions à basse altitude et grande échelle, l'utilisation de certains des B-17 jusqu'en 1990¹⁵²⁶ souligne les difficultés financières de l'institut pour renouveler son équipement, mais aussi les difficultés techniques pour adapter des appareils aux besoins complexes de la prise de vue aérienne, aggravées par l'emploi prolongé des plaques de verre imposé par l'utilisation du stéréotopographe.

3.2.3.4. L'équipement photographique.

L'effort d'équipement en matériel photographique fut sans doute moins spectaculaire que le développement du matériel aéronautique, mais il ne fut pas moins important dans l'accroissement du potentiel de l'IGN en photographie aérienne. Sa première manifestation fut le développement de nouveaux objectifs. L'IGN engagea rapidement des études pour « réaliser une série d'objectifs rigoureusement identiques, ce qui faciliterait

¹⁵²¹ En plus d'une conception impropre à l'utilisation de grandes chambres photographiques, il disposait d'un rayon d'action et d'un plafond de vol insuffisants, ce dernier ne dépassant pas cinq mille mètres dans la pratique.

¹⁵²² Rapp. IGN 1947, p. 2.

¹⁵²³ Le nom « Léo » dérivait du nom de l'entreprise « Loire et Olivier », qui donnait des références d'avion en « LO ».

¹⁵²⁴ Le Service des activités aériennes ... *Op. cit.*, p. 4.

¹⁵²⁵ La photographie aérienne. *IGN Magazine*, septembre-octobre 2001, p. 9.

¹⁵²⁶ A cette date, tous les B-17 réunis avaient cumulé 53 884 heures de vol, mais le prix du carburant les rendait définitivement non rentables. *Ibid.*, p. 9.

considérablement l'exploitation photogrammétrique des clichés »¹⁵²⁷ en supprimant l'étape complexe de l'apairage. Selon moi, ce souci de normalisation des objectifs témoignait encore une fois de la volonté d'industrialisation des procédés de photogrammétrie aérienne, en essayant de limiter le plus possible les manipulations complexes afin d'augmenter le rendement. Mais une régularité de fabrication satisfaisante ne put être obtenue que par la mise au point d'un nouvel objectif : la conception de l'Aquilor de focale 125 mm permettait une fabrication avec un haut taux de réussite¹⁵²⁸ et une différence de distorsion entre deux objectifs singulièrement limitée¹⁵²⁹. Egalement construit en focale 150 et 200 mm, l'Aquilor fut généralisé à la fin des années quarante. Le gain en netteté n'était cependant pas significatif : cette évolution de l'équipement photographique s'inscrivait donc clairement dans la seule problématique de la productivité, qui avait d'ailleurs initialement motivé ces recherches en optique.

La même problématique avait inspiré des recherches sur l'automatisation des prises de vue. Dès 1937, des « chambres semi-automatiques » étaient expérimentées dans l'objectif explicite de « permettre l'utilisation en toutes circonstances par des opérateurs même non entraînés »¹⁵³⁰, en même temps que des chambres entièrement automatiques commençaient à être étudiées par l'IGN, la SOM et Poivilliers. Leur utilisation pour les levés aériens de l'institut se généralisa à partir de la fin des années quarante, s'inscrivant ensuite dans une série de perfectionnements linéaires pour adapter les chambres aux progrès de l'optique ou aux modifications du stéréotopographe. Avec l'essor considérable des applications de la photographie aérienne, d'autres entreprises avaient développé des solutions pour la prise de vue, mais celles-ci étaient majoritairement basées sur l'emploi d'émulsion sur film : jusqu'aux années soixante, l'IGN privilégia toujours la prise de vue sur plaques – du moins pour les levés de la carte de France – et son équipement resta essentiellement constitué d'appareils construits en collaboration avec la SOM (renommée plus tard SOPELEM). Il continua également de mener des recherches pour augmenter la précision de la restitution, notamment par la garantie d'une meilleure planéité des clichés, mais avant la fin des années soixante, aucune innovation ne vint remettre en cause la place centrale du stéréotopographe dans le système technique des levés aériens de l'IGN.

3.2.4. La fin du système technique du stéréotopographe : l'adoption du film à la fin des années soixante.

3.2.4.1. Un discours confus masquant des considérations essentiellement économiques.

Le développement des utilisations directes des photographies aériennes et les difficultés financières de l'IGN modifièrent profondément sa perception traditionnelle de la prise de vue aérienne sur film. Alors que l'efficacité supérieure du couple stéréotopographe / plaque photographique avait été systématiquement défendue jusqu'au début des années soixante, l'emploi du film commença à être présenté comme une solution pour augmenter le rendement et diminuer le coût des supports à partir des années soixante. Ainsi, quand

¹⁵²⁷ Rapp. IGN 1945, p. 45.

¹⁵²⁸ Cruset souligne qu'une trentaine d'objectifs sur les 45 essayés furent acceptés par l'I.G.N., alors que, par exemple, seulement deux objectifs Metrogon de Bausch and Lomb sur un lot d'une centaine avaient accepté aux Etats-Unis, avec les mêmes exigences qu'en France.

¹⁵²⁹ CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français... *Op. cit.*, p. 52-53.

¹⁵³⁰ Rapp. SGA 1936-37, p. 109.

l'IGN engagea en 1964 des essais de levés au 1 : 40 000 pour accélérer la réalisation de la carte de France dans l'ouest du pays¹⁵³¹, ceux-ci furent exécutés avec une chambre à film de format 19 x 19 cm. L'objectif Aquilor de 125 mm utilisé donna de mauvais résultats de restitution à cause de sa résolution insuffisante ; pourtant, ces critères techniques ne modifièrent pas la reconstruction du discours qui s'opérait alors parmi les spécialistes de la photographie aérienne de l'IGN.

Je trouve cette reconstruction particulièrement intéressante à étudier. Le changement de l'opinion sur l'utilisation du film est très perceptible entre la fin des années cinquante et le milieu des années soixante. Ainsi, en 1969, c'est-à-dire après l'adoption définitive du film, Maurice Carbonnell publia dans le *Bulletin d'information de l'IGN* un article présentant toutes les raisons pour lesquelles les films pouvaient *enfin* remplacer les plaques¹⁵³². Il présentait ce changement comme une conséquence directe de progrès techniques très récents, en surestimant les études menées par l'IGN au sein d'un domaine de la recherche cartographique dont l'institut était en fait pratiquement absent. Par exemple, Carbonnell soulignait qu'en 1968 l'IGN avait déjà effectué 71,4 % de ses prises de vue sur film, sans préciser qu'il s'agissait de missions effectuées soit à l'étranger, soit en France dans le cadre d'une simplification de la carte de France qui focalisait l'opposition des utilisateurs et du personnel de l'institut lui-même.

L'adoption du film par l'IGN procédait en fait essentiellement de déterminants économiques. Les arguments techniques avancés dans le discours officiel n'étaient le plus souvent qu'une pseudo-justification (les chambres à film modernes assurent une planéité égale à celle des chambres à plaque), parfois un simple compromis (la stabilité dimensionnelle des films en polyester est presque égale à celle des plaques de verre), le plus souvent la traduction technique de problématique financière (la netteté supérieure des films permet d'envisager une réduction de l'échelle des levés, c'est-à-dire une augmentation de leur rendement). Le prix très inférieur des films¹⁵³³ fut le seul argument explicitement économique d'une décision justifiée par des raisons techniques mais imposée pour des considérations essentiellement financières.

Cette confusion du discours était entretenue par un argumentaire technique fragile (le film est équivalent, sans être supérieur, aux plaques) et une justification économique qui ne pouvaient ni l'un, ni l'autre, s'inscrire dans le paradigme du développement scientifique de la cartographie. D'après moi, elle procédait essentiellement de la situation de l'IGN, pris au piège de sa propre rhétorique : le service cartographique officiel ayant systématiquement mis en avant sa capacité à adopter des techniques prometteuses, il ne pouvait justifier l'adoption tardive du film ni par sa supériorité, ce qui aurait impliqué qu'il avait « manqué le coche », ni par des critères purement économiques, ce qui aurait sous-entendu une potentielle perte de précision à laquelle s'étaient opposés les utilisateurs et le personnel de l'IGN au moment de l'adoption du type 1968 simplifié.

3.2.4.2. Un changement brutal.

Finalement, l'adoption définitive du film fut aussi brutale que le discours justificatif était confus. Les premiers véritables essais systématiques sur l'utilisation du film pour des levés

¹⁵³¹ Voir supra, partie 4, chapitre 1.3.2.

¹⁵³² CARBONNELL Maurice. Emploi des chambres à film pour les couvertures photographiques aériennes. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1969, 9, p. 12-13.

¹⁵³³ En partie dû au désintérêt des entreprises pour la production de plaques photographiques qui n'étaient pratiquement plus utilisées, ce qui provoquait une hausse de leur prix.

photogrammétriques de précision ne furent engagés par l'IGN qu'en 1968. Des levés comparatifs furent exécutés sur la feuille de Charlieu avec trois chambres de prises de vue différentes (19 x 19 à plaques avec objectif Aquilor, 24 x 24 à film avec objectif Pleogon et Wild RC8 24 x 24 avec objectif Aviogon), à trois échelles différentes (1 : 25 000, 1 : 30 000, 1 : 40 000), et restitués avec deux appareils différents, le stéréotopographe BP et le nouveau Presa de la société française Sopelem qui permettait la restitution directe des clichés sur film¹⁵³⁴. Les spécialistes de l'IGN jugèrent que le meilleur résultat avait été obtenu avec l'objectif Aviogon, qui disposait d'une formule optique bien plus élaborée que l'Aquilor, un film 24 x 24 à grande stabilité dimensionnelle et une échelle moyenne de 1 : 30 000.

Avant même ces essais, la couverture aérienne au 1 : 25 000 de la France avait été exécutée sur film 24 x 24 cm à partir de 1966¹⁵³⁵. Mais l'utilisation du film ne fut définitivement généralisée à tous les levés de l'IGN qu'en 1969, en même temps que l'échelle du 1 : 30 000 était adoptée pour les levés de la carte de France et qu'un nouveau type graphique, reposant sur certaines caractéristiques techniques de ce nouveau procédé, était mis au point¹⁵³⁶. Le renouvellement de l'équipement fut précipité par une politique particulièrement volontariste de la direction et des autorités publiques. En 1971, le Service des activités aériennes de l'IGN utilisait encore vingt-cinq chambres à plaques 18 x 18 de type Poivilliers, mais disposait déjà de douze chambres Wild à film 24 x 24 avec des objectifs Aviogon (tous modèles confondus), dont trois avec une focale de 88 mm¹⁵³⁷. Si pendant quelques années, les clichés sur films continuèrent d'être transférés sur plaque pour être restitués avec l'important parc de stéréotopographes, l'IGN acquit rapidement des appareils Presa qui remplacèrent peu à peu les instruments de Poivilliers, mettant fin à un système technique qui avait présidé au développement des levés aériens en France pendant presque quarante ans.

3.2.4.3. L'impact sur l'équipement aéronautique.

L'adoption des prises de vue sur film permit d'envisager le renouvellement des avions du SAA sous un nouvel angle. Jusque-là, l'emploi des plaques photographiques avait nécessité des appareils disposant d'un grand espace intérieur et d'une charge utile importante, en général des bombardiers convertis qui revenaient cher en carburant et en entretien. L'utilisation de chambres à film modifiait considérablement la charge à emporter, puisque « un magasin à film avec un rouleau de 50 mètres [pesait] 18 kilos et [représentait] un nombre de clichés équivalent à celui de 2 magasins à plaques d'un poids total de 140 kilos »¹⁵³⁸. Il devenait envisageable d'acquérir des avions plus légers, moins chers à l'achat et à l'utilisation, autant de raisons économiques qui participèrent à la généralisation des chambres à film. Entre 1965 et 1970, l'IGN s'équipa ainsi de trois Aero Commander type FL, des bimoteurs légers et bon marché, bien adaptés aux missions en France métropolitaine où la densité des aérodromes n'impose pas un grand rayon d'action. Dans une autre approche motivée par les nécessités financières, il acquit également un Mystere 20 en 1971¹⁵³⁹, un avion sophistiqué dont la cabine pressurisée et le plafond de 12 500 mètres permettaient

¹⁵³⁴ SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. *Op. cit.*, p. 43.

¹⁵³⁵ Un nouveau venu au Service des Activités Aériennes, l'Aero Commander Type FL. *Bulletin d'information de l'IGN*, juillet 1969, 8, p. 2.

¹⁵³⁶ Voir infra, « Après 1960... », 2.

¹⁵³⁷ Le Service des activités aériennes... *Op. cit.*, p. 10.

¹⁵³⁸ Un nouveau venu au SAA... *Op. cit.*, p. 1-2.

¹⁵³⁹ Complété après 1974 par un deuxième Mystere 20 et deux Beechcraft Super King Air.

« d'obtenir des clichés à très petite échelle en vue d'une exploitation cartographique économique », même s'il fut également utilisé pour certains levés de la carte de France, notamment dans les Alpes.

3.3. Le terrain comme obstacle au rendement industriel : la rationalisation des méthodes de levés aériens.

Durant les années vingt, les applications topographiques de la photographie aérienne étaient restées artisanales ou expérimentales : leur efficacité reposait essentiellement sur la compétence de l'opérateur qui exécutait, sur le terrain même, les travaux de préparation, d'identification et de complèment. Mais à partir des années trente, la généralisation du stéréotopographe, qui permettait une restitution complète et mécanique des clichés aériens, et la focalisation sur le rendement des travaux, inspirèrent un effort de rationalisation des procédés de levés aériens qui se manifesta dans l'équipement utilisé¹⁵⁴⁰, mais aussi dans les méthodes de restitution. Même si les levés aériens conservèrent jusqu'à la seconde guerre mondiale certaines caractéristiques d'une pratique plus artisanale qu'industrielle, ils connurent durant les années trente et quarante une formalisation rapide, centrée sur l'idée que les opérations de terrain étaient la partie la plus coûteuse du processus et qu'il fallait donc la réduire au maximum. Cette problématique nouvelle s'exprima particulièrement dans la rationalisation des méthodes de restitution par l'optimisation de la préparation afin de limiter le complèment – notamment pour les régions de parcours difficile comme les hautes montagnes. Elle entraîna aussi l'exploitation systématique des photographies aériennes pour préparer et accélérer les opérations de révision.

3.3.1. La stigmatisation du terrain.

3.3.1.1. L'influence prépondérante du facteur économique.

Dans les années vingt, l'exploitation artisanale de la photographie aérienne pour la détermination de la planimétrie n'avait pas remis en cause les procédés de levés directs ; au contraire, l'exploitation optimale des clichés aériens nécessitait une connaissance précise et un parcours répété du terrain, que ce soit pour l'identification, la restitution ou le complèment¹⁵⁴¹. Mais à mes yeux, l'optimisation de l'organisation de ces opérations participait d'une volonté de se couper du terrain. Si son origine remontait au premier développement de la photogrammétrie terrestre, dont l'un des avantages était de réduire le travail de terrain au profit du travail de bureau, elle demeura essentiellement implicite dans les discours tenus sur les méthodes photogrammétriques jusqu'aux années trente. A ce moment, la solution du problème technique de la restitution du relief à partir de clichés aériens la fit passer au premier plan. En effet, en permettant de réunir des informations topographiques sans parcours direct du terrain, les levés aériens rendaient crédibles le fantasme d'une cartographie complètement détachée du territoire qu'elle représente – étrange retour aux caractéristiques d'une géographie de cabinet contre laquelle la cartographie topographique s'était construite en insistant sur la nécessité du parcours direct du terrain.

Dans les pays peu étendus comme la France, le développement des levés aériens était moins justifié par l'impossibilité des levés directs que par les économies qu'une réduction du

¹⁵⁴⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 3.2.

¹⁵⁴¹ Voir supra, partie 4, chapitre 2.3.1.

temps passé sur le terrain permettait d'envisager. Dès les premiers essais de levés aériens pour la carte de France, les orientations prises par le SGA avaient révélé la prépondérance du facteur économique. En particulier, les essais de levés aux petites échelles avaient été immédiatement inscrits dans la problématique du détachement du terrain : en 1935, le SGA rappelait que leur but était d'obtenir « un rendement intéressant » qui n'était possible que « si le travail de préparation au sol [était] très limité »¹⁵⁴². Peu à peu, cette problématique se généralisa à l'ensemble des levés aériens, le discours officiel soutenant de plus en plus explicitement que les opérations de terrain constituaient la partie la plus coûteuse et la plus lente du procédé cartographique, et que l'augmentation du rendement passait nécessairement par leur réduction – en particulier dans les régions montagneuses dont le parcours était spécialement difficile et lent.

3.3.1.2. Les reliquats d'une pratique artisanale.

Dans les années trente, malgré l'orientation industrielle dans laquelle s'inscrivait déjà le développement des levés aériens, la pratique de la restitution demeurait relativement artisanale, autant à cause du nécessaire apprentissage des opérateurs que du nombre limité de stéréotopographes¹⁵⁴³. Puisque chaque appareil ne pouvait être utilisé dans la même journée que par deux équipes successives, formées chacune d'un restituteur et d'un dessinateur, le nombre d'opérateurs était lui aussi limité. Malgré les efforts de formation de nouveaux restituteurs consentis par le SGA, l'analyse, au sein de mon corpus de cartes, du nombre de coupures à la restitution desquelles chaque opérateur avait participé, révèle clairement l'apparition d'un groupe de spécialistes de la restitution (Pasco, Toutan, Auradé, Chabassier, Prévot, Fortin et Lhermitte) qui, pour la plupart, servirent également d'instructeurs aux autres restituteurs (graphique 27). Ce schéma de développement est finalement très proche de celui de la stéréotopographie terrestre dans les Alpes¹⁵⁴⁴ : l'extrême compétence des premiers opérateurs participait au maintien de la photogrammétrie aérienne dans une pratique artisanale avant tout basée sur l'expérience de ces opérateurs.

Les mêmes graphiques réalisés pour les décennies suivantes montrent une plus grande division du travail, avec plus de restituteurs différents et une moins grande différence entre le nombre de coupures à la restitution desquelles chaque restituteur participait (graphique 28, 29 et 30). Les statistiques détaillées confirment cette impression : le nombre moyen de coupures restitué par opérateur baisse significativement, tout comme la médiane et le nombre maximal de coupures restituées par un seul opérateur (tableau 18). Ces données montrent clairement qu'à partir des années quarante et surtout des années cinquante, la restitution des levés aériens s'est fixée au service officiel dans une pratique formalisée plus efficace, reposant moins sur l'excellence artisanale de quelques rares opérateurs.

Tableau 18 : Statistiques sur le nombre de coupures restitués par opérateur.

¹⁵⁴² Rapp. SGA 1934-35, p. 49-50.

¹⁵⁴³ Voir supra, partie 4, chapitre 3.2.3.1.

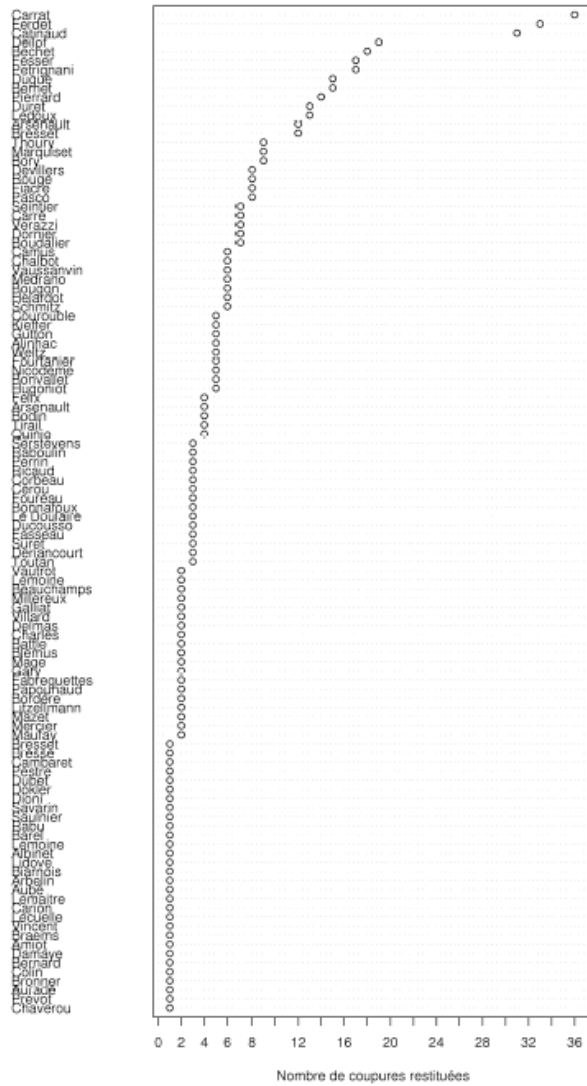
¹⁵⁴⁴ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.3.

Histoire d'une parenthèse cartographique.

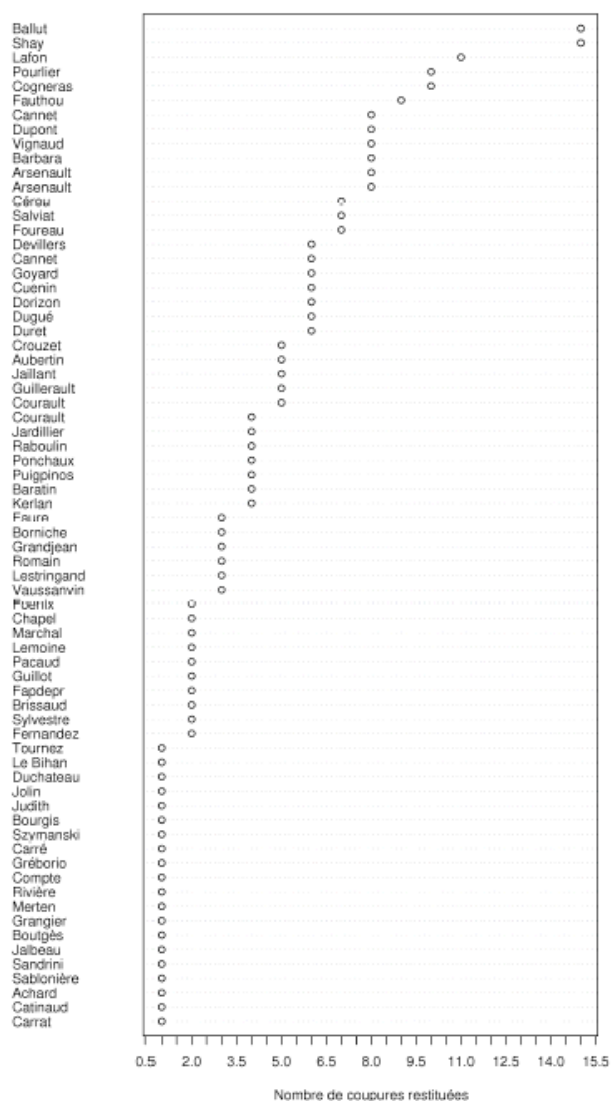
Période	Moyenne	Médiane	1 ^{er} quartile	3 ^{ème} quartile	Min	Max	Nombre de coupures	Nombre d'opérateurs
1934-1939	9,5	4	2	9	1	54	534	56
1940-1950	5,2	3	1	6	1	36	576	110
1950-1960	4,2	3	1	6	1	15	292	70
1960-1970	2,8	2	1	4	1	11	72	25



Graphique 27 : Activité des restituteurs employés au SGA pour les feuilles des Alpes du nord, de 1934 à 1939.



Graphique 28 : Activité des restituteurs employés au SGA pour les feuilles des Alpes du nord, de 1940 à 1949.



Graphique 29 : Activité des restituteurs employés au SGA pour les feuilles des Alpes du nord, de 1950 à 1959.



Graphique 30 : Activité des restituteurs employés au SGA pour les feuilles des Alpes du nord, de 1960 à 1969.

Le meilleur indicateur de la persistance d'une pratique artisanale de la restitution reste sans doute l'organisation et la qualité même de cette restitution. Les plus anciens comptes-rendus de restitution conservés dans les dossiers topographiques concernant les feuilles alpines montrent bien que la méthode employée restait peu formalisée. Les surfaces restituées à partir d'un couple de photographies avaient des géométries irrégulières, formant toutes sortes de parallélogrammes plus ou moins complexes et plus ou moins grands, alors que quelques années plus tard, vers la fin des années quarante, ces mêmes surfaces prenaient de plus en plus systématiquement la forme de rectangles réguliers. Les comptes-rendus témoignent aussi des nombreux problèmes auxquels devaient encore faire face les restituteurs, en particulier la qualité des prises de vue : de nombreuses notations indiquent l'impossibilité de restituer telle ou telle zone à cause des nuages présents sur le cliché, d'une netteté insuffisante (due aux vibrations, à la qualité de l'objectif ou aux traitements de la surface sensible) ou d'une identification difficile des points de repère. Finalement, les notes des opérateurs travaillant dans les brigades de complètement soulignent également, parfois

avec énervement, la qualité variable des minutes de restitution qu'ils devaient compléter, notamment dans la précision ou l'expression des courbes de niveau.

L'efficacité des levés aériens était donc limitée par ces reliquats d'une pratique artisanale de la restitution qui perdura jusqu'au milieu des années quarante¹⁵⁴⁵. Les opérations sur le terrain ayant été clairement identifiées comme celles dont il fallait diminuer le coût et la durée dès le milieu des années trente, les efforts de rationalisation des méthodes se focalisèrent sur les procédés de restitution : plus la restitution était de qualité, plus les autres étapes (préparation, complètement, mais aussi rédaction cartographique) pouvaient être exécutées rapidement. Au cours des années trente et quarante, les recherches se concentrèrent donc sur l'amélioration de la restitution, en optimisant les opérations de stéréopréparation en aval pour limiter celles de complètement en amont.

3.3.2. La formalisation de la stéréopréparation, base géométrique de la restitution.

3.3.2.1. Le rôle crucial de la préparation.

La généralisation des levés de précision et le retard de la nouvelle triangulation de la France avaient donné à la préparation tachéométrique une place importante dans le procédé des levés topographiques, qui s'était affirmée avec le développement de la stéréotopographie terrestre dans les Alpes. Contrairement aux levés terrestres, les levés aériens ne permettaient pas de connaître les conditions précises des prises de vue, notamment la position de l'objectif et donc du point de fuite des perspectives : la préparation, qui déterminait entre autres les repères de restitution, jouait donc un rôle encore plus fondamental dans la restitution des photographies aériennes. Elle constituait véritablement la base géométrique de la restitution, de la même façon que les opérations géodésiques avaient constitué jusqu'à la fin du 19^e siècle la base géométrique des levés directs. En cela, j'interprète sa place centrale dans les levés aériens comme l'achèvement du renversement du rapport entre géodésie et topographie engagé à la fin du 19^e siècle, que j'ai évoqué dans la première partie de ce travail¹⁵⁴⁶.

Dans une certaine mesure, je pense que la redéfinition du projet géodésique au moment de l'organisation de l'IGN pendant l'occupation marquait une dernière tentative pour réintégrer la préparation dans le processus géodésique. En effet, pour répondre aux besoins des services publics exécutant des travaux à très grande échelle et en vertu de sa nouvelle place centrale dans le dispositif d'information topographique en France¹⁵⁴⁷, l'institut avait décidé à la fin de l'année 1941 de réaliser « un réseau allant du 1^{er} au 4^e ordre, avec une densité moyenne de 1 point 6 à 8 km² »¹⁵⁴⁸, alors que le service de la géodésie se limitait auparavant au 3^e ordre, complété par un canevas complémentaire de forte densité (1 point pour 2 à 3 km²), mais de précision insuffisante pour les levés à très grandes échelles. Cependant, la nouvelle organisation du projet géodésique intégrait la préparation des levés dans sa description officielle, illustrant la volonté de concevoir cette étape comme une sorte

¹⁵⁴⁵ Voir les premiers témoignages recueillis dans : *La Petite compagnie. Op. cit.*

¹⁵⁴⁶ Voir supra, partie 1, chapitre 4.2.

¹⁵⁴⁷ Voir supra, partie 4, chapitre 1.2.2.3.

¹⁵⁴⁸ Rapp. IGN 1940-42, p. 41.

de 5^e ordre. Dans les faits, cette organisation complexifiait encore les rapports entre la triangulation et les levés topographiques dont les évolutions parallèles ne cessaient d'être influencées par des modifications d'ordres technique et méthodologique, qui n'étaient ni synchrones ni facilement répercutables d'un domaine à l'autre. Si la préparation des levés se trouvait inscrite plus précisément dans le processus géodésique, dans la pratique, elle restait surtout liée aux travaux topographiques et se trouvait encore souvent exécutée sans pouvoir s'appuyer sur les résultats de la nouvelle triangulation toujours en retard.

3.3.2.2. La fixation de la méthode à la fin des années trente, un compromis entre rendement et qualité.

Au cours des années trente, le SGA apporta de nombreuses modifications à la méthode de stéréopréparation qui témoignaient de l'effort de rationalisation des levés aériens. La méthode initialement utilisée dérivait directement des procédés de restitution mis au point pendant la première guerre mondiale, qui utilisaient au moins quatre repères de positions planimétrique et altimétrique connues par cliché, dont la détermination directe sur le terrain était longue et coûteuse¹⁵⁴⁹. La conjonction entre l'inadaptation de la méthode aux nouvelles techniques d'exploitation des photographies aériennes et l'impératif économique de rendement aboutit à une situation paradoxale : d'un côté, les quatre points connus en planimétrie étaient surabondants pour une restitution mécanisée de la planimétrie qui atteignait une très grande précision ; d'un autre côté, le placement des repères dans les angles des clichés, qui permettait leur exploitation plus productive pour plusieurs couples de photographies, rendait la restitution altimétrique délicate et peu précise à cause des déformations des plaques photographiques, obligeant à déterminer un cinquième point au centre de chaque cliché. Le travail de préparation était donc augmenté de 25 %, alors qu'une grande partie de la détermination planimétrique était inutile.

A partir de 1935, le SGA expérimenta donc de nouvelles méthodes « utilisant au maximum les possibilités des photographies et de l'appareil de restitution »¹⁵⁵⁰, qui consistaient à séparer les points déterminés pour la planimétrie et l'altimétrie. Théoriquement, comme cela avait été expérimenté dès 1915 par le lieutenant Sasportès dans des conditions de précision moindre¹⁵⁵¹, la restitution planimétrique d'une bande de clichés pouvait être assurée si au moins un couple comportait quatre repères aisément identifiables. Dans la pratique, la nouvelle méthode de préparation utilisait, en plus de ces quatre repères, une moyenne d'un à deux points seulement déterminés en x et y pour chaque couple de la bande, qui formaient le *canevas de planimétrie*. L'expérience montra rapidement que les points du canevas d'ensemble, que les brigades de préparation étaient également chargées de déterminer par une triangulation de détail, suffisait pour la restitution planimétrique, si bien que le préparateur se contentait généralement d'identifier les points du canevas d'ensemble sur les clichés sans déterminer d'autres points spécifiques au canevas planimétrique.

Mais dans les régions à végétation dense ou en haute montagne, le manque de repères identifiables sur les photographies aériennes rendait difficile l'exploitation du canevas d'ensemble pour la préparation planimétrique. En effet, à partir d'une certaine altitude, les signaux naturels devenaient rares et inutiles : les pointes de rocher, sommets d'aiguille

¹⁵⁴⁹ Rapp. SGA 1934-35, p. 51.

¹⁵⁵⁰ *Ibid.*.

¹⁵⁵¹ Voir supra, partie 4, chapitre 2.2.2.3.

et autres repères du même type, étaient difficilement identifiables et ne pouvaient pas être pointés au théodolite avec la précision requise pour un levé régulier. Au contraire, dans les vallées, les points planimétriques bien signalés étaient abondants, mais les fonds trop encaissés empêchaient la détermination classique par intersection ou relèvement. La méthode habituelle de détermination du canevas planimétrique n'ayant pas la souplesse de celle du canevas altimétrique, qui pouvait utiliser plusieurs procédés de détermination différents selon les conditions, les brigades de préparation opérant dans les Alpes et les Pyrénées adoptèrent à partir de 1949 une méthode ancienne, utilisée à la fin du 19^e siècle pour le levé des côtes en Tunisie par l'amiral Mouchet, mais surtout adoptée et diffusée par Henri Vallot au début du siècle¹⁵⁵². Elle consistait à une adaptation du rayonnement planimétrique¹⁵⁵³ permettant de déterminer, à partir d'un point géodésique, la position planimétrique d'un détail bien visible *dont l'altitude était connue* par rayonnement direct ou indirect *dans un plan vertical orienté*¹⁵⁵⁴.

Pour l'altimétrie, la nouvelle méthode déterminait un *canevas de nivellement absolu*, constitué d'un point par couple dont l'altitude était déterminée par triangulation ou par rattachement à un repère du nivellement de précision, et un *canevas complémentaire de nivellement*, constitué de quatre à cinq points par couple dont seule l'altitude relative au point du canevas absolu devait être connue¹⁵⁵⁵. Ces points complémentaires servaient à assurer l'orientation des verticales et à contrôler les déformations des plaques photographiques. Pour permettre un rendement maximal, ces points étaient déterminés par des visées zénithales depuis des points géodésiques : seul l'angle de pente était mesuré sur le terrain, puis l'altitude relative était calculée à partir de cet angle et de la distance mesurée graphiquement lors de la restitution. Peu à peu généralisée dans les brigades de préparation, cette méthode était particulièrement rapide et souple : un seul tour d'horizon permettait de déterminer une vingtaine de points complémentaires, par visée zénithale directe ou inverse, ou en dernier recours par cheminement tachéométrique, notamment dans les zones boisées. A la fin des années trente, le nombre de points de nivellement complémentaire avait donc régulièrement augmenté pour atteindre un minimum de neuf par couple. A partir de 1946, l'apairage des distorsions par sélection d'objectifs permit d'« améliorer la précision altimétrique de la restitution en fournissant des garanties beaucoup plus sérieuses sur la planéité des surfaces de niveau », et donc de « réduire à 6 par couple le nombre des points altimétriques »¹⁵⁵⁶ dont la surabondance servait surtout à contrôler les déformations des clichés.

A partir de la fin des années quarante, l'IGN mena de nombreuses études sur des méthodes de cheminement photographique et d'aérotriangulation permettant d'envisager la suppression de la préparation, mais surtout consacrées aux levés à petites échelles, pour les territoires étendus des colonies qui n'étaient pas couverts par un réseau géodésique précis. Pour la carte de France, la stéréopréparation resta une étape essentielle des levés

¹⁵⁵² SALLAT R. Sur un aspect de la préparation photogrammétrique en vue des levés réguliers de zones montagneuses. *Le Bulletin des Ingénieurs Géographes*, décembre 1950, 12, p. 97-103.

¹⁵⁵³ Voir glossaire.

¹⁵⁵⁴ La différence d'altitude entre les points étant connue, la distance pouvait être déterminée à partir de la mesure de l'angle de pente. Les coordonnées du point pouvaient ensuite être calculées trigonométriquement à partir des coordonnées du point géodésique et de mesures d'angle avec un autre point connu.

¹⁵⁵⁵ Rapp. SGA 1934-35, p. 51.

¹⁵⁵⁶ DANIEL R.E. Les résultats obtenus. *Op. cit.*, p. 26.

aériens, facilitée par l'avancement de la nouvelle triangulation et la diminution de l'échelle des levés. Ainsi, la normalisation des levés au 1 : 25 000 entraîna une réduction du nombre de clichés qui accéléra nettement la stéréopréparation, jusqu'à permettre à un opérateur avec un ou deux adjoints de préparer deux feuilles au 1 : 50 000 en une campagne d'été.

3.3.2.3. L'impact sur la restitution.

L'impact de la nouvelle méthode de préparation sur la restitution se limita surtout à une amélioration qualitative liée à l'utilisation de repères mieux adaptés. Seule la mise en place d'une sorte de cheminement planimétrique, qui prenait une bande de clichés comme un ensemble cohérent sur lequel étaient répartis les points du canevas planimétrique, nécessita une modification du procédé de restitution. Alors que celle-ci s'effectuait auparavant par couple indépendant, une méthode de mise en place par cheminement fut adoptée à partir de la fin de 1937 : à chaque changement de couple, un cliché restait en place et servait pour positionner planimétriquement le nouveau cliché ; la mise en place altimétrique, à partir des points de nivellement surabondants, était alors grandement facilitée, puisque l'orientation planimétrique limitait, voire supprimait, les basculements¹⁵⁵⁷. Complexe à réaliser sur les stéréotopographes type A, cette méthode s'avérait cependant plus rapide, donc plus rentable, et la volonté de la généraliser participa à l'effort de perfectionnement qui aboutit à la mise au point du stéréotopographe type B¹⁵⁵⁸.

3.3.2.4. La prédominance du facteur économique.

Entre 1933 et 1935, les essais de levés dans les environs de Salon furent l'occasion de mieux préciser l'importance de la préparation « au point de vue de la qualité du travail et [...] de sa rapidité, et par suite, du prix de revient »¹⁵⁵⁹. La moitié des levés fut l'objet d'une préparation détaillée, avec identification précise de tous les détails des photographies, l'autre moitié d'une préparation plus rapide sans identification. Les résultats confirmèrent l'importance d'une préparation précise pour non seulement faciliter et accélérer la restitution, mais aussi le complètement. Une grande partie des études sur les levés aériens se consacra alors à la formalisation des méthodes de stéréopréparation afin d'obtenir le meilleur compromis entre la qualité et le rendement. Une fois de plus, j'estime que le facteur économique, c'est-à-dire la durée de la préparation sur le terrain, fut plus important que le facteur qualitatif, c'est-à-dire essentiellement la précision de la restitution basée sur cette préparation, d'autant plus perçue comme un compromis que l'adoption du stéréotopographe avait permis un progrès sensible.

Je trouve que les conclusions tirées des essais postérieurs menés en 1937 sur les feuilles d'Epernay et de Fère-en-Tardenois sont particulièrement révélatrices de la prédominance du facteur économique dans l'optimisation de la méthode de préparation. Bien que la comparaison soit difficile en raison des différences d'échelle des clichés et de nature des terrains levés, le SGA jugea que les essais confirmaient le prix de revient très inférieur, non seulement de la nouvelle méthode de préparation définie entre 1935 et 1937¹⁵⁶⁰, mais aussi de l'emploi de clichés à une échelle inférieure au 1 : 15 000 (tableau 19). La surabondance des points de nivellement permit d'atteindre une précision

¹⁵⁵⁷ Rapp. SGA 1938-39, p. 52.

¹⁵⁵⁸ Voir supra, partie 4, chapitre 3.2.3.2.

¹⁵⁵⁹ Rapp. SGA 1938-39, p. 148.

¹⁵⁶⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 3.3.2.2.

de restitution jugée paradoxale puisqu'elle était du centième de millimètre alors que la résolution des objectifs de prise de vue ne dépassait pas théoriquement le trentième de millimètre. Les spécialistes donnèrent diverses explications, mais plus que « cette précision presque inespérée »¹⁵⁶¹ elle-même, je soulignerai la bonne surprises qu'elle constituait : très clairement, le rendement avait été privilégié et les spécialistes n'espéraient qu'une précision au moins égale aux méthodes précédentes. D'ailleurs, le SGA expérimenta la même année une méthode encore plus simplifiée pour les régions moins accidentées, dans laquelle seule une bande de clichés sur deux était préparée : elle réduisait les coûts de préparation d'environ un tiers et fut donc immédiatement acceptée pour les feuilles ne nécessitant pas un canevas dense.

Tableau 19 : Comparaison des méthodes de stéréopréparation expérimentées au SGA¹⁵⁶².

	Région couverte	Surface (km ²)	Echelle des clichés	Nombre de relèvements	Nb. d'inter-sections	Chemine-ments (km)	Points de nivellement	Coût (fr/km ²)
1933	Gorge du Verdon	440	1 : 15 000	274	119	308		229
1935	Feuille de Salernes	530	1 : 15 000	365	179	178	73	130
1937	Feuille d'Épernay	530	1 : 30 000	90	195	186	820	90
1937	Feuille de Fère-en-Tardenois	550	1 : 30 000	77	250	40	697	55

3.3.3. L'inévitable étape du complètement.

3.3.3.1. Le complètement, un mal nécessaire.

Dès 1934, le processus des levés aériens avait été orienté vers une préparation optimisée afin de faciliter la restitution et de raccourcir le complètement sur le terrain. Celui-ci fut toujours perçu comme une étape moins cruciale que la préparation, mais qui restait nécessaire et inévitable parce que, quelle que soit la qualité des stéréominutes de restitution, il demeurerait toujours des blancs dus aux imperfections de la navigation aérienne, aux défauts des clichés eux-mêmes (voilés, flous, présence de nuages) ou aux limites de la vision verticale (zones boisées ou fonds de vallées dans l'ombre). Ces blancs ne pouvaient être complétés que par des levés directs sur le terrain, au cours desquels étaient également effectuées la mise en place des limites administratives et l'enquête toponymique, ainsi qu'une certaine forme de révision qui consistait à corriger les erreurs d'interprétation et à ajouter les détails oubliés par le restituteur.

En région de haute ou moyenne montagne, le complètement se révélait encore plus important que dans les régions de plaine non excessivement boisées. Il représentait la seule possibilité pour repérer et signaler avec l'intensité nécessaire les accidents

¹⁵⁶¹ Daniel l'expliquait par le « pointé stéréoscopique, qui [...] [permettait] d'apprécier avec une très grande sensibilité le contact entre le terrain et la mire stéréoscopique », mais il s'agissait surtout d'une erreur résultante, c'est-à-dire de la somme de multiples erreurs aux origines diverses (distorsion résiduelle, précision mécanique de l'appareil, erreur du pointé des opérateurs, etc.) qui pouvaient se compenser aléatoirement. Rapp. SGA 1938-39, p. 198.

¹⁵⁶² *Ibid.*, p. 199.

topographiques proches de la verticale, difficilement identifiables sur les photographies aériennes. Il permettait également de collecter des données concernant les éléments totalement invisibles sur les clichés aériens, qui prenaient parfois une importance cruciale en montagne : sentiers balisés ou abandonnés, abris, grottes, barres rocheuses dangereuses, etc. Enfin, l'enquête toponymique précise et la vérification des informations fournies par d'autres organismes, comme les itinéraires ou les refuges, apportaient une plus-value touristique à la carte, à laquelle le service officiel accordait une importance croissante depuis sa « reconquête » de la cartographie alpine dans les années trente¹⁵⁶³.

La variété des tâches effectuées faisait du complètement une étape importante mais difficilement formalisable du processus cartographique, qui restait peu détaillée dans la littérature technique et les instructions officielles à cause de la proximité des procédés mis en œuvres avec ceux des levés directs et des révisions de terrain. Les rares références le présentait comme un mal nécessaire, à l'image de cette brève remarque de 1937 qui rappelait que « malgré l'excellente qualité du document fourni par la restitution, il [était] indispensable de le réviser et de le compléter sur le terrain »¹⁵⁶⁴.

3.3.3.2. Le fantasme d'une restitution « parfaite » pour supprimer le complètement.

Cette perception du complètement comme un fardeau inévitable s'intégrait dans la volonté, qu'impliquait tacitement la focalisation sur le rendement des travaux, de couper les opérations topographiques du terrain. Puisqu'une grande partie du travail du compléteur provenait des défauts ou des lacunes de la restitution, cette volonté se manifesta très tôt dans l'ambition explicite de supprimer ceux-ci afin de rendre le complètement inutile.

Ainsi, à la fin des années trente, le SGA envisagea la possibilité, « théoriquement réalisable » mais impliquant une « quasi-perfection dans les différentes opérations », d'arriver à la « production au moyen des appareils de restitution d'une stéréominute complète, qui pourrait être immédiatement éditée, sans nouveau travail de terrain »¹⁵⁶⁵. Dans cette nouvelle organisation, le stéréopréparateur assurerait une partie du complètement en indiquant directement sur les épreuves photographiques les éléments à figurer sur la carte et en recueillant les informations administratives et toponymiques. Selon le SGA, ce regroupement des opérations aurait l'avantage d'offrir un rendement supérieur et un prix de revient très inférieur, puisque « les heures d'opérateur sur le terrain (avec ses aides) [étaient] beaucoup plus onéreuses que les heures de travail au bureau »¹⁵⁶⁶. Il nécessiterait par contre des équipes de restitution particulièrement bien formées, notamment pour le dessinateur qui devrait avoir d'excellentes connaissances en topographie – ce qui contrastait avec la volonté d'industrialisation qui aurait dû chercher des procédés nécessitant la moindre qualification. Le SGA jugea finalement que les conditions de qualité des prises de vue et de formation du personnel n'étaient pas encore réunies pour permettre de supprimer l'étape du complètement, mais le problème était en fait beaucoup plus complexe et la restitution n'atteignit jamais une efficacité suffisante pour se passer de complètement : aujourd'hui encore, les stéréominutes sont d'ailleurs toujours complétées sur le terrain.

¹⁵⁶³ Voir supra, partie 3, chapitre 2.3.3.2.

¹⁵⁶⁴ Rapp. SGA 1936-37, p. 42.

¹⁵⁶⁵ Rapp. SGA 1938-39, p. 54.

¹⁵⁶⁶ *Ibid.*, p. 56.

3.3.3.3. La solution pragmatique de l'adaptation de la restitution aux nécessités du complètement.

Puisqu'une restitution « parfaite » ne nécessitant aucun complètement n'était pas envisageable, le SGA essaya de rationaliser cette étape inévitable en adaptant la méthode de restitution. A la fin des années trente, les études se focalisèrent sur la forme à donner aux stéréominutes. Dans la méthode habituelle, la restitution s'effectuait au crayon, mais les détails peu visibles étaient mis à l'encre et les courbes maîtresses repassées au crayon rouge. Ensuite, « le dessinateur de mise au net [dessinait] la stéréominute en signes et couleurs conventionnels en dehors de l'appareil de restitution »¹⁵⁶⁷, en s'aidant des couples de clichés qu'il observait au stéréoscope. Je trouve que cette habitude de produire une stéréominute mise au net comme s'il s'agissait d'un document presque définitif témoignait parfaitement de la tentation omniprésente de supprimer l'étape du complètement. Mais dans la pratique, les compléteurs effectuaient un travail considérable qui les obligeait à travailler sur une réduction en bleu de cette minute pour faciliter son maniement et sa modification¹⁵⁶⁸, puis à redessiner une nouvelle fois la minute en couleurs à la fin des opérations.

Quand le SGA eut renoncé au fantasme d'une restitution parfaite, cette situation aberrante du point de vue de la productivité entraîna la formalisation d'une méthode radicalement opposée à l'idée d'une stéréominute définitive, dans laquelle la minute n'était plus mise au net et restait une épure du terrain qui comportait seulement les courbes, les lignes planimétriques, et les petits signes conventionnels dessinés au crayon directement sur le coordinatographe du stéréotopographe. En simplifiant et en accélérant la mise au net lors de la restitution, cette méthode permettait d'envisager l'emploi d'équipes de restitution moins bien formées, qui n'avaient qu'à « être parfaitement honnêtes sans don topographique spécial »¹⁵⁶⁹. Cette disposition était plus satisfaisante dans une perspective d'industrialisation du travail de restitution, mais reportait l'expertise topographique nécessaire sur l'opérateur de terrain chargé du complètement. Je pense d'ailleurs que sa généralisation à la fin des années trente reposait essentiellement sur la situation interne particulière du SGA, qui disposait alors dans son cadre permanent d'un beaucoup plus grand nombre de topographes aguerris que de restituteurs expérimentés.

L'important effort de formation de restituteurs fourni à partir de la fin des années trente et durant les années quarante révélait pourtant la volonté persistante d'améliorer la qualité de la restitution afin de réduire, voire de supprimer, le travail de complètement. Les dossiers topographiques que j'ai consultés à la cartothèque de l'IGN montrent que dès l'immédiat après-guerre, le complètement s'opérait de plus en plus souvent sur des tirages en bistre, témoignant de la diminution constante du nombre de retouches à effectuer, même si le travail du dessinateur-cartographe s'en trouvait compliqué. En 1944 et 1945, l'IGN expérimenta un procédé de *précomplètement* qui consistait à recueillir lors de la stéréopréparation le maximum d'information sur la toponymie, les limites administratives, la planimétrie et les détails peu visibles sur les photographies¹⁵⁷⁰, c'est-à-dire à faire exactement ce qu'avait projeté le SGA dès 1938. Cependant, les résultats ne permirent pas d'envisager la suppression complète des opérations classiques de complètement dans les levés réguliers de la carte de France. D'autres essais de précomplètement exécutés en 1966 montrèrent

¹⁵⁶⁷ *Ibid.*, p. 53.

¹⁵⁶⁸ Le tirage en bleu se révélait beaucoup plus facile à gratter et à modifier que le tirage en bistre ou la minute originale.

¹⁵⁶⁹ Rapp. SGA 1938-39, p. 55.

¹⁵⁷⁰ Rapp. IGN 1945, p. 30.

finalement que « la méthode [donnait] satisfaction, la qualité et la richesse du document ainsi réalisé étant en tout point comparables à celles des travaux classiques », mais qu'elle restait en fait « plus onéreuse que la méthode conventionnelle »¹⁵⁷¹. Son développement était stimulé par la nouvelle orientation commerciale de l'IGN, qui lui imposait pour être compétitif « de réduire les délais de livraison au client [...] à partir de la fin de la restitution »¹⁵⁷², mais elle ne fut là encore pas généralisée aux levés de la carte de France, pour lesquels les opérations de préparation couvraient encore une surface de 30 350 km² la même année.

3.3.4. Les conséquences sur la révision.

Depuis la guerre de 1870, la révision était définitivement perçue comme une étape essentielle du processus cartographique, permettant de conserver une certaine actualité à des entreprises particulièrement longues¹⁵⁷³. Dès les années vingt, malgré des premiers essais peu concluants¹⁵⁷⁴, le SGA avait développé l'emploi des photographies aériennes pour aider la révision planimétrique des agglomérations : les nouveaux éléments étaient placés par des méthodes graphiques similaires à celles employées pendant la guerre, puis l'opérateur vérifiait les modifications sur le terrain et les complétait pour les éléments invisibles sur les clichés aériens. Cette méthode fut utilisée pour la carte d'état-major jusqu'à l'arrêt de son entretien en 1957, ainsi que pour les cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 jusqu'au début des années trente. Dans les Alpes, la faible urbanisation et la nécessaire révision du relief favorisèrent le maintien d'opérations de révision de terrain classique¹⁵⁷⁵. Mais la généralisation des levés aériens permit d'utiliser la restitution des clichés au stéréotopographe pour la révision. Dans cette application particulière, la restitution s'avérait beaucoup plus rapide : l'opérateur comparait la carte à réviser et les clichés aériens afin de noter sur ceux-ci les détails nouveaux, puis la restitution était exécutée pour ces seuls détails, la mise en place des clichés étant grandement facilitée par la nature exclusivement planimétrique des modifications. La minute était ensuite mise au net, puis vérifiée et complétée sur le terrain, en même temps que l'opérateur récoltait les renseignements administratifs et toponymiques.

L'exploitation des photographies aériennes pour la révision participait du même souci de réduction des opérations de terrain que l'optimisation de la préparation et de la restitution. Les résultats étaient d'ailleurs particulièrement probants, puisque cette exploitation permit d'augmenter considérablement le rythme moyen des opérations de révision (tableau 20). Au cours des années soixante-dix, la conception d'instruments spécialisés comme le *révicate* ou le *stéréoréviseur*, permit d'accélérer encore sensiblement l'exploitation des clichés aériens pour la révision, mais au début des années quatre-vingt, la révision des feuilles de région accidentée nécessitait encore le recours à une restitution photogrammétrique sur appareil classique¹⁵⁷⁶.

¹⁵⁷¹ Exp. IGN 1966, p. 6.

¹⁵⁷² *Ibid.*.

¹⁵⁷³ Voir supra, partie 2, chapitre 3.2.

¹⁵⁷⁴ Rapp. SGA 1924-25, p. 73.

¹⁵⁷⁵ Voir supra, partie 3, chapitre 2.2.2.4.

¹⁵⁷⁶ BOMPAS J., DURETTE D et al. Mise à jour partielle des cartes de base à 1 : 25 000. *Bulletin d'information de l'IGN*, 1980, 40, p. 30.

Tableau 20 : Rendements comparés des différentes méthodes de révision¹⁵⁷⁷.

Carte	Méthode de révision de terrain	Surface par « mois-opérateur » (en km ²)
Carte de France au 1 : 80 000	sans photographie aérienne	80
	restitution graphique	220
Carte de France au 1 : 20 000	sans photographie aérienne	20
	restitution graphique	50
	restitution au stéréotopographe	90

Conclusion

A partir des années vingt, l'évolution du service cartographique officiel s'inscrit dans une orientation industrielle de plus en plus affirmée, qui favorisa la généralisation des levés aériens pour pallier au manque de crédits et au retard de la carte de France. En 1934, la photogrammétrie aérienne était officiellement placée au centre du nouveau programme de travaux instauré par la direction. Pour des raisons essentiellement techniques et financières, le SGA obtint la création d'une escadrille spécialisée pour ses levés aériens en 1938, qui fut maintenue, réorganisée et développée après 1940 par l'IGN. Au cours des essais étendus, le SGA avait systématiquement refusé la mise en concurrence des méthodes photogrammétriques terrestres et aériennes, ce qui était le signe de leur perception comme des méthodes de qualité et d'efficacité équivalentes. Mais l'impératif industriel d'uniformisation aboutit à la substitution rapide et définitive des levés aériens aux levés photographiques terrestres dans les Alpes, alors que la couverture du massif du Mont Blanc en 1939 jouait le rôle d'une validation prestigieuse de l'efficacité de la photogrammétrie aérienne, tout en marquant la dernière entreprise spécialement conçue pour la haute montagne. Finalement, autant pour stimuler la réalisation de la carte de France et favoriser sa mise à jour rapide que pour répondre au développement de l'utilisation des clichés aériens comme document technique, l'IGN imposa la notion de *couverture aérienne systématique* du territoire français en 1954, tout en faisant remonter son origine à l'année 1946 afin de fixer l'achèvement de la première couverture en 1953.

Après la période expérimentale et artisanale des années vingt, les méthodes de levés aériens connurent une industrialisation systématique, qui se traduisit notamment par un formidable effort d'équipement et de normalisation des procédés de photographie aérienne. Confronté aux limites de l'aéronautique, le SGA privilégia la recherche optique pour permettre une réduction de l'échelle des clichés nécessaire à l'augmentation du rendement des missions aériennes. Mais dès la fin des années trente, le 1 : 25 000 fut défini comme l'échelle optimale des levés pour la carte de France, même si celle-ci ne se généralisa dans la pratique qu'au cours des années cinquante et si des échelles beaucoup plus variables étaient utilisées pour les travaux spéciaux, qui formaient la principale ressource financière de l'institut. Imposé dès le début des années trente, le stéréotopographe Poivilliers se trouvait au cœur du système technique des levés aériens du service cartographique. S'il connut lui-même quelques perfectionnements linéaires pour s'adapter à une exploitation industrielle des clichés aériens, cet instrument influença surtout systématiquement l'évolution de l'équipement aéronautique et photographique du SGA,

¹⁵⁷⁷ Les chiffres sont issus de : LE MEHAUTE François. Evolution des méthodes de révision des cartes – Emploi des procédés photogrammétriques. *Bulletin d'information de l'AIG*, novembre 1960, 18, p. 86.

puis de l'IGN jusqu'à la fin des années soixante. A ce moment, le passage à la prise de vue sur film, plus rentable, provoqua l'abandon du stéréotopographe, seulement adapté à l'exploitation des clichés sur plaque.

L'industrialisation des levés aériens se traduit également par une rationalisation des méthodes d'exploitation des photographies, fortement modelée par la place centrale du stéréotopographe et par la volonté économique de réduire les opérations de terrain, définies comme les plus coûteuses du processus cartographique, en particulier dans les régions montagneuses de parcours lent et difficile. Cette rationalisation se développa autour de l'idée que la qualité de restitution était le principal facteur limitatif de la durée des opérations de terrain. A la fin des années trente, la méthode de stéréopréparation fut donc optimisée en fonction des besoins de la restitution, dans un compromis entre rendement et précision qui privilégia sensiblement l'aspect économique. Par son rôle fondamental dans la restitution, la stéréopréparation jouait dans les levés aériens le même rôle que les opérations géodésiques dans les levés de la carte d'état-major, achevant le renversement du rapport entre topographie et géodésie engagé à la fin du 19^e siècle. Indispensable pour les levés à grande échelle, elle favorisa la stigmatisation du complètement, perçu comme un fardeau qu'une restitution parfaite pourrait permettre de supprimer. Si cette perfection fantasmée ne fut jamais atteinte, l'amélioration constante des prises de vue et de la restitution permit de réduire peu à peu la quantité de travail du complètement, sans pour autant permettre de généraliser la méthode du *précomplètement* exécuté en même temps que la stéréopréparation dans les levés réguliers de la carte de France.

Cet effort considérable d'équipement et de rationalisation des levés aériens s'inscrivait définitivement dans une politique d'industrialisation du processus cartographique. En 1947, l'ingénieur géographe Daniel écrivait ainsi que « l'Institut Géographique National [disposait], pour les levés réguliers aux échelles topographiques d'une doctrine, de procédés et d'appareils de stéréophotogrammétrie aérienne parfaitement au point » et que « ces procédés [avaient] été codifiés par des instructions très détaillées, qui [permettaient] d'industrialiser la production, en confiant l'exploitation des appareils à des restituteurs, qui [n'étaient], en général, ni des topographes, ni des techniciens, sous le contrôle de chefs d'atelier et de chefs d'équipe spécialisés »¹⁵⁷⁸. Marc Duranthon estimait que la « révolution » des levés aériens avait permis d'achever les trois quarts de la carte de France entre 1950 et 1978, alors qu'« il [avait] fallu un demi-siècle pour réaliser le premier quart »¹⁵⁷⁹ ; je dirai plutôt que cet achèvement avait été permis par l'*évolution* industrielle de l'IGN, non seulement dans le domaine des levés topographiques, mais aussi dans celui de la rédaction cartographique, un domaine dans lequel l'industrialisation des procédés se traduit par la résurgence de la tentation topométrique, dans une conjonction pragmatique des orientations industrielle et scientifique de la cartographie.

Chapitre 4. Le fantasme d'une représentation scientifique du relief : la tentation topométrique.

Après la seconde guerre mondiale, le développement de l'IGN avait été dominé par l'industrialisation des procédés cartographiques qui s'inscrivait à la fois dans la volonté

¹⁵⁷⁸ DANIEL R.E. Les résultats obtenus... *Op. cit.*, p. 32.

¹⁵⁷⁹ DURANTHON Marc. *La Carte de France. Op. cit.*, p. 54.

de régler par l'augmentation de la productivité les éternels problèmes budgétaires du service officiel, et à la fois dans la promotion d'une évolution commerciale faisant de la rentabilité une question centrale¹⁵⁸⁰. Cette industrialisation ne se traduit pas seulement par la généralisation et l'effort d'équipement et de normalisation des levés aériens¹⁵⁸¹, mais aussi par une mutation majeure des procédés de rédaction cartographique qui étaient restés pratiquement inchangés depuis leur formalisation au début du 20^e siècle avec les types 1900 et 1922. Jusqu'au début des années cinquante, l'aspect artistique conservait une place relativement importante qui s'opposait à une véritable industrialisation de la rédaction, malgré sa remise en cause cyclique par le fantasme d'une représentation scientifique du terrain¹⁵⁸². Les modifications profondes provoquées par l'industrialisation des levés aériens, puis de la rédaction cartographique, participèrent à la résurgence de ce que j'ai appelé la *tentation topométrique*, mettant cette fois-ci en place les conditions qui permirent l'adoption d'une représentation du relief qui limitait considérablement les spécificités de la cartographie de haute montagne.

4.1. L'industrialisation des procédés de rédaction et de reproduction cartographique.

Jusqu'aux années cinquante, les procédés de rédaction et de reproduction cartographiques employés au service officiel n'avaient connu aucune évolution technique importante. Ils étaient restés pratiquement tels qu'ils avaient été définis au moment de l'adoption du type 1922¹⁵⁸³, intégrant simplement la diversification des documents de base du dessin avec les stéréominutes issues de la restitution photogrammétrique. L'organisation même de la rédaction cartographique à l'IGN s'opposait à des évolutions techniques qui remettaient en cause une formalisation nécessaire à un travail homogène et efficace. Une mutation profonde fut pourtant engagée au cours des années cinquante et soixante avec l'adoption des supports plastiques et de la rédaction sur couches, qui permettaient un travail censé être plus rapide mais surtout moins qualifié. L'influence des procédés de rédaction et de reproduction sur l'ensemble du travail cartographique firent de cette mutation un vecteur essentiel de l'industrialisation de l'IGN.

4.1.1. La nécessité industrielle d'un processus formalisé et stable.

4.1.1.1. Une stabilité garantissant l'homogénéité de la carte.

La remarquable stabilité des procédés de rédaction reposait sur la volonté de publier une carte de France la plus homogène possible, qui se manifesta notamment dans la transformation systématique des feuilles du type 1900 en type 1922 et que j'interprète comme la preuve d'une certaine persistance de la tradition fixiste de la cartographie. Contrairement aux méthodes de levé, les procédés de rédaction avaient une influence fondamentale sur l'aspect graphique final des feuilles publiées et ils ne pouvaient guère être changés sans modifier les spécifications des cartes elles-mêmes. Ainsi, le type 1922 avait été en grande partie modelé par la généralisation du dessin par couleur séparée.

¹⁵⁸⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 1.

¹⁵⁸¹ Voir supra, partie 4, chapitre 3.

¹⁵⁸² Voir supra, partie 2, chapitre 4.3, et partie 3, chapitre 4.3.

¹⁵⁸³ Voir supra, partie 3, chapitre 4.2.1.2.

Les rares changements opérés avant la fin des années cinquante restèrent donc toujours relativement limités, comme par exemple, pour la carte au 1 : 50 000, l'adoption du 1 : 37 500 comme échelle de rédaction¹⁵⁸⁴ ou le remplacement des réserves à la gomme par les masques sur support plastique dans l'établissement des planches de teinte¹⁵⁸⁵. Toutes les autres techniques furent l'objet d'études et d'expérimentations particulièrement longues avant que leur emploi régulier au stade de la production ne soit envisagé. Ainsi, les supports plastiques et le tracé sur couches, qui constituent le cœur même de la mutation de la rédaction cartographique dans les années cinquante et soixante, ne furent adoptés qu'après des études étendues au sein d'un atelier pilote mis en place en 1959¹⁵⁸⁶, provoquant une transition technique complexe qui nécessita, en définitive, la modification des spécificités des différentes cartes, en particulier au niveau des signes conventionnels¹⁵⁸⁷.

4.1.1.2. Une formalisation imposée par l'organisation du travail : les dessinateurs à domicile.

La formalisation et la stabilité des procédés de rédaction répondaient aussi à une nécessité de rationalisation du travail imposée par son organisation même. A l'époque du SGA, l'essentiel du travail de rédaction était effectué au service du dessin de la section de cartographie, par des artistes dessinateurs issus de l'école de dessin du service. Mais la rédaction constituait une tâche considérable et les effectifs limités de la section de cartographie, qui ne comptait que quarante dessinateurs en 1937¹⁵⁸⁸, ne permettaient pas d'assurer l'intégralité du travail nécessaire à l'augmentation du rythme de publication voulue par la direction. Pour les cartes au 1 : 20 000 et au 1 : 50 000, les travaux les plus délicats au point de vue topographique, en particulier le dessin des zones rocheuses complexes, étaient assurés par des artistes spécialisés de la section de cartographie ou par le service du dessin de la section de topographie elle-même. Mais pour le reste, une partie de plus en plus importante dut être confiée à du personnel d'appoint, travaillant souvent à domicile¹⁵⁸⁹. Cette disposition originale fut maintenue à l'IGN, organisée sur la base d'une formation spécifique à l'Ecole nationale des sciences géographiques jusqu'en 1982¹⁵⁹⁰.

Le développement de l'emploi de dessinateurs à domicile concernait essentiellement la rédaction des cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000, qui représentait la plus grande quantité de travail de la section de cartographie. Leur rédaction restait relativement simple : le 1 : 20 000 ne nécessitait aucune généralisation puisqu'il était rédigé à la même échelle et avec les mêmes détails que les minutes, et le 1 : 50 000 ne demandait qu'une généralisation limitée à la fois par sa proximité avec le 1 : 20 000 et à la fois par le travail du topographe-lui-même, qui devait indiquer lors du levé ou du complètement une partie de la sélection des détails à représenter sur le 1 : 50 000. Les dessinateurs à domicile travaillant sans supervision directe, « toutes les opérations [devaient] être

¹⁵⁸⁴ L'assemblage des minutes ou plans au 1 : 20 000 sur la feuille de projection se faisait toujours au 1 : 33 333, parce que l'échelle du 1 : 37 500 n'était pas présente sur le coordinatographe. Une étape supplémentaire de réduction de la maquette au 1 : 37 500 était donc nécessaire.

¹⁵⁸⁵ CUENIN R. L'évolution des techniques cartographiques. *Op. cit.*, p. 28 et 31.

¹⁵⁸⁶ Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 17.

¹⁵⁸⁷ Voir infra, partie 4, chapitre 4.1.3.3.

¹⁵⁸⁸ *Le SGA. Op. cit.*, p. 171.

¹⁵⁸⁹ Rapp. SGA 1932-33, p. 158.

¹⁵⁹⁰ Voir infra, « Après 1960... », 1.2.2.

strictement standardisées »¹⁵⁹¹ pour assurer un travail efficace et homogène exploitant au mieux leur formation courte et spécialisée. Georges Alinhac définissait d'ailleurs « la facilité d'exécution, donc l'apprentissage réduit »¹⁵⁹², comme l'une des quatre qualités demandées à la méthode de rédaction.

Cette « normalisation très poussée des méthodes »¹⁵⁹³ était certes facilitée par l'effort d'uniformisation de la documentation de base (minutes, stéréominutes et minutes de révision), mais la volonté constante de diminuer l'appel au personnel intérieur pour les tâches les plus complexes (préparation, dessin du rocher, vérifications) nécessitait un effort supplémentaire pour assurer la formalisation et la stabilité indispensables à l'efficacité des procédés de rédaction. En effet, au-delà des problèmes de renouvellement du matériel qui se posaient dans tous les domaines, un changement important dans les procédés de rédaction posait toujours un problème plus spécifique de reconversion d'un personnel dispersé et moins strictement encadré, qui s'illustra particulièrement avec l'adoption du tracé sur couches dans les années soixante.

4.1.1.3. Une organisation industrielle.

L'organisation du travail de rédaction cartographique s'intégrait parfaitement dans l'orientation industrielle qui s'imposait au service cartographique depuis les années vingt. Je considère même qu'elle représente l'exemple le plus explicite de l'adoption du modèle industriel par la direction du service, notamment dans son utilisation du *domestic system* et dans la volonté évidente de généraliser des « procédés plus mécanisés mis en œuvre par un personnel moins qualifié »¹⁵⁹⁴. En cela, cette organisation industrielle précoce concentre tout le paradoxe entre une exigence de qualité liée à l'affirmation du caractère scientifique de la cartographie et une nécessité de rentabilité liée à une situation financière difficile et à l'évolution commerciale de l'institut. Dans l'édition de 1961 de son ouvrage de référence pour le cours de rédaction cartographique, Georges Alinhac illustre inconsciemment mais parfaitement ce paradoxe quand il affirmait que, « dans les limites imposées par cette condition de qualité, le processus [de rédaction de la carte au 1 :20 000] [devait] être le plus simple et le plus rapide possible »¹⁵⁹⁵. Ce fut dans ce double objectif que la rédaction sur couches fut expérimentée, puis adoptée au cours des années cinquante et soixante.

4.1.2. La généralisation de la rédaction sur couches.

4.1.2.1. Les problèmes de la stabilité dimensionnelle et de la reproduction photographique.

La généralisation de la reproduction zincographique à la fin du 19^e siècle avait été rendue possible par le développement de l'héliogravure qui permettait de graver une planche de

¹⁵⁹¹ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.3. *Méthodes appliquées à l'IGN*. Paris : Institut géographique national, 1961, p. 9.

¹⁵⁹² ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. *Méthodes générales de rédaction cartographique*. Paris : Institut géographique national, 1962, p. 79.

¹⁵⁹³ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.2. *Techniques appliquées*. Paris : Institut géographique national, 1955, p. 39.

¹⁵⁹⁴ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. *Op. cit.*, p. 79.

¹⁵⁹⁵ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.3. *Op. cit.*, p. 9.

zinc à partir d'un cliché photographique¹⁵⁹⁶. Depuis le début du 20^e siècle, l'immense majorité des cartes publiées par le SGA, puis l'IGN, étaient imprimées par zincographie avec une planche par couleur. Ces planches pouvaient être obtenues soit par héliogravure directe, quand le dessin était directement réalisé sur un support transparent, soit par héliogravure indirecte, quand le dessin réalisé sur un support opaque était reproduit par photographie pour être métallografié. Mais les supports transparents disponibles dans la première moitié du 20^e siècle présentaient des défauts qui les firent rejeter par le service cartographique français : les papiers calques n'étaient pas assez transparents et présentaient une faible stabilité dimensionnelle, qui ne pouvait naturellement pas être corrigée par le collage sur zinc qui supprimerait toute transparence ; les glaces étaient chères, encombrantes et fragiles¹⁵⁹⁷, et ne furent employées en France que pour les planches de courbes de niveau du type 1900¹⁵⁹⁸. Le dessin sur papier Rives collé sur zinc et l'héliogravure indirecte s'imposèrent donc rapidement et durablement jusqu'à la fin des années cinquante.

Cependant, les supports transparents pour les techniques graphiques connurent une mutation considérable avec le développement industriel des matières plastiques à partir des années quarante. « Mélanges à base de résine organique, naturelle ou synthétique, moulables à chaud »¹⁵⁹⁹, les matières plastiques se présentaient sous forme de feuilles souples qui pouvaient être opaques, translucides ou transparentes. Ces nouveaux supports plastiques furent d'abord en acétate de cellulose, en chlorure de polyvinyle ou en résine vinylique, puis en polystyrène et en polyester. Des études détaillées sur les premiers supports disponibles montrèrent que la stabilité dimensionnelle des résines vinyliques était largement supérieure, ce qui les rendait particulièrement adaptées aux travaux cartographiques. L'astralon allemande et l'astrafol anglaise devinrent rapidement les plus utilisées dans ce domaine. Mais les polyesters s'avérèrent encore plus stables, sans que cela bouleverse vraiment la pratique cartographique, puisque au-delà d'une certaine stabilité, le jeu de l'épreuve imprimée restait plus important et permettait une certaine tolérance pour le support employé au dessin.

Le développement des matières plastiques ramena au premier plan la possibilité d'établir le dessin cartographique directement sur un support transparent. Dans un premier temps, cette possibilité fut exploitée avec une méthode réduisant radicalement les étapes de la rédaction cartographique. En effet, en traçant la projection et les points géodésiques directement sur un support transparent, il était envisageable de supprimer l'étape d'assemblage et d'utiliser la transparence pour établir le dessin à partir d'une mise à l'échelle du document de base, ou pour vérifier ce dessin en faisant coïncider les points géodésiques de celui-ci avec la feuille de projection. En procédant par portions du dessin systématiquement alignées par leurs points géodésiques, on reproduisait le procédé utilisé pour l'assemblage, mais directement au stade du dessin. Cette méthode permettait non seulement d'économiser des opérations photographiques, mais également de faciliter la rédaction et la vérification, augmentant une rentabilité qui était devenue le principal souci de la direction du service cartographique.

¹⁵⁹⁶ Voir supra, partie 2, chapitre 3.1.3.3.

¹⁵⁹⁷ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.1. *Eléments de base et techniques générales*. Paris : Institut géographique national, 1954, p. 85-88.

¹⁵⁹⁸ Ainsi que pour les cartes d'Algérie et de Tunisie dressées à la fin du 19^e siècle, dont le type 1900 reprenait certaines techniques (voir infra, partie 3, chapitre 4.1.3.1).

¹⁵⁹⁹ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.1. *Op. cit.*, p. 86.

4.1.2.2. Les premières utilisations à l'IGN : masques sur support plastique et stéréominutes sur plastique opaque.

De nombreuses études montrèrent la rentabilité de la méthode du dessin direct sur support plastique, mais elles soulignèrent également que la multiplication des manipulations d'alignement augmentait le risque d'erreur, la rendant moins précise que la méthode traditionnelle dans laquelle la feuille de projection et certains éléments du fond topographique (courbes de niveau et hydrographie) étaient reproduits en bleu actinique sur les différentes planches à dessiner. Jusqu'au milieu des années cinquante, Hurault ayant continuellement défendu la dimension de prestige de la carte de France, l'IGN n'adopta cette nouvelle méthode que pour les travaux expédiés et certaines cartes demandant moins de précision. Mais les qualités de stabilité dimensionnelle que présentaient les supports plastiques les rendaient particulièrement intéressants pour le dessin cartographique, une spécialité dans laquelle s'exprimait particulièrement l'éternel dilemme entre le poids des traditions et la sensibilité aux progrès techniques. Les recherches se concentrèrent donc sur une adaptation de la rédaction sur support transparent à la méthode traditionnelle : en remplaçant l'habituel papier Rives par un support plastique sur lequel les mêmes informations étaient reproduites en bleu actinique, la rédaction conservait la précision supérieure de la méthode par assemblage tout en profitant des avantages des supports plastiques au niveau de la rapidité de vérification.

A l'IGN, les premières utilisations de support plastique furent donc limitées à des étapes particulières du processus de rédaction. Au début des années cinquante, l'institut adopta ainsi l'établissement de la planche de vert du 1 : 50 000 par masque sur astralon¹⁶⁰⁰. Plus rapide et plus souple que la réserve à la gomme, la méthode des masques sur support plastique ne modifiait pas profondément la rédaction cartographique : elle pouvait donc être rapidement adoptée, avec un minimum d'effort de la part des opérateurs. En 1958, bien que la rédaction des minutes ou stéréominutes de la carte au 1 : 20 000 sur papier armé ait toujours donné satisfaction, le développement des supports plastiques était tel que l'IGN décida d'établir directement ces documents sur plastique opaque blanc¹⁶⁰¹. La modification du processus de rédaction était là encore extrêmement limitée, puisque le principal changement consistait à adopter des encres adaptées au nouveau support du dessin. Mais à mes yeux, cette modification illustre l'influence d'une pression industrielle extérieure à l'IGN qui imposait le remplacement des produits traditionnels par de nouvelles productions, comme dans le cas des plaques photographiques et du film¹⁶⁰².

4.1.2.3. De nouveaux procédés de dessin : le tracé et l'arrachage sur couche.

A cause de sa complexité et de sa lenteur, la rédaction par gravure directe sur planche de cuivre ou de zinc avait été abandonnée depuis longtemps, remplacée au début du 20^e siècle par la méthode du dessin. Particulièrement rapide et simple d'exécution, celle-ci restait pourtant l'objet de critiques de plus en plus prononcées sur l'emploi indispensable de la réduction photographique pour « gommer » les imperfections et homogénéiser les dessins. Au cours des années quarante et cinquante, l'exacerbation des questions de productivité stigmatisa ainsi dans cette méthode la complication de la rédaction par l'utilisation d'échelles différentes, le coût des opérations photographiques, la complexité du

¹⁶⁰⁰ Voir glossaire.

¹⁶⁰¹ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.3. *Op. cit.*, p. 8.

¹⁶⁰² Voir supra, partie 4, chapitre 3.2.4.

processus d'établissement des planches de tirage. Dans de nombreux pays industrialisés, en particulier aux Etats-Unis et en Suisse, une recherche active, suivie de près par l'IGN, essayait de « donner au dessin sur support transparent la qualité de la gravure »¹⁶⁰³. En 1959, un atelier pilote fut spécialement créé au sein de la 4^e direction de l'institut, « dans le but d'étudier de nouvelles techniques et méthodes de rédaction cartographique, de préparer les instructions pour la mise en application des méthodes retenues dans les différents groupes du Service du Dessin et enfin de faire l'instruction du personnel tant artistes que dessinateurs dans les techniques mises au point »¹⁶⁰⁴. L'objet principal de ces études était les procédés relativement nouveaux du tracé et de l'arrachage sur couche (*scribing-mask* et *strip-mask* en anglais).

Le *tracé sur couche* reprenait le principe du procédé de la glace blanchie, qui avait été utilisé au SGA pour les planches de courbes de niveau de la carte d'Algérie et du type 1900¹⁶⁰⁵. Abandonné en France à cause des défauts traditionnellement reprochés aux supports en verre (prix, fragilité, poids, encombrement) et de l'impossibilité de tracer des lignes très rapprochées sans écailler l'enduit, ce procédé avait continué d'être employé dans certains pays étrangers, formant la base des recherches qui aboutirent après la seconde guerre mondiale au tracé sur couche. Le principe de ce nouveau procédé était de dessiner les planches « par gravure d'une couche opaque mince déposée sur un support plastique transparent »¹⁶⁰⁶ pour obtenir l'équivalent d'un négatif sur film (dessin en trait transparent sur fond opaque). Son principal avantage était de permettre le tirage du document de base sur la couche opaque afin de faciliter le dessin, généralement exécuté sur une table lumineuse pour simplifier le contrôle de la qualité des traits et de l'avancement.

L'*arrachage sur couche*, aussi appelé *pelliculage*, était une adaptation du principe du tracé sur couche pour les planches de teinte¹⁶⁰⁷. Une couche d'enduit spécial se tannant à la lumière était insolée à travers un masque portant les contours des zones de teinte, généralement un positif de la planche de trait. L'image négative obtenue était ainsi découpée par les contours où le plastique était à nu : la couche d'enduit était alors arrachée sur les seules zones de teinte, donnant un négatif qui, une fois transformé en positif, servait de masque pour l'héliogravure directe des planches de teinte.

4.1.2.4. Une adoption controversée, justifiée par les seuls impératifs industriels.

Les procédés du tracé et de l'arrachage sur couche se révélaient particulièrement adaptés à la pratique industrielle de la cartographie. Non seulement les spécialistes les jugeaient potentiellement plus rapides que le dessin, mais leur exécution était particulièrement facile : pour le tracé sur couche, « il [suffisait] de guider l'outil de manière à rester fidèle au fond provisoire ou à l'esquisse, la qualité et l'épaisseur du trait étant assurées automatiquement [par les outils] »¹⁶⁰⁸, ce qui permettait l'emploi d'un personnel plus rapidement formé, sans l'expérience nécessaire au dessin. Le processus de rédaction lui-même devenait

¹⁶⁰³ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. *Op. cit.*, p. 80.

¹⁶⁰⁴ Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 17.

¹⁶⁰⁵ Voir supra, partie 3, chapitre 4.1.3.1.

¹⁶⁰⁶ Exp. IGN 1960, p. 2

¹⁶⁰⁷ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. *Op. cit.*, p. 83.

¹⁶⁰⁸ *Ibid.*, p. 85.

plus simple et plus rationnel, avec un nombre d'étapes limitées. L'utilisation des couches simplifiait et accélérât aussi notablement le procédé d'établissement des planches de tirage : l'étape du dessin fournissait directement l'équivalent d'un négatif sur film, sans toutefois supprimer toutes les opérations photographiques puisqu'il fallait transformer ce faux négatif en positif pour effectuer la métallographie¹⁶⁰⁹. De plus, les premières études avait affirmé que la rédaction sur couches assurait une qualité comparable au procédé de gravure et aux meilleures exemples de dessin : en neutralisant le traditionnel dilemme entre industrialisation des procédés et augmentation de la précision, cette justification qualitative fournissait un parfait alibi à l'adoption d'une méthode avant tout motivée par l'augmentation de la productivité.

Cependant, le développement de son emploi à l'IGN fut retardé par la conception traditionaliste de la carte de France défendue par Hurault, puisqu'une modification radicale des procédés de rédaction aurait nécessairement des conséquences sur les spécifications et donc l'homogénéité de la carte encore inachevée¹⁶¹⁰. Dans la deuxième moitié des années cinquante, le changement de direction et les restrictions budgétaires créèrent une situation plus favorable à l'industrialisation des procédés de rédaction. A partir de la mise en place de l'atelier pilote en 1959, essentiellement destiné à évaluer et adapter les procédés de traçage et arrachage sur couches mis au point à l'étranger, la généralisation de ces nouvelles techniques fut rapide. En deux mois, l'atelier avait mené des études se prononçant pour l'utilisation de la couche en stabilène étendue sur un support en mylar, de fabrication américaine, et des outils suisses, qui furent modifiés par l'atelier de précision de la 5^{ème} direction¹⁶¹¹. Des essais menés en juillet 1959 sur quelques coupures du 1 : 20 000 montrèrent un certain gain de temps, une excellente qualité du trait et une simplification notable des opérations de copie. En 1960, le tracé sur couche fut définitivement adopté pour les cartes au 1 : 20 000 et au 1 : 25 000, puis généralisé à la révision du 1 : 20 000 et à la rédaction du 1 : 50 000¹⁶¹². Le procédé des couches d'arrachage fut aussi rapidement généralisé, malgré l'irrégularité inexplicée des résultats obtenus par l'atelier pilote. Selon les rapports officiels, le « gain de temps et de précision [était] si important que le Chef de la 4^e direction [avait] pris la décision peut-être aventureuse d'utiliser exclusivement ce procédé en 1960 pour l'établissement des masques du programme du 50.000^e et des feuilles côtières de l'Atlantique »¹⁶¹³, illustrant encore une fois l'impérieuse pression industrielle qui se développait à l'IGN.

Après l'adoption officielle de ces deux nouveaux procédés, de nouvelles études comparatives détaillées furent menées. Leurs résultats confirmèrent le gain de temps, mais celui-ci restait relativement limité, surtout en terrain accidenté, au maximum 10 % pour les planches de traits et de courbes de niveau. Ils soulignèrent également que le coût supérieur du support (environ trois fois plus cher qu'un zinc habillé) était compensé par les économies en heures de laboratoire grâce à la simplification du procédé de reproduction.

¹⁶⁰⁹ Le tirage était généralement effectué par contact ou par projection. Georges Alinhac affirmait ainsi un peu rapidement que la rédaction sur couches supprimait toutes les opérations photographiques, puisqu'il excluait les opérations par contact « très simple », qui n'exigeaient certes pas « l'emploi de l'appareil photographique », mais toujours le traitement en laboratoire.

¹⁶¹⁰ Voir infra, partie 4, chapitre 4.1.3.3.

¹⁶¹¹ Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 17.

¹⁶¹² Exp. IGN 1960, p. 2.

¹⁶¹³ Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 19.

Ces études déterminèrent également qu'une artisanne¹⁶¹⁴ pouvait être formée aux nouveaux procédés avec « un stage d'adaptation de trois semaines à un mois, suivi de la rédaction sous surveillance d'une feuille complète »¹⁶¹⁵, confirmant qu'il serait assez facile d'assurer la reconversion d'un personnel dispersé et moins encadré que les agents intérieurs. Je trouve particulièrement significatif que ces premières études aient été consacrées aux aspects purement industriels des nouvelles méthodes (rendement, coût de revient, formation du personnel), comme pour certifier la pertinence de la transition technique engagée.

Mais, cette pertinence fut rapidement remise en cause par de nouvelles études menées en 1961. Celles-ci montrèrent que l'utilisation régulière du tracé sur couches dans les travaux de la carte de France tendait à infirmer les conclusions des études précédentes, avec « pour une feuille moyenne [...] une légère perte de temps dans la rédaction, [...] augmentant avec la complexité de la feuille »¹⁶¹⁶. En particulier, le dessin des planches de courbes de niveau se révélait plus lent, la « chiffraison »¹⁶¹⁷ des courbes pouvant prendre 50 à 75 % de temps en plus qu'avec la méthode du dessin. La qualité du tracé sur couches elle-même était fortement remise en question, notamment parce que l'outillage plus complexe utilisé nécessitait un entretien délicat dont les carences pouvaient nuire à la précision de la rédaction. En conséquence, la vérification et la mise au point (correction après la vérification) se révélaient également plus lentes, malgré les facilités apportées par la transparence, fortement limitée en fait par l'opacité de la couche. La conclusion de ces études était particulièrement critique : du seul point de vue de la rédaction, les procédés sur couches étaient jugés « peu avantageux pour la plupart des feuilles de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 »¹⁶¹⁸, notamment parce que la rédaction ne se faisait pas à l'échelle de publication.

La réaction de la direction de l'IGN face aux conclusions de ces nouvelles études fut particulièrement significative de la prépondérance des préoccupations industrielles. Loin de remettre en cause un choix que le rapport d'activité de la 4^e direction qualifiait lui-même d'« aventureux » en 1961¹⁶¹⁹, la direction insista sur les avantages aux niveaux de la reproduction, du tirage en presse offset et des travaux de révision, c'est-à-dire dans les domaines où la carte était un objet physique, donc un produit commercialisable. Elle laissait ainsi entrevoir que les véritables motivations de l'adoption de la rédaction sur couches n'étaient pas sa rapidité ou sa précision, mais bien la simplification, la rationalisation et l'accélération du processus de production. En s'opposant à l'emploi parallèle de deux procédés qui ne ferait que complexifier le processus de rédaction et en lançant un vibrant appel pour « s'accrocher au procédé du tracé »¹⁶²⁰, elle témoignait également d'un attachement aux innovations techniques favorisant l'industrialisation.

4.1.3. Les conséquences d'une mutation profonde.

¹⁶¹⁴ Jusqu'en 1974, le travail de rédaction à domicile était uniquement réalisé par des femmes, appelées « artisanne » jusqu'en 1959, puis « dessinatrice ».

¹⁶¹⁵ Rapp. 4^e dir. IGN 1960, p. 28.

¹⁶¹⁶ Rapp. 4^e dir. IGN 1961, p. 20.

¹⁶¹⁷ Certaines notices techniques, ainsi que des notes sur les cartes mêmes, emploient ce barbarisme pour désigner l'inscription des altitudes sur les courbes de niveau.

¹⁶¹⁸ Rapp. 4^e dir. IGN 1961, p. 22.

¹⁶¹⁹ Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 19.

¹⁶²⁰ Rapp. 4^e dir. IGN 1961, p. 22.

4.1.3.1. Une mutation subite.

L'adoption de la rédaction sur couche constituait le cœur d'une mutation profonde et subite de pratiques de rédaction cartographique qui étaient restées relativement stables pendant plus de trente ans. En à peine une demi-douzaine d'années, l'IGN avait adopté les premiers supports plastiques, le tracé et l'arrachage sur couches, mais aussi la composition photographique des écritures ou l'archivage sur planches-mères plastiques, en remplacement des anciens « zincs d'archivage lourds et encombrants »¹⁶²¹. Inspirée par les progrès récents de l'industrie des matières plastiques et des procédés de rédaction cartographique eux-mêmes, essentiellement dus à des recherches étrangères, cette mutation avait été imposée par la direction de l'IGN sur des critères qui tenaient moins d'une analyse rationnelle des qualités techniques des nouveaux procédés que d'une volonté d'industrialisation du processus de rédaction et de reproduction des cartes.

Mais si la pression industrielle avait été prépondérante, le désir de suivre le progrès technique participait également, comme dans toute l'histoire de la cartographie moderne, à ce renouvellement des méthodes. Cette résistance à la volonté d'industrialisation empêchait l'IGN de se contenter d'une efficacité de la rédaction sur couche à peu près égale à la méthode du dessin. L'usage régulier des nouveaux procédés entraîna évidemment des perfectionnements purement techniques (amélioration des instruments, des méthodes, des compétences des opérateurs), mais leur impact sur la confirmation de la validité du choix de la rédaction sur couche fut limité. La brièveté de la transition technique montrait l'influence profonde qu'avaient les procédés de rédaction et de reproduction sur l'ensemble du travail cartographique : en définitive, ce furent des changements beaucoup plus radicaux dans d'autres domaines de ce travail qui permirent d'accroître l'efficacité des nouveaux procédés dans les travaux de la carte de France.

4.1.3.2. Modification des procédés de restitution.

La solution qui fut développée le plus tôt était d'exécuter la restitution photogrammétrique directement sur une couche à tracer. Elle fut étudiée dès 1959 par l'atelier pilote et le service de la photogrammétrie, « en vue de permettre la copie directe de l'orographie des stéréominutes sans reprise en dessin »¹⁶²², sauf pour les régions accidentées où les courbes étaient particulièrement serrées. Une série d'expériences permit de faire les mises au point nécessaires. En 1961, la 4^{ème} direction insistait sur le fait que « les succès obtenus par le tracé direct sur couche des courbes dans les appareils de restitution [représentait] un progrès considérable qui à lui seul justifierait la méthode du tracé »¹⁶²³. Elle constituait effectivement une avancée significative dans l'industrialisation et la rationalisation du processus cartographique en supprimant une étape de reproduction photographique. Sous l'influence d'une politique volontariste, le tracé sur couche sous l'appareil de restitution fut rapidement généralisé. Avec la mise au point du type 1972¹⁶²⁴, l'établissement des stéréominutes fut également modifié. La restitution était dorénavant effectuée à une échelle égale ou supérieure au 1 : 25 000 sur deux couches à tracer, l'une portant la planimétrie et l'hydrographie, l'autre l'orographie. La première était reproduite sur un support transparent qui recevait les additions de la photo-identification, la toponymie et les cotes des points

¹⁶²¹ CUENIN R. L'évolution des techniques cartographiques. *Op. cit.*, p. 31.

¹⁶²² Rapp. 4^e dir. IGN 1959, p. 17.

¹⁶²³ Rapp. 4^e dir. IGN 1961, p. 22.

¹⁶²⁴ Voir infra, « Après 1960... », 2.

remarquables. Les deux stéréominutes étaient ensuite combinées sur un film stable, servant notamment aux reproductions pour les besoins du complètement¹⁶²⁵.

4.1.3.3. Remise en cause des spécifications des cartes de France : aux sources du type 1972.

Une solution beaucoup plus radicale fut rapidement envisagée. De nombreux spécialistes exprimaient une conscience aigüe des rapports étroits entre les procédés de rédaction et les spécifications des cartes rédigées. Dès le début du développement de la rédaction sur couche, ils envisagèrent sous différentes modalités l'évolution de ces spécifications pour les adapter aux nouveaux procédés. La 4^{ème} direction de l'IGN affirmait ainsi en 1961 « que c'[était] dans l'adaptation des signes conventionnels que l'on [pourrait] réaliser d'importantes économies »¹⁶²⁶ en accélérant le tracé sur couche, regrettant que son personnel insuffisant ne lui permette pas de poursuivre ces études. Plus optimiste, Georges Alinhac écrivait en 1962 que « les factures actuelles, modelées par le dessin [...] [tendraient] inévitablement, dans un avenir plus ou moins proche et plus ou moins progressivement, à s'aligner sur les modalités d'application les plus simples et les plus rationnelles du nouveau procédé »¹⁶²⁷. Mais malgré d'importantes modifications comme la généralisation du 1 : 25 000 ou la brève adoption du très impopulaire type 1968, les spécifications des cartes de France ne connurent pas de changements orientés vers leur optimisation pour la rédaction sur couches avant l'extrême fin des années soixante et la définition du type 1972¹⁶²⁸.

4.2. Entre objectivité scientifique et industrialisation, le retour de la tentation topométrique.

Depuis le 17^e siècle, la cartographie n'a cessé de s'inscrire de plus en plus exclusivement dans une conception scientifique pour laquelle le progrès technique est un moyen d'augmenter la précision des documents cartographiques et leur faire atteindre une perfection incarnée par l'idéal d'objectivité scientifique. La généralisation de la triangulation, la géométrisation de la représentation du relief, et plus tardivement le développement considérable de l'instrumentation cartographique, depuis les levés de précision jusqu'à la photogrammétrie aérienne, participaient de cette « scientificisation » de la cartographie dont les cartes elles-mêmes offrent un témoignage précieux à travers leur présentation graphique. Cette « scientificisation » partage des préoccupations essentielles avec le mouvement d'industrialisation de la cartographie, en particulier un souci de rationalisation des procédés qui passe par la réduction, voire la suppression, de leurs aspects artistiques. Au cours des années cinquante et soixante, elle servit d'ailleurs d'alibi à la résurgence de ce que j'ai appelé la *tentation topométrique*, encore plus fortement liée à la volonté de mécanisation de la représentation cartographique que dans les années vingt. A l'opposé de cette normalisation industrielle, la carte inachevée du Mont Blanc au 1 : 10 000 représentait le chant du cygne d'une cartographie figurative et artistique, héritière de la conception des topographes-alpinistes.

¹⁶²⁵ Il pouvait également être reproduit pour les usagers ayant un besoin urgent d'une représentation topographique récente, mais cette solution n'eût pas beaucoup de succès d'après Sinoir. SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 57.

¹⁶²⁶ Rapp. 4^e dir. IGN 1961, p. 22.

¹⁶²⁷ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. Op. cit., p. 85.

¹⁶²⁸ Voir infra, « Après 1960... », 2.1.2.

4.2.1. La « scientificité » dans le discours cartographique.

4.2.1.1. L'habillage, un indicateur pertinent de la conception scientifique de la cartographie.

Si j'ai longuement insisté sur l'affirmation de la conception scientifique de la cartographie dans l'évolution des techniques et méthodes de levé, je n'ai pas encore souligné le rôle de la présentation graphique des cartes dans la dimension symbolique de cette affirmation. En tant que médium graphique, la carte est un instrument de communication que sa nature extrêmement synthétique, réunissant dans une image unique une grande quantité d'informations géographiques diverses, rend particulièrement complexe. Dans son *Empire des cartes*, Christian Jacob insiste sur le fait que « la métaphore et la rhétorique sont omniprésentes dans le "discours cartographique", qui ne saurait se réduire aux seules lois quantifiables de la mesure et de la représentation topographique »¹⁶²⁹. A sa suite, je pense que la scientificité de la carte ne se manifeste pas seulement dans les méthodes employées pour la dresser ou dans sa forme brute, le dessin cartographique, qui pourrait également être qualifié de forme *nue* par opposition avec la notion d'*habillage* regroupant tous les éléments autres que le dessin lui-même : échelle graphique ou numérique, quadrillage, légende, péri-texte éditorial, etc. Cet habillage n'est pas un simple complément au dessin cartographique. Je pense qu'il cumule d'autres fonctions plus importantes : la *certification* de la validité des données présentées, à travers de multiples références institutionnelles censées la garantir ; et l'*affirmation* de cette validité, à travers une rhétorique plus ou moins complexe dont le but est de convaincre l'utilisateur de la valeur scientifique des méthodes employées, puisque le postulat que seule la science permet une cartographie « exacte » et « objective » a depuis longtemps été adopté et naturalisé dans la culture occidentale. Je considère donc que l'évolution historique de l'habillage des cartes topographiques est un indicateur extrêmement pertinent pour étudier l'image que les éditeurs voulaient donner de la carte comme document graphique.

La base de données que j'ai conçue pour analyser mon corpus de feuilles comporte une section consacrée au codage de l'habillage¹⁶³⁰. Elle est organisée autour de la notion d'*item*, un terme par lequel je désigne les éléments relativement primaires de l'habillage comme par exemple les amorces d'un quadrillage, les groupes d'éléments d'une légende ou une indication éditoriale comme le titre de la feuille ou son numéro. Chacun de ces items est défini par un niveau de complexité sur une échelle comportant trois niveaux, selon les connaissances scientifiques ou cartographiques nécessaires pour la compréhension de l'information donnée par cet item¹⁶³¹ :

- niveau 1 : item ne nécessitant aucune connaissance cartographique ou scientifique, comme par exemple le titre de la feuille, le nom de l'éditeur, la date d'impression, le prix, ou des informations administratives comme l'indication d'une carte secrète ou réservée aux militaires (28 items) ;
- niveau 2 : item nécessitant une connaissance cartographique ou scientifique de base, comme par exemple les échelles graphiques et numériques, les légendes, le numéro de la feuille et les tableaux d'assemblage (42 items) ;

¹⁶²⁹ JACOB Christian. *L'Empire des cartes*. Op. cit., p. 24.

¹⁶³⁰ Voir Annexe 2.

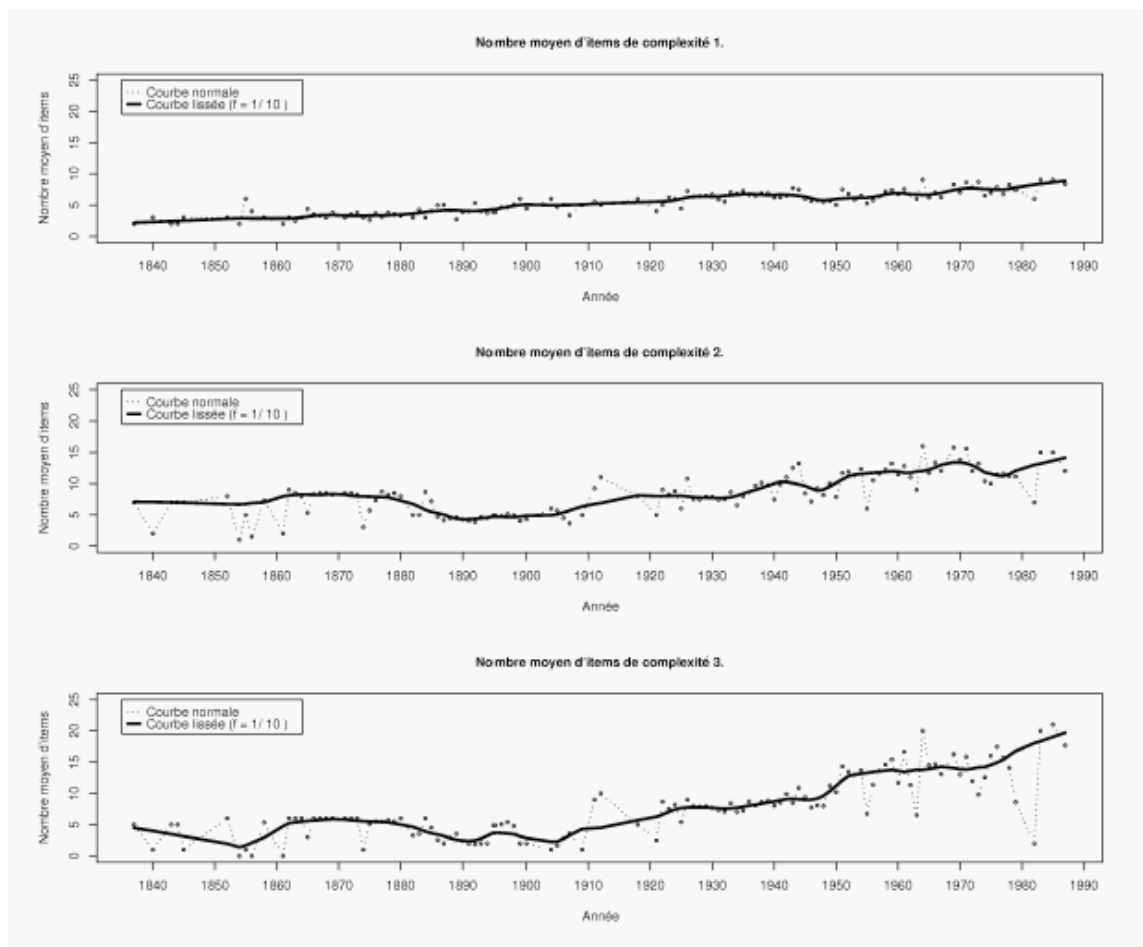
¹⁶³¹ Pour une liste des différents items et du niveau de complexité que je leur ai attribué, consulter la base de données en

ligne : <http://carto.folkup.com>

- niveau 3 : item nécessitant une véritable connaissance cartographique ou scientifique, comme par exemple les échelles de pente, les informations géologiques, les quadrillages, les indications de triangulation ou de système de projection (65 items).

4.2.1.2. La complexification de l'habillage, conséquence de la technicisation et de la normalisation cartographique.

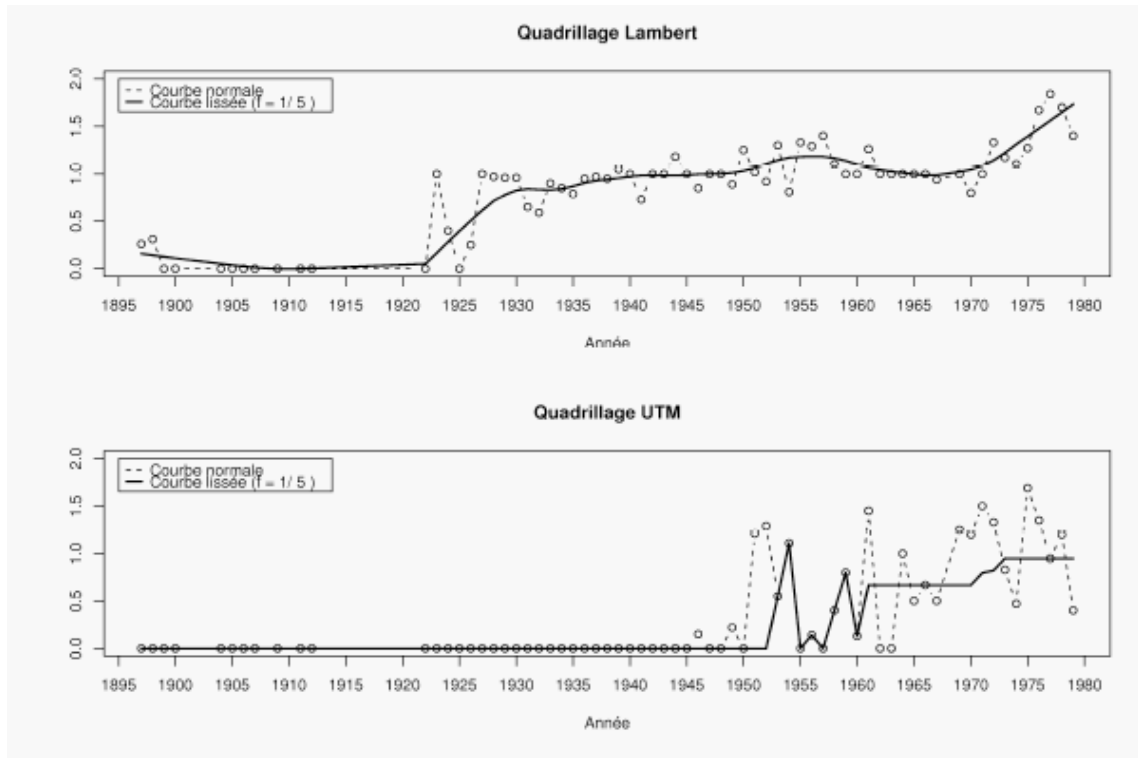
Le graphique suivant montre l'évolution du nombre moyen d'items de chaque catégorie pour les feuilles publiées entre 1837 et 1987 (graphique 31). L'augmentation globale du nombre d'items de tous les niveaux témoigne d'une complexification générale mais lente de l'habillage. De multiples facteurs peuvent expliquer cette évolution, mais je considère que les plus importants sont l'adoption de procédés de reproduction plus souples permettant de mettre plus d'informations dans les marges de la carte sans trop augmenter le coût de revient (contrairement à la gravure sur cuivre), et la diversification des utilisations des cartes nécessitant plus d'informations différentes. J'explique la baisse entre 1880 et 1920, plus marquée pour les items complexes, par les nombreuses publications de plans directeurs en petites coupures dénudées ne comportaient que les informations strictement éditoriales. Ensuite, l'augmentation plus importante du nombre d'items de complexité 3 est d'autant plus marquant qu'il devient nettement supérieur aux nombres d'items de complexité 1 et 2.



Graphique 31 : Evolution du nombre moyen d'items dans l'habillage des cartes, de 1837 à 1987.

L'évolution du nombre d'items traduit une complexification de l'habillage qui reflète bien la complexification de l'édition cartographique elle-même, induite par la diversification des utilisations et la technicisation du processus cartographique, mais aussi par la pression normative des institutions nationales et internationales. En particulier, l'accroissement du nombre de références géodésiques entre 1945 et 1955 (graphique 31, complexité 3) s'explique par la coexistence sur les feuilles de la carte de France de normes nationales et internationales, sous la pression de l'OTAN et des Etats-Unis qui finançaient une grande partie des travaux cartographiques français. Cette période vit la généralisation sur les feuilles du quadrillage kilométrique UTM, dérivé du système de projection Universal transverse mercator, en plus du quadrillage kilométrique basé sur le système de projection Lambert généralisé en France après la première guerre mondiale (graphique 32). De la même façon, les informations géodésiques étaient de plus en plus souvent données à la fois en coordonnées de la nouvelle triangulation de la France et en coordonnées du

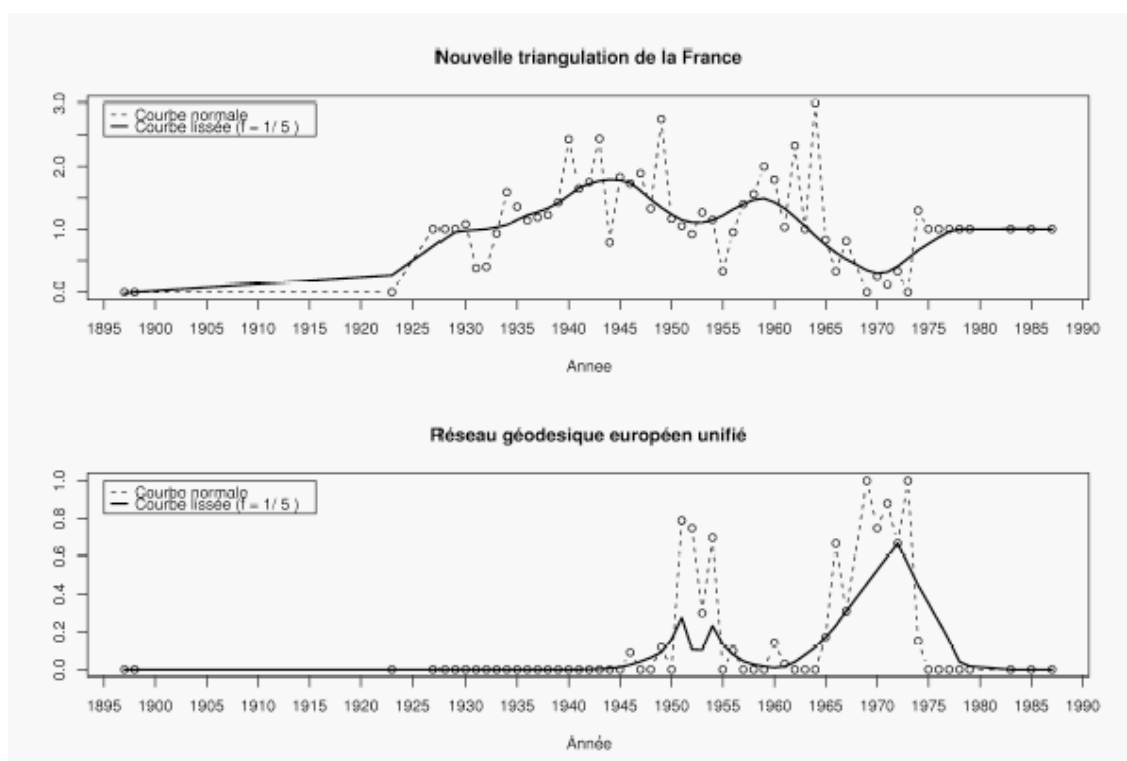
système géodésique européen unifié¹⁶³². Les deux graphiques suivants montrent l'utilisation croissante de ces normes multiples sur les feuilles publiées par le service officiel français et le service cartographique américain (graphiques 32 et 33).



Graphique 32 : Evolution de la proportion des quadrillages utilisées sur les feuilles publiées entre 1897 et 1987*.

* La proportion parfois supérieure à 1 s'explique par le chevauchement des différentes zones des quadrillages dans les Alpes (zones centre et sud pour le quadrillage Lambert, fuseaux 31 et 32 pour le quadrillage UTM).

¹⁶³² Les cartes de France étaient toujours établies dans le système de projection Lambert et sur la base de la nouvelle triangulation. Les références à d'autres systèmes, y compris le quadrillage UTM en surimpression sur les feuilles, n'étaient données qu'à titre complémentaire. Elles étaient d'ailleurs déterminées par un transfert dans les systèmes officiels de la carte de France.



Graphique 33 : Evolution de la proportion des triangulations citées sur les feuilles publiées entre 1897 et 1987*.

* Le spectre plus large pour la Nouvelle triangulation de la France (NTF) s'explique par les multiples références à d'autres triangulations ramenées à la NTF.

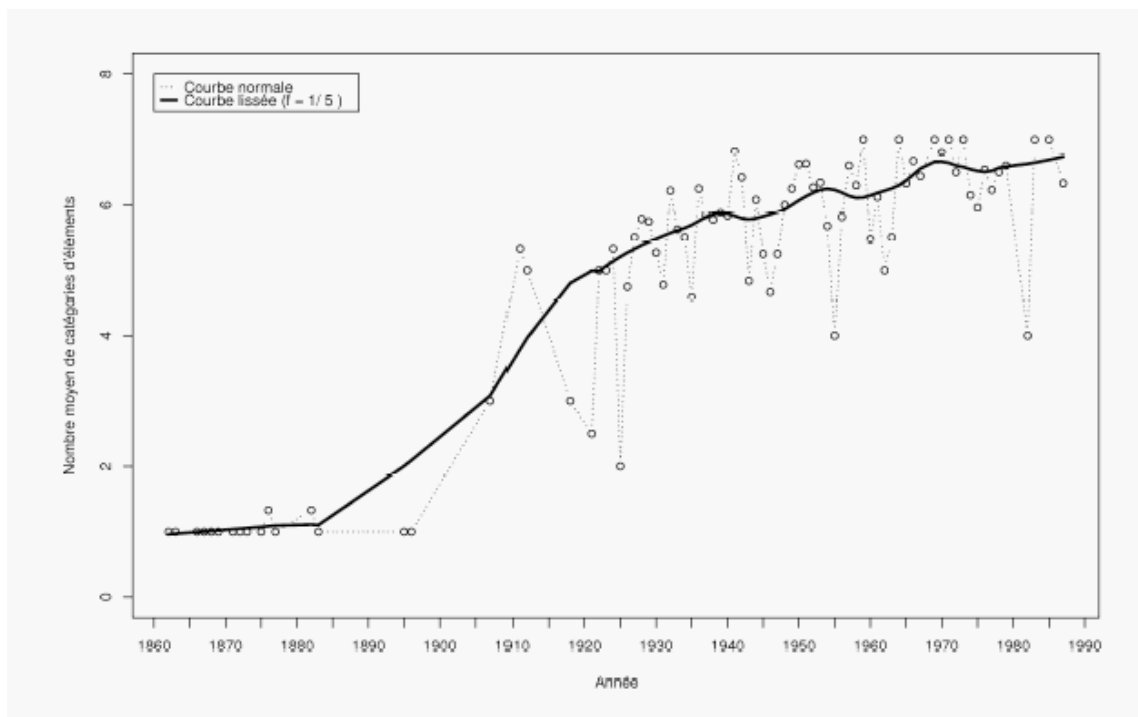
De façon particulièrement nette, l'application du type 1972 marque la généralisation des quadrillages Lambert et UTM, ainsi que l'arrêt des mentions du réseau géodésique européen unifié. Avec l'achèvement de la nouvelle triangulation de la France dans les Alpes, les références à d'autres triangulations ramenés à la NTF diminuent régulièrement au cours des années cinquante et soixante. Là encore, l'adoption du type 1972 marque une normalisation de la présentation : la stabilisation de la courbe de la NTF à une référence par feuille montre la généralisation des références uniques à cette triangulation.

4.2.1.3. L'intégration de la documentation annexe.

Même si la complexification de l'habillage procédait essentiellement de facteurs externes, la technicisation et la normalisation toujours plus grande des méthodes cartographiques, je pense que leur traduction directe dans la présentation des cartes participait également à une complexification du discours sur la cartographie destiné aux usagers, conséquence de la diversification des utilisations. Au 19^e siècle, l'emploi majoritairement militaire et administratif des cartes officielles avait maintenu la rhétorique du service cartographique dans le registre des arguments d'autorité simples : la seule mention d'une édition par le Dépôt de la guerre ou le Service géographique national suffisait à assurer de la qualité du document. Surtout, la carte s'adressait à des utilisateurs le plus souvent compétents. Elle ne constituait qu'une partie d'un ensemble de ressources, parmi lesquels se trouvait les tableaux de signes conventionnels, les publications des calculs de la triangulation, et les comptes-rendus de manœuvre pour les militaires, par exemple. Mais au cours du 20^e

siècle, la carte n'a cessé de s'ouvrir à de nouveaux utilisateurs qui n'avaient pas accès ou ne connaissaient même pas l'existence de cette documentation annexe, qui dut donc être en partie incorporée à l'objet-carte lui-même. Dans un colloque consacré à la cartographie des régions montagneuses en 1973, Cuenin rappelait clairement cette nécessité en affirmant que « l'habillage et la légende [devaient] fournir à l'utilisateur tous renseignements utiles, sans initiation spéciale et sans nécessité de recourir à des documents annexes tels que tableaux de signes conventionnels »¹⁶³³. De ce point de vue, l'augmentation régulière du nombre de cotes d'altitude n'était pas seulement une concession aux demandes des alpinistes, mais aussi une intégration dans le dessin même de la carte des listes de coordonnées géographiques issues de la triangulation.

L'évolution du contenu des légendes est révélatrice de l'incorporation des tableaux de signes conventionnels dans l'habillage de la carte (graphique 34). Alors que la carte d'état-major et les plans directeurs ne comportaient aucune légende¹⁶³⁴, les types successifs des cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 connurent un accroissement systématique du nombre de catégories d'éléments présentées dans les légendes (voies de communication, limites administratives, constructions diverses, géodésie, hydrographie, orographie, glaciologie), dont le but évident était de limiter la nécessité de consulter les tableaux complets des signes conventionnels. Cette intégration de la documentation annexe reflétait également l'accession de la carte à une place centrale dans la documentation géographique, sous l'influence, entre autres, de la tradition vidalienne de la géographie, même si l'utilisation de nouveaux documents se développa à partir des années cinquante (photographies aériennes, orthophotographies, bases de données topographiques)¹⁶³⁵.



¹⁶³³ CUENIN. Besoin des usagers et définitions des spécifications. In *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses*, Paris – 23 mai 1973. Paris : Institut géographique national, 1973, p. 11.

¹⁶³⁴ A l'exception, dans mon corpus, de certaines éditions des plans directeurs en coupure double monochrome.

¹⁶³⁵ Voir infra, « Après 1960... », Conclusion.

Graphique 34 : Evolution du nombre moyen de catégories d'éléments dans les légendes des feuilles publiées entre 1860 et 1987.

4.2.1.4. Le reflet d'une rhétorique d'autorité scientifique.

Dans un mouvement assez paradoxal, moins l'utilisateur était spécifiquement formé à la lecture de la carte¹⁶³⁶, plus la carte s'équipait d'un habillage complexe détaillant ses bases scientifiques et techniques. En plus d'une intégration de la documentation annexe, je pense qu'il s'agissait d'une évolution du discours d'autorité lui-même, s'adaptant à la technicisation de la société et aux nouvelles utilisations de la carte. En effet, la diversification des utilisateurs qui n'appartenaient pas aux services officiels (industriels, scientifiques, touristes) nécessitait d'affirmer d'une nouvelle façon la qualité et la validité du document. Une partie toujours plus importante des utilisateurs n'avait pourtant pas les connaissances requises pour comprendre la majorité du contenu de l'habillage. Les éléments techniques et scientifiques entraient donc dans une nouvelle forme de discours d'autorité, une rhétorique de la scientificité qui n'a cessé de se développer depuis le début du 20^e siècle dans de nombreux autres domaines que la cartographie.

4.2.2. Limiter l'aspect artistique de la rédaction cartographique.

Au-delà de sa généralisation dans l'habillage comme rhétorique d'autorité, la conception scientifique de la cartographie continua de s'affirmer dans des méthodes cartographiques qu'elle dominait depuis la fin du 19^e siècle. Dans la même dynamique que le fantasme d'une méthode de levé direct « en quelque sorte mécanique », pour paraphraser Berthaut¹⁶³⁷, au tournant du 20^e siècle¹⁶³⁸, ou que les essais d'une représentation du relief exclusivement en courbes de niveau dans les années vingt¹⁶³⁹, l'IGN expérimenta dans les années cinquante et soixante de nouvelles méthodes qui, si elles ne furent pas systématiquement adoptées dans la pratique régulière, reflétaient la volonté de s'affranchir de la partie artistique de la rédaction cartographique.

4.2.2.1. L'échec de l'estompage photographique.

Pour l'édition avec estompage du 1 : 50 000, et même plus tardivement pour le 1 : 25 000 et le 1 : 50 000 type 1972¹⁶⁴⁰, la planche d'estompage était normalement obtenue par dessin au lavis sur un fond orohydrographique portant en bleu actinique l'hydrographie et les courbes de niveau. Ce dessin était effectué à l'échelle de rédaction, « soit au pinceaux, soit à l'aérographe, le premier [convenant] mieux aux formes détaillées, le second aux grandes dégradés »¹⁶⁴¹. Il était ensuite photographié et tramé pour obtenir la planche d'estompage :

¹⁶³⁶ C'est-à-dire, plus la lecture de la carte rentrait dans un ensemble diffus de connaissances culturelles qui ne provenait pas de formations et d'instructions spécifiques, comme celles qui étaient dispensées aux officiers militaires par exemple.

¹⁶³⁷ Selon lui, dans la méthode des levés de précision, « le figuré du terrain lui-même, en courbes filées, se construit en quelque sorte *mécaniquement* ». BERTHAUT Colonel. *La Carte de France*. T.2. *Op. cit.*, p. 326.

¹⁶³⁸ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.1.

¹⁶³⁹ Voir supra, partie 3, chapitre 4.3.1.

¹⁶⁴⁰ Dans mon corpus, les feuilles au 1 : 25 000 ne commencent à avoir systématiquement un estompage qu'en 1976.

¹⁶⁴¹ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.1. *Op. cit.*, p. 99.

comme cette opération atténuait les contrastes, le dessinateur devait prévenir cette perte en accentuant un peu plus son dessin que le résultat escompté au tirage.

Le principe même de l'estompage reposait sur un dessin simulant un éclairage qui, conventionnellement, était formé de rayons parallèles provenant du nord-ouest. Il fut assez tôt envisagé d'obtenir directement cet estompage en photographiant un plan relief correctement éclairé, même si l'échec de la conception d'un diapason uniforme pour les effets d'estompage avait déjà souligné par le passé la nécessité d'une certaine souplesse dans leur application. L'ambition était explicitement d'obtenir un résultat « plus proche de la vérité » pour des effets qui avaient toujours été jugés comme « un simple moyen d'expression artistique, certes puissant et quasi-indispensable pour la plupart des cartes topographiques, mais sans valeur géométrique et même sans rapport avec l'éclairement naturel du terrain tel qu'il apparaît sur les photos aériennes »¹⁶⁴². Cette méthode ne pouvant être utilisée que pour les cartes disposant d'une édition en relief, elle ne concerna aux échelles topographiques que la carte de France au 1 : 50 000. Expérimentée dès le milieu des années trente¹⁶⁴³, elle se formalisa dans les années cinquante avec l'obtention des deux éclairages utilisés pour l'estompage dans le type 1922 par la combinaison de deux négatifs, l'un du relief peint en blanc mat et éclairé à 45° (éclairage oblique), l'autre du relief teinté en noir brillant et éclairé perpendiculairement (éclairage zénithal)¹⁶⁴⁴.

Mais si le rendu était jugé « plus vrai » qu'avec le dessin, il était aussi « moins accentué et moins expressif »¹⁶⁴⁵, la réalisation photographique ne permettant pas d'assouplir les règles théoriques d'éclairage pour mettre en valeur certaines lignes morphologiques définies comme caractéristiques. Généralement trop doux, l'estompage photographique souffrait également d'une déformation perspective difficile à éliminer complètement dans les régions montagneuses, qui compliquait le repérage avec les courbes. Employé de façon expérimentale dans les Alpes à la fin des années trente (feuilles *Saint-Christophe* publiée en 1935 et *La Grave* en 1938), il fut utilisé plus régulièrement dans les années quarante et cinquante dans des zones au relief très différent, de la plaine du Genevois à la haute montagne du massif du Mont Blanc, mais sans jamais être généralisé (carte 30). Dans mon corpus, seules douze feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 présentaient un estompage photographique, sur les quatre-vingt-treize publiées entre 1940 et 1961, soit environ 13 %. La nécessité de disposer d'un plan relief allongeait fortement le temps de réalisation des feuilles : ce fut d'ailleurs essentiellement cet obstacle à un rendement industriel qui entraîna l'abandon de cette méthode à l'IGN en 1961.

Les essais d'estompage photographique participaient de la conception scientifique de la cartographie, qui cherchait les méthodes les plus rationnelles possibles, c'est-à-dire limitant au maximum l'interprétation humaine basée sur des qualités aussi peu rationnelles que l'expérience ou l'impression. Si cette méthode fut finalement abandonnée à cause de ses résultats peu satisfaisants, du moins sans retouche *humaine*, et de son faible rendement, c'est-à-dire de son inadaptation aux deux préoccupations fondamentales dans la cartographie moderne de la précision et de la productivité, je considère que la persistance des expérimentations pendant presque trente ans témoigne clairement de l'ambition constante du service officiel de mettre au point des méthodes scientifiques de rédaction cartographique. Même si ce fut un échec pour l'estompage jusqu'à l'avènement

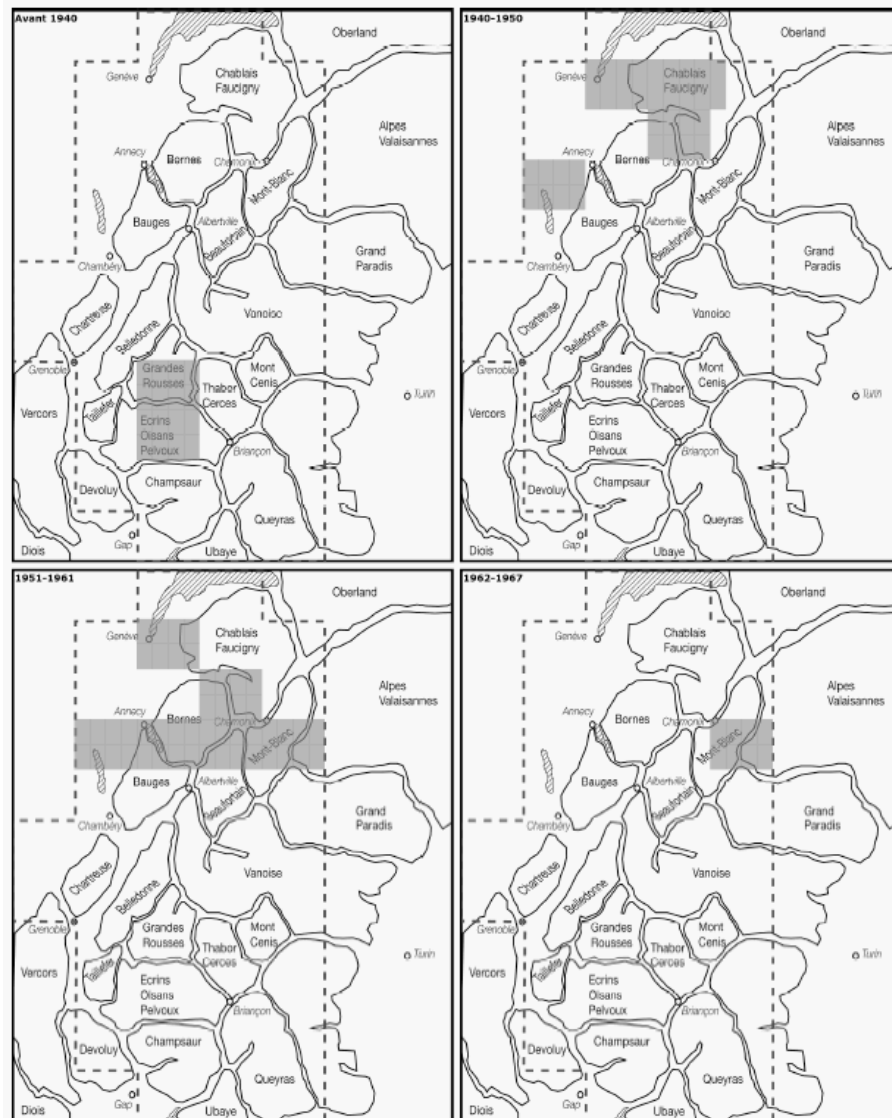
¹⁶⁴² ALINHAC Georges. Histoire de la cartographie des montagnes. *Op. cit.*, p. 6.

¹⁶⁴³ Rapp. SGA 1938-39, p. 48.

¹⁶⁴⁴ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.2. *Op. cit.*, p. 104-105.

¹⁶⁴⁵ *Ibid.*, p. 105.

des Modèles numériques du terrain (MNT) qui permirent de calculer l'estompage à partir de bases de données altimétriques, ces expérimentations reflétaient une volonté ancienne de limiter, voire de supprimer, l'approche artistique et artisanale de la rédaction cartographique, stigmatisée pour son manque de rationalité et son coût salarial.



Carte 30 : Répartition des feuilles dressées avec un estompage photographique*.

* Pour la période 1962-1967, il s'agit de feuilles rédigées avant 1962, mais publiées plus tardivement – les dernières applications de l'estompage photographique datant de 1961.

4.2.2.2. Une limitation de la part artistique et artisanale de la rédaction cartographique.

Alors qu'au 19^e siècle, la qualité de la carte d'état-major avait essentiellement reposé sur l'interprétation des topographes et le talent des graveurs, les méthodes de levés et de rédaction avaient connu une normalisation qui n'avait cessé de limiter l'aspect artistique au profit de compétences strictement techniques et de moins en moins artisanales. L'instrumentation des levés de précision, l'adoption de la photogrammétrie terrestre puis

la généralisation des levés aériens avaient marqué cette évolution au niveau des levés topographiques, qui fournissaient des minutes dans lesquelles la part d'interprétation du topographe était de plus en plus réduite, notamment par la mécanisation du tracé des courbes de niveau. Dans le domaine de la rédaction cartographique, l'abandon de la gravure directe à la fin du 19^e siècle, remplacée par le dessin sur papier reproduit par héliogravure sur la planche de zinc, puis la généralisation des procédés de rédaction sur couches dans les années soixante, participaient d'une même dynamique : limiter le talent artisanal et l'interprétation nécessaire au profit d'une compétence technique de plus en plus simple.

L'organisation même du personnel reflétait cette évolution vers une disparition des compétences artisanales. Je trouve que l'évolution des termes employés pour désigner les différentes catégories de personnel est particulièrement révélatrice. Jusqu'en 1959, les femmes travaillant à domicile pour la rédaction cartographique étaient qualifiées d'« artisanes », mais elles devinrent ensuite des « dessinatrices », une dénomination qui précisait momentanément leur fonction, mais supprimait surtout toute référence à une pratique artisanale. Je ne pense pas qu'il s'agisse d'une coïncidence si ce changement lexical s'opéra l'année même où débutaient les premiers essais étendus de rédaction sur couches. Deux ans plus tard, la généralisation de cette méthode confirmait la limitation des compétences demandées à des « dessinatrices » qui ne dessinaient plus vraiment : en concentrant la partie interprétative de la rédaction à l'étape de la préparation, assurée par du personnel interne plus qualifié, la nouvelle méthode faisait de l'étape du « dessin » une opération quasi-mécanique qui consistait essentiellement à suivre un tracé déjà établi sur le fond tiré. Je trouve tout aussi symbolique la disparition en 1973 du corps des artistes-cartographes, formé de spécialistes chargés d'encadrer la rédaction cartographique, par sa fusion avec le corps des ingénieurs des travaux géographiques de l'Etat. Après les années soixante dominées par la mutation industrielle du service cartographique, les dernières références à un travail artistique étaient ainsi définitivement supprimées.

Si l'industrialisation était la principale raison du déclin artistique et artisanal de la rédaction cartographique, je pense que les motivations d'ordre scientifique ne doivent cependant pas être sous-estimées. Depuis les premiers projets d'une carte topographique de la France au début du 19^e siècle se manifestait une tendance scientifique qui cherchait à imposer une recherche de l'augmentation de la précision uniquement fondée sur des procédés parfaitement formalisés utilisant les instruments de mesure les plus récents. Mais au-delà de la normalisation et de l'instrumentation des méthodes qu'elle partageait avec l'approche industrielle, la tendance scientifique s'exprimait dans la rédaction cartographique par une volonté de géométrisation, dont l'expression la plus radicale consistait à envisager une représentation purement topométrique, c'est-à-dire uniquement basée sur la mesure du terrain (la topométrie) et limitant l'impact de son interprétation (la topologie) dans le cadre d'une représentation géométrique sans effet esthétique.

4.2.3. « Conserver la valeur géométrique de la courbe » : la tentation topométrique.

La tendance scientifique de géométrisation de la représentation cartographique se manifestait particulièrement dans la représentation du relief et dans la figuration des masses rocheuses proches de la verticale, qui restaient les parties les plus sensibles à l'aspect artistique de la rédaction cartographique, notamment à cause des limitations de la projection horizontale. Dans les années vingt, le levé des régions de haute montagne par photographies terrestres restituées au stéréoautographe avait déjà entraîné diverses

études autour d'une représentation strictement géométrique du relief, obtenue par les seules courbes de niveau restituées automatiquement¹⁶⁴⁶. Sous l'influence des topographes-alpinistes, le SGA avait finalement adopté un compromis entre une représentation géométrique et artistique, mais le développement de la photogrammétrie aérienne, les possibilités offertes par la restitution au stéréotopographe, la volonté d'industrialisation de la cartographie et le déclin de l'influence des topographes-alpinistes favorisèrent la résurgence, à la fin des années quarante, de ce que j'ai appelé la *tentation topométrique*, c'est-à-dire la volonté de représenter la topographie de façon purement géométrique – ce que Georges Alinhac exprimait parfaitement en parlant du « désir de conserver la valeur géométrique de la courbe »¹⁶⁴⁷.

4.2.3.1. L'industrialisation des levés et la figuration à l'effet du rocher.

Dans les années vingt, l'adoption du type 1922 et les expérimentations du SGA sur la représentation du relief uniquement en courbes de niveau avaient abouti à une méthode de figuration à l'effet du rocher qui était un compromis entre les approches scientifique et artistique¹⁶⁴⁸. D'un côté, les zones représentées en courbes de niveau étaient plus étendues, avec l'utilisation du bistre pour les terrains meubles et du noir pour les terrains rocheux, et le dessin du rocher était confié au topographe lui-même plutôt qu'au dessinateur pour assurer une meilleure représentation de la nature du terrain. D'un autre côté, la figuration du rocher ne se voulait pas spécialement artistique, mais elle prenait cependant les traits d'une caricature topographique dans laquelle l'opérateur devait exagérer les lignes caractéristiques du terrain et appliquer un éclairage oblique, qui avait toujours été critiqué par les défenseurs d'une représentation géométrique. Ce compromis impliquait donc une tension paradoxale entre les volontés d'objectivité scientifique et d'expressivité, que je trouve particulièrement évidente dans ce passage du rapport d'activité du SGA de 1932 :

« La "représentation à l'effet" des massifs rocheux doit donner un figuré de terrain très expressif, tout en conservant dans le détail – comme le permet l'échelle – la fidélité obtenue par les procédés photogrammétriques de levé sur la minute dessinée en courbes. »¹⁶⁴⁹

Bien accueillie par les utilisateurs exigeants qu'étaient les alpinistes¹⁶⁵⁰, cette méthode fut utilisée jusqu'au milieu des années cinquante. Au cours des années vingt et trente, le SGA fournit un remarquable effort pour mettre à jour les feuilles de montagne, en particulier dans les Alpes où certaines coupures furent l'objet d'une révision de terrain spécialement consacrée à la représentation du rocher. Dans les dossiers topographiques, j'ai ainsi trouvé la trace de la révision de dix-sept coupures entre 1924 et 1926 pour la zone géographique couverte par mon corpus. Au niveau de la rédaction elle-même, la difficulté de reprendre les dessins ou croquis effectués par le topographe sur le terrain était résolue en faisant appel à des artistes spécialisés, une solution rendue possible par la faible production annuelle du SGA et la disponibilité d'un personnel qualifié.

La généralisation des procédés de restitution mécanisée de levés photographiques terrestres, puis aériens, modifia sensiblement la méthode de représentation du rocher, sans

¹⁶⁴⁶ Voir supra, partie 3, chapitre 4.3.

¹⁶⁴⁷ ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. T.3. *Op. cit.*, p. 9.

¹⁶⁴⁸ Voir supra, partie 3, chapitre 4.3.2.

¹⁶⁴⁹ *Rapp. SGA 1931-32, p. 158.*

¹⁶⁵⁰ En partie parce qu'ils avaient été consultés sur sa définition, Voir supra, partie 3, chapitre 4.3.2.1.

toutefois revenir sur la conception même de sa figuration à l'effet. La restitution permettait d'obtenir « la mise en place rigoureuse de toute l'ossature rocheuse et le tracé des courbes de niveau »¹⁶⁵¹, et la précision qu'elle atteignit à la fin des années trente permit de développer l'emploi des courbes dans des zones auparavant représentées à l'effet, tant que la pente et l'équidistance adoptée ne faisaient pas se toucher les courbes. Mais le dessin à l'effet du rocher était encore largement utilisé pour donner une représentation plus lisible et expressive des zones fortement déclives, dans une facture qui respectait les bases posées à la fin des années vingt : un éclairage oblique et des hachures orientées pour rendre la nature de la roche. Toutefois, le dessin du rocher n'était plus effectué directement sur le terrain par le topographe, mais à l'atelier par un dessinateur spécialisé qui s'appuyait sur les courbes restituées, sur les photographies et sur les éventuelles indications des brigades de complètement.

La rédaction du rocher n'échappait pas aux nouveaux impératifs industriels de rendement et d'économie. Selon la quantité de terrain rocheux présente sur une coupure, le rocher était soit intégré sur la planche de noir, afin de limiter les coups de presse, soit tiré sur une planche différente de noir rompu quand les surfaces rocheuses étaient importantes. Dans les cas particulièrement difficiles des régions de haute montagne comportant de nombreux affleurements rocheux mêlés aux surfaces de sol ordinaires – cas qui échappait à la volonté de rationalisation industrielle –, le rocher était dessiné sur la planche de bistre portant les courbes de niveau afin d'assurer la meilleure intégration possible, puis les planches étaient séparées par sélection photographique¹⁶⁵². En même temps, l'effort industriel de rentabilité était satisfait par l'augmentation des surfaces représentées en courbes seules, puisque cette méthode reposait uniquement sur la restitution mécanique et limitait l'emploi du personnel hautement qualifié indispensable pour le dessin à l'effet du rocher.

4.2.3.2. Courbes « nues » ou « habillées », de nouveaux procédés plus topométriques.

Si pour la plupart des utilisateurs et des cartographes eux-mêmes, la figuration du rocher à l'effet présentait une expressivité et une précision très satisfaisantes, les partisans d'une représentation topométrique la critiquèrent de plus en plus sévèrement. Reprenant l'antagonisme ancien entre l'éclairage oblique et la représentation géométrique, ils reprochèrent à la mise en effet de ne pas être strictement basée sur la mesure, puisque les règles d'éclairage n'étaient pas systématiquement suivies et que certaines lignes étaient exagérées. Sur les cartes dépourvues d'estompage, ils critiquèrent également l'effet de « cloisonnement du relief » provoqué par l'utilisation d'un éclairage sur les seules masses rocheuses, ce qui rendait « très difficile sa perception d'ensemble »¹⁶⁵³.

Soutenue par la volonté industrielle de limiter les procédés complexes nécessitant des compétences trop spécialisées, cette critique scientifique de la figuration du rocher à l'effet aboutit à l'expérimentation de deux procédés différents : les courbes « nues » et les courbes « habillées ». Le premier consistait à conserver presque intégralement les courbes issues de la restitution, imprimées en noir franc ou rompu dans les zones rocheuses selon leur

¹⁶⁵¹ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.1. *Op. cit.*, p. 16.

¹⁶⁵² Les courbes de niveau étaient d'abord dessinées en rouge, pour pouvoir être éliminée du cliché du rocher en utilisant un filtre photographique rouge. ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.2. *Op. cit.*, p. 13.

¹⁶⁵³ *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses*. *Op. cit.* Présentation et étude critique des meilleures cartes française et étrangère, p. 8.

étendue sur la feuille, en limitant la mise à l'effet du rocher « à un habillage sommaire, quand il ne disparaissait pas complètement »¹⁶⁵⁴ (annexe 2, figures 13 et 14). Cette représentation en courbes pratiquement *nues* se rapprochait de celle expérimentée dans les années vingt, même si elle ne reprenait pas le système radical d'une représentation exclusivement en courbes de niveau que les spécialistes avaient jugé inapplicable aux échelles inférieures au 1 : 10 000. Le deuxième procédé consistait à imprimer toutes les courbes de niveau en bistre, mais à différencier les courbes de terrain rocheux en les dotant d'un *habillage* conséquent, c'est-à-dire en les complétant « par le dessin des fissures, éboulis, cannelures, etc..., identifiés sur les photographies »¹⁶⁵⁵. Exécuté directement sur la courbe, ce dessin était différent de la mise à l'effet ; celle-ci était d'ailleurs conservée, en bistre également, dans les zones trop déclives pour le tracé des courbes.

En limitant le recours au dessin à l'effet, ces deux procédés s'inscrivaient dans la tentation topométrique d'une représentation exclusivement géométrique du relief. Cependant, leurs conséquences pratiques restèrent limitées dans les Alpes du nord par l'avancée de la publication des cartes de France. En effet, compte tenu des difficultés financières de l'IGN, la majorité des feuilles dressées depuis les années vingt ne connut que des révisions avant l'application du type 1972, alors que seule une réfection aurait permis une modification profonde de la représentation du relief. Ainsi, dans mon corpus, les courbes nues ne furent employées que sur les feuilles *Mont Blanc*, *Chamonix* et *Saint-Gervais* dressées à partir des levés aériens du massif du Mont Blanc, selon moi surtout pour différencier la carte de France des cartes spécifiques du massif réalisées par les Vallot ou l'IGN¹⁶⁵⁶. Adoptées officiellement en 1954, les courbes habillées ne furent effectivement utilisées que sur quelques feuilles alpines. Malheureusement, le codage nécessairement restrictif des informations dans ma base de données ne permet pas de quantifier le nombre de feuilles utilisant ce procédé, notamment parce que le dessin à l'effet du rocher était maintenu dans certaines zones et que la quantification des surfaces couvertes par une figuration à l'effet aurait été trop complexe à mettre en œuvre pour la saisie de presque deux mille feuilles.

Cependant, là où l'analyse quantitative échoue, l'analyse qualitative peut être efficace, en particulier parce que l'impact de ces modifications de la représentation du relief dans la simplification de la rédaction est facilement observable. Les figures 15 et 16 de l'annexe 4 montrent le même détail de la feuille *Chorges 1-2*, respectivement pour l'édition des plans directeurs monochromes au 1 : 20 000 en 1939 (feuille id 1328) et pour la carte de France au 1 : 20 000 en 1956 (feuille id 1335). Les deux feuilles furent dressées à partir des *mêmes* levés stéréotopographiques terrestres de 1935 et 1936, avec seulement une mise à jour en 1956. Cet exemple est très révélateur du recul de la représentation du rocher à l'effet au profit de courbes légèrement habillées, presque intégralement reprises des stéréominutes de restitution. Si la représentation devient ainsi plus topométrique, elle perd aussi de son expressivité : au premier coup d'œil, il n'est pas évident de reconnaître dans ces deux détails la même région de relativement haute montagne (l'Aiguille culmine à 2 366 mètres).

Même si elle resta limitée dans les Alpes du nord, l'adoption de ces procédés n'en restait pas moins importante dans l'évolution de la cartographie de haute montagne, parce qu'elle marquait une nouvelle étape dans la négation de ses spécificités. En poursuivant la réduction des zones rocheuses figurées à l'effet engagée dans les années vingt, l'IGN

¹⁶⁵⁴ *Ibid.*, p. 7.

¹⁶⁵⁵ ALINHAC Georges. *Rédaction cartographique*. T.1. *Op. cit.*, p. 17.

¹⁶⁵⁶ Voir infra, partie 4, chapitre 4.2.3.4.

limitait les particularités de la rédaction des feuilles de haute montagne, ce qui lui permettait de ne pas avoir besoin d'un personnel compétent et spécialisé comme en avait disposé le SGA quelques années auparavant. Surtout, l'institut accentuait ainsi la domination des préoccupations industrielles, tout en mettant en place un discours de nécessité scientifique qui justifiait les changements imposés par ces préoccupations.

4.2.3.3. Motivations industrielles et conception utilitariste.

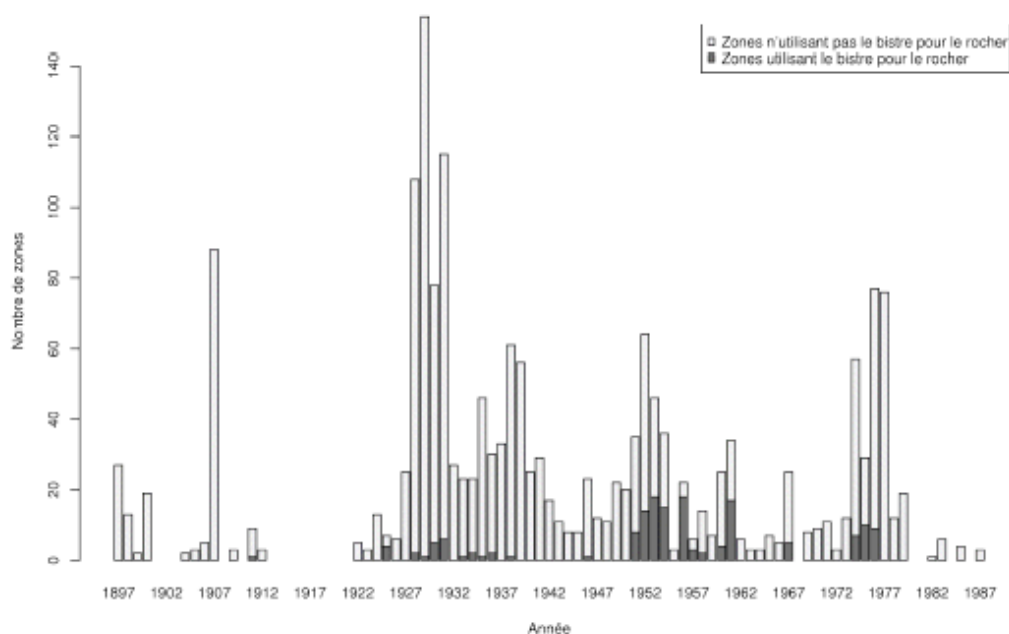
Les procédés des courbes nues et habillées permettaient tous deux de limiter le recours au dessin à l'effet, comme le souhaitait les partisans d'une représentation plus géométrique, tout en simplifiant le processus de rédaction, comme le nécessitait l'industrialisation. Même si elles ne furent officiellement reconnues qu'après l'adoption des modes de représentation du relief plus topométriques, je pense que les motivations industrielles jouèrent un rôle dominant dans celle-ci. En effet, la limitation du rocher à l'effet se traduisait très pragmatiquement par un accroissement des opérations réalisables par un personnel moins qualifié. En particulier, les courbes nues pouvaient être presque intégralement reprises de la restitution mécanique des levés aériens. L'impact sur le rendement de la rédaction cartographique était considérable : Georges Alinhac reconnaissait lui-même que « cette tendance fut d'autant mieux acceptée qu'elle se traduisait par un abaissement du prix de revient de la rédaction et une économie de main-d'œuvre qualifiée »¹⁶⁵⁷.

L'utilisation des courbes habillées en bistre se situait dans la même perspective de rendement et d'économie. Elle permettait non seulement de supprimer les problèmes de positionnement de la lettre noire sur le rocher à l'effet noire, qui nécessitaient souvent de longues opérations pour ménager une marge blanche autour des caractères, mais aussi d'économiser l'impression de la planche de rocher en noir rompu pour les feuilles à l'orographie complexe. Mon corpus de feuilles témoigne que le SGA avait d'ailleurs déjà ponctuellement utilisé la couleur bistre pour le rocher afin de diminuer les coûts d'impression dans les années trente, la première application datant de 1928 avec la feuille *Névache* de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 type 1922 (graphique 35)¹⁶⁵⁸. Mais cette utilisation se développa vraiment à partir du milieu des années cinquante avec l'adoption du procédé des courbes habillées pour une grande partie des feuilles publiées par l'IGN. Elle ne se généralisa pourtant jamais, et devint marginale dès la fin des années soixante, au moment même où le type 1972 était défini¹⁶⁵⁹.

¹⁶⁵⁷ Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. *Op. cit.* Présentation et étude critique des meilleures cartes française et étrangère, p. 7.

¹⁶⁵⁸ Le graphique montre une utilisation du bistre pour le rocher dès 1925, mais il s'agit de réimpression tardive de feuilles de la carte de la frontière des Alpes au 1 : 80 000 (voir supra, partie 2, chapitre 3.3.2), pour laquelle l'utilisation du bistre répondait surtout à des problèmes de lisibilité. La date de 1925 est d'ailleurs incertaine, puisque la seule indication temporelle sur ces feuilles est une inscription au crayon.

¹⁶⁵⁹ Voir infra, « Après 1960... », 2.



Graphique 35 : Evolution de l'utilisation du bistre pour représenter le rocher, de 1897 à 1987.

Si le service cartographique avait déjà expérimenté de nouveaux procédés de représentation du relief ou du rocher sur des feuilles publiées, l'application régulière sur de nombreuses feuilles de plusieurs types de représentation différents constituait un fait nouveau qui s'opposait radicalement à la conception d'une carte de France homogène, couvrant tout le territoire dans une facture unique et détaillée, comme la défendait notamment Hurault. Cette simplification et cette diversification de la représentation du relief étaient des conséquences directes de la situation financière difficile de l'IGN sur la facture de la carte de France, comme l'adoption du type 1968 simplifié¹⁶⁶⁰ – qui ne concerna pas les feuilles des Alpes, déjà toutes publiées dans le type 1922 « normal ». Alain Sinoir rattachait également ces évolutions aux besoins plus variés liés à l'aménagement du territoire. Il résumait la pensée des « pragmatiques », partisans d'un achèvement rapide de la couverture nationale et d'une adaptation des feuilles aux besoins liés à la nature de la région représentée, en expliquant que « le développement très inégal de l'aménagement du territoire [montrait] désormais à l'évidence qu'une carte régulière au 1 : 20 000 ne [répondait] plus aux besoins des zones fortement urbanisées (qui exigent des plans à plus grande échelle) alors qu'elle [était] trop "riche" pour les zones rurales, forestières ou montagneuses à faible densité d'habitat », et que « la poursuite d'une cartographie uniforme [devenait] un luxe auquel, en bonne gestion, il [convenait] de renoncer »¹⁶⁶¹. Cette justification traduisait l'affirmation définitive de la conception utilitariste après le départ de Hurault de la direction.

4.2.3.4. Le discours scientifique comme alibi.

J'ai montré que, dès la fin du 19^e siècle, le discours scientifique sur une représentation topométrique du terrain justifiait systématiquement la volonté plus pragmatique de diminuer

¹⁶⁶⁰ Voir supra, partie 4, chapitre 1.3.2.2.

¹⁶⁶¹ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 47-48.

les compétences nécessaires aux opérateurs¹⁶⁶². Cette éternelle dichotomie entre une ambition scientifique, inscrite dans le développement même de la cartographie, et une réalité industrielle, de plus en plus importante, se retrouve dans la justification de l'adoption des nouveaux procédés de représentation du relief dans les années cinquante. Si, comme nous venons de le voir, les motivations industrielles furent prédominantes, l'IGN mit en avant un discours de rationalité scientifique qui mérite d'être déconstruit.

Les différentes cartes couvrant le massif du Mont Blanc offrent un exemple représentatif du caractère ambigu de ce discours scientifique. Les feuilles *Chamonix* et *Mont Blanc* furent l'objet des expérimentations topométriques les plus radicales menées dans les publications régulières de l'IGN, avec une représentation presque exclusivement en courbes de niveau des zones rocheuses d'une région pourtant très accidentée. La couverture cartographique de ce massif avait évidemment un aspect hautement symbolique, puisqu'une représentation officieuse, la carte Vallot, connaissait un succès considérable dans son édition au 1 : 50 000. Je pense qu'il ne s'agit pas d'une coïncidence si, dans les Alpes du nord, les courbes nues ne furent employées que dans cette région : en adoptant une représentation topométrique, l'IGN se démarquait non seulement de l'œuvre des Vallot, dont la représentation du relief était plus classique (elle avait d'ailleurs participé à la définition du classicisme dans ce domaine), mais aussi de sa propre carte du massif au 1 : 10 000 qui adoptait une approche nettement plus figurative¹⁶⁶³.

Pourtant, la justification officielle de l'adoption des courbes nues ne se fit que dans le registre scientifique et technique. Ainsi, la première édition au 1 : 25 000 des feuilles *Mont Blanc 1-2* (1958), *Chamonix 1-2* et *Chamonix 5-6* (1974), portait l'indication suivante :

« Pour faciliter les études techniques, les zones rocheuses de cette carte sont presque en totalité représentées par des courbes de niveau. Les amateurs de courses en montagne ont intérêt à utiliser la carte pliée au 1:25 000 "Massif du Mont-Blanc", en deux feuilles, qui couvre une plus grande étendue et comporte une représentation figurative et complète du rocher. »

Sans remettre forcément en cause la volonté de l'IGN de fournir un véritable document technique, je pense qu'il faut relativiser fortement cette affirmation de nécessité scientifique. Comme je l'ai déjà souligné, l'échelle du 1 : 25 000 n'était depuis longtemps plus suffisante pour les applications techniques qui demandaient des plans au 1 : 10 000, au 1 : 5 000, voire à des échelles encore supérieures. L'expression « études techniques » recouvrait certainement aussi un aspect scientifique, mais celui-ci ne se traduisait pas dans un *besoin* pratique : le massif du Mont Blanc était sans doute l'une des régions alpines les mieux connues et les plus étudiées depuis le 18^e siècle et l'attention des scientifiques, en glaciologie et en géomorphologie, s'était portée sur les chaînes montagneuses moins connues de l'Himalaya, des Andes et des régions polaires. La nature synthétique de la carte se prêtant plus à une compilation des résultats de travaux scientifiques qu'à une utilisation comme source documentaire pour ces travaux, l'intérêt scientifique d'une telle carte au 1 : 25 000 était essentiellement pédagogique et concernait donc un public relativement limité.

Je considère donc que la représentation essentiellement topométrique du relief adoptée sur ces cartes du massif du Mont Blanc ne se justifiait pas tant par une *nécessité* scientifique et technique, comme le discours officiel la présentait, que par une *volonté*

¹⁶⁶² Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.2.

¹⁶⁶³ Voir infra, partie 4, chapitre 4.2.4.

scientifique de représenter le relief de façon plus géométrique, soutenue par une nécessité *industrielle* de diminuer le coût de revient de la rédaction cartographique. J'interprète cette volonté non seulement comme l'expression de l'attachement au paradigme de développement scientifique de la cartographie, mais aussi comme une conséquence de la généralisation des photographies aériennes. En effet, je pense que la tendance figurative de la cartographie s'expliquait, entre autre, par le besoin de donner une vue verticale expressive, pour ainsi dire « réaliste », de la surface terrestre. La photographie aérienne remplissant cette fonction avec la fidélité tant appréciée dans la technique photographique, la carte devait se différencier par une abstraction supérieure qui passait, dans le cadre conceptuel d'une cartographie scientifique, par une représentation plus topométrique.

4.2.3.5. Persistance de la tradition figurative chez les utilisateurs.

L'accueil public que reçurent les feuilles de Chamonix et du Mont Blanc confirme mon hypothèse de l'absence d'un véritable besoin pour des cartes topométriques au 1 : 20 000 ou 1 : 25 000. Georges Alinhac rappelait qu'« en décembre 1968, les usagers, par la voix de leurs représentants qualifiés, formulaient de vives critiques à l'égard des feuilles de Chamonix au 1 : 20 000, dont la dernière édition datait de 1959 et sur lesquelles les courbes de niveau subsistaient pratiquement seules »¹⁶⁶⁴. L'échec commercial des feuilles en courbes nues ne constituait qu'une partie d'une critique plus générale des simplifications apportées à la carte de France, dans laquelle était également incluse l'utilisation des courbes habillées et l'adoption du type 1968 simplifié pour les feuilles de l'ouest de la France.

Si cette critique fut justifiée par la diminution de la valeur ajoutée de la carte, notamment avec la perte de renseignements qu'imposait le type simplifié, je l'interprète, pour les feuilles alpines, comme la persistance de la tradition figurative chez les utilisateurs de carte. Moins influencés par le paradigme de développement scientifique de la cartographie ou les nécessités d'industrialisation du processus, ces derniers continuaient de rechercher une certaine expressivité dans la représentation cartographique, en particulier pour les régions montagneuses, souvent touristiques, et pour les échelles entre 1 : 20 000 et 1 : 50 000, qui ne se prêtaient plus vraiment à des utilisations techniques. Selon moi, ce besoin d'expressivité tenait autant à l'acculturation tenace de la définition de la carte comme une vue de la surface terrestre depuis le ciel qu'à la difficulté de faire une lecture globale et rapide, pour ainsi dire instinctive, d'une carte en courbe seule, qui plus est sans estompage.

Dans le cas du massif du Mont Blanc, le potentiel commercial de la cartographie d'une telle région touristique justifia une réponse rapide de la part de l'IGN. La publication d'une édition spéciale, dérivée de la carte de base, permit les premiers essais réguliers d'une nouvelle représentation du relief, moins radicalement topométrique mais adaptée à une pratique industrielle, qui fut finalement adoptée dans le type 1972 – en partie encore sous la pression des utilisateurs¹⁶⁶⁵.

4.2.4. L'exception de la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000 : le chant du cygne d'une cartographie figurative et artistique.

4.2.4.1. Un projet paradoxal.

¹⁶⁶⁴ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000 et au 1 :50 000 type 1972 (spécifications et édition cartographiques). *Bulletin d'information de l'IGN*, 1978, 36, p. 5.

¹⁶⁶⁵ Voir infra, « Après 1960... », 2.

Dans ce mouvement de rationalisation de la production cartographique en fonction des besoins des utilisateurs, la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000 demeure une exception, vestige de la conception fixiste de la cartographie et dernière tentative de privilégier le portrait du territoire sur sa description purement technique. Projetée en même temps que les levés aériens du massif du Mont Blanc à la fin des années trente, officiellement mise à l'étude en 1942, cette carte est généralement perçue comme le chef-d'œuvre de la cartographie alpine. A mes yeux, elle représente surtout une production paradoxale : conçue comme une carte de prestige pour mettre en valeur les compétences techniques modernes du service cartographique français, tant au niveau des levés aériens que de la rédaction cartographique, elle s'inscrivait pourtant dans une tradition figurative ancienne qui envisageait la carte topographique comme un portrait détaillé du territoire dans lequel les qualités artistiques de la représentation étaient aussi importantes que les qualités techniques.

4.2.4.2. Une facture luxueuse.

La facture particulièrement luxueuse de la carte reflétait sa conception comme un portrait du massif et une œuvre de prestige (annexe 2, figure 17). Après la restitution au 1 : 10 000 de la première stéréominute, le directeur de l'IGN, Hurault lui-même, avait décidé la mise à l'étude d'une carte spéciale au 1 : 10 000 de tout le massif du Mont Blanc. Dans une note de novembre 1942, il donnait les grandes orientations à suivre dans l'étude de ses spécifications, en particulier pour la représentation du relief :

« En ce qui concerne la représentation à effet, il serait semble-t-il désirable de donner (en dehors des effets d'estompage) une teinte générale brun rougeâtre aux aiguilles, brune aux rochers, jaune aux éboulis, vert clair aux prairies, vert foncé aux bois, bleu verdâtre très clair à la neige et aux glaciers. Les effets d'ombre donnés par l'estompage resteraient dans les tonalités générales qui précèdent [...]. Les courbes de niveau ne seraient pas maintenues dans les rochers escarpés, ou de formes tourmentées, ni dans les séracs ou zones de nombreuses crevasses. Elles seraient très fréquemment cotées. Elles devraient partout être traitées légèrement, pour que leur tracé ne nuise pas à l'effet général donné par l'estompage. Les cotes devraient être nombreuses en particulier sur les sommets. Les écritures se rapprocheraient de celles du 20 000^e, mais beaucoup seraient assez fines (en particulier les chiffres des cotes seraient plus fins que ceux du 20 000^e). »¹⁶⁶⁶

Il prévoyait alors une carte en sept ou huit couleurs. Tout en restant dans l'orientation fixée en 1942 par le directeur, la facture adoptée fut encore plus luxueuse. La carte comporta finalement dix à onze planches différentes¹⁶⁶⁷. Cinq planches de trait permettaient de représenter la planimétrie et la lettre (noir), les bâtiments (rouge), l'hydrographie et les glaciers (bleu), les courbes de niveau (bistre) et le rocher (brun-rouge). Entre trois et quatre planches de teintes étaient utilisées, le jaune pour le terrain dénudé, le vert clair pour les pâturages, le vert bois pour les feuillus, le vert foncé pour les conifères, ainsi que deux

¹⁶⁶⁶ HURULT. Note pour les 3^{ème} et 4^{ème} direction (suite aux notes 7307 IGN/C du 10 août 1942 et 7448 IGN du 26 août. Objet : A/S de la carte au 10.000^e du Mt Blanc. Paris : Institut géographique national, 4 novembre 1942. Notes 8.169 IGN/C de la 1^{ère} direction.

¹⁶⁶⁷ DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc. Op. cit., p. 2.

planches d'estompages, en bleu pour les glaciers et en violette pour le terrain normal. La lettre était entièrement réalisée à la main, selon une gamme de huit types de caractères différents. La représentation du relief combinait le dessin au trait et l'estompage au pinceau, l'artiste pouvant s'aider des photographies aériennes, des croquis effectués par la brigade de complèment, des photographies documentaires prises par l'artiste-cartographe Le Méné et d'un plan-relief au 1 : 10 000 décoré à la main et exécuté spécialement entre 1942 et 1947.

4.2.4.3. Une carte de prestige sans utilité pratique.

La facture somptueuse et le contenu riche et détaillé firent de cette carte davantage une réalisation de prestige qu'un véritable outil pratique. Dans un article à la destination des alpinistes, paru dans l'organe officiel du Club alpin français, l'ingénieur géographe en chef Baby la présentait comme « une très belle réussite dans le domaine cartographique, [devant] fournir à tous les usagers : ingénieurs, alpinistes, militaires, l'image la plus complète et la plus fidèle qui ait été donnée du plus important massif des Alpes »¹⁶⁶⁸. Mais l'échelle trop grande pour une utilisation sur le terrain et insuffisante pour les besoins techniques de l'aménagement du territoire, la facture trop complexe aussi pour des applications techniques nécessitant un dessin simple et peu chargé, la rendaient en fait peu propice aux usages pratiques. Chef-d'œuvre de l'art cartographique, elle se rapprochait, non par ses fondations techniques mais par son apparence proche d'un tableau, des cartes prestigieuses du même massif publiées à la fin du 19^e siècle par Adams-Reilly ou Viollet-le-Duc.

Selon moi, sa principale fonction était en fait d'affirmer la maîtrise technique du service cartographique, tant d'un point de vue international dans le domaine de la photogrammétrie aérienne et de la cartographie de montagne, que d'un point de vue national face à l'œuvre des topographes-alpinistes. Le choix du massif du Mont Blanc, évident par sa fréquentation touristique et sa réputation générale, s'imposait d'autant plus qu'il permettait d'imposer cette maîtrise sur le terrain même où les topographes-alpinistes l'avaient remise en cause avec la célèbre carte Vallot, qui connaissait un succès éditorial considérable auprès des alpinistes dans sa généralisation au 1 : 50 000 – nouvelle preuve que l'échelle du 1 : 10 000 était bien trop grande pour une utilisation pratique. Les feuilles *Chamonix* et *Mont Blanc* des cartes au 1 : 20 000 (puis 1 : 25 000) et 1 : 50 000, ainsi que l'édition spéciale touristique couvrant le massif du Mont Blanc publiée en 1970, connurent d'ailleurs un beaucoup plus grand succès que la carte au 1 : 10 000, réservée aux amateurs fortunés – et restée inachevée.

4.2.4.4. Un chef-d'œuvre sacrifié sur l'autel de l'industrialisation.

Sous tous ces aspects, la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000 était le vestige d'une conception ancienne de la cartographie comme un portrait fixe du territoire, dont le but était plus d'asseoir l'autorité publique par une réalisation prestigieuse que de véritablement servir à des besoins pratiques. L'abandon rapide de sa production témoignait de cette conception d'un autre âge : sur les vingt-quatre feuilles que comptait le tableau d'assemblage, seules neuf furent rapidement publiées entre 1950 et 1954, avant que la production ne soit suspendue, puis définitivement arrêtée en 1959, après cinq ans d'une réalisation ralentie et sans nouvelle publication. Le départ de Hurault, l'urgence des travaux de la carte de France et des programmes militaires financés par l'Army map service, et plus généralement tous les impératifs d'une conception utilitariste de la cartographie, eurent raison d'une œuvre

¹⁶⁶⁸ BABY E. La carte du Mont-Blanc. *Op. cit.*, p. 30.

d'exception dont la lenteur d'exécution et la complexité de la présentation ne s'accordaient pas avec l'orientation industrielle et commerciale de l'IGN

Conclusion

L'effort d'industrialisation du processus cartographique ne se limita pas aux seuls levés aériens. L'intégration de la rédaction cartographique dans un système de production rigide limitait singulièrement les possibilités d'évolution technique régulière, mais les nouvelles restrictions budgétaires du début des années cinquante amplifièrent suffisamment la pression industrielle à l'IGN pour qu'une mutation profonde et rapide soit engagée au tournant des années soixante. La rédaction des cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 50 000 se faisait déjà dans une organisation industrielle, l'emploi de dessinatrices à domicile étant favorisé par la relative simplicité d'une rédaction qui nécessitait peu de généralisation. Mais le développement des supports plastiques offrait un potentiel d'industrialisation encore plus important : non seulement la rédaction directe sur supports transparents permettait de limiter l'étape de reproduction photographique, mais les procédés de tracé et d'arrachage sur couches demandaient aussi une main d'œuvre moins qualifiée. Après être resté relativement stable pendant plus de trente ans, le processus de rédaction cartographique avait donc connu une mutation technique rapide, imposée par la direction de l'IGN sur des critères qui tenaient moins à la qualité technique des procédés eux-mêmes, qu'à la simplification et à la rationalisation du processus qu'ils permettaient. Au niveau de la rapidité et de la précision, ces procédés ne devinrent d'ailleurs véritablement efficace qu'après la remise en cause des spécifications de la carte de France qui s'opposa au projet ancien d'une carte homogène du territoire national.

Parallèlement, les mêmes préoccupations industrielles qui avaient imposé l'adoption de la rédaction sur support plastique participèrent à la résurgence de la tentation topométrique¹⁶⁶⁹. Celle-ci s'inscrivait toujours dans une conception scientifique de la cartographie qui, au-delà de ses implications techniques, se traduisit après la seconde guerre mondiale dans une rhétorique d'autorité scientifique, omniprésente dans le discours cartographique, dont le but était d'assurer la validité des données représentées sur la carte. Mais la représentation strictement géométrique du terrain impliquait aussi une limitation des aspects artistique et artisanal de la cartographie qui recoupait les impératifs industriels de procédés suffisamment formalisés pour permettre l'emploi d'une main-d'œuvre peu qualifiée. Comme dans les années vingt, les partisans d'une représentation topométrique du terrain s'attaquèrent principalement au dessin du rocher qui restait le dernier bastion d'une approche plus artistique de la cartographie. Même s'ils conservaient dans la plupart des cas une partie réduite de figuration à l'effet, les procédés des courbes nues ou habillées permirent une simplification de la représentation du relief. Justifiés par un discours scientifique qui servait surtout d'alibi aux impératifs industriels, mais critiqués par des utilisateurs attachés à la richesse et à l'expressivité de la représentation du relief, ces procédés ne furent jamais généralisés avant la formalisation d'un nouveau compromis sur la représentation du relief pour le type 1972¹⁶⁷⁰.

Au moment même où s'imposait l'industrialisation du processus cartographique, la carte inachevée du Mont Blanc au 1 : 10 000 représentait une production paradoxale, entre l'affirmation des compétences techniques du service officiel et le chant du cygne d'une cartographie figurative et artistique, encore marquée par l'héritage des topographes-

¹⁶⁶⁹ Voir supra, partie 2, chapitre 4.3.2.

¹⁶⁷⁰ Voir infra, « Après 1960... », 2.

alpinistes. A mes yeux, son abandon en 1959 symbolisait la généralisation définitive de la conception utilitariste, dans ses dimensions industrielles et commerciales : la mutation des procédés de rédaction et les évolutions de la représentation du relief n'en furent que des conséquences techniques. Il marquait aussi une étape décisive dans la négation des spécificités de la cartographie de haute montagne, puisqu'à partir des années soixante, son évolution fut dominée par les tentatives répétées d'adaptation à la représentation normalisée du relief utilisée pour l'ensemble du territoire français, même si le potentiel commercial de la cartographie de ces régions touristiques limita le déclin de la tradition figurative¹⁶⁷¹.

Conclusion

Depuis la fin du 19^e siècle, l'évolution de la cartographie topographique française tendait vers une industrialisation encore limitée par les possibilités techniques de mécanisation et de division du travail, ainsi que par les difficultés financières du service officiel favorisant des solutions artisanales. Mais dans les années vingt, la direction volontariste de Bellot affirma l'orientation industrielle du service officiel en décidant de pallier au retard de la carte de France par l'augmentation de la productivité. Jusqu'en 1940, cette nouvelle orientation fut limitée par une organisation inadaptée du SGA. Sa transformation opportuniste en un Institut géographique national (IGN) civil, même si elle n'était pas la « réforme depuis longtemps nécessaire » que décrit l'histoire officielle, permit de réaliser l'industrialisation souhaitée. Intégré dans un ministère plus technique, l'IGN occupait la place centrale dans le dispositif d'information topographique de la France. Il avait obtenu la satisfaction de revendications anciennes du SGA, avec la création d'un cadre permanent de spécialistes de la cartographie et une autonomie de gestion, mais celle-ci se révéla rapidement théorique lorsque la baisse des crédits de fonctionnement obligea l'IGN à privilégier les travaux sur commande, confirmant définitivement son orientation industrielle et même commerciale.

Dans cette dynamique d'industrialisation du service cartographique, les levés aériens jouèrent un rôle central en permettant de généraliser à l'ensemble du territoire les procédés de restitution mécanique introduits par les levés stéréotopographiques terrestres dans les Alpes. Développées par les besoins du renseignement militaire pendant la première guerre mondiale, les applications topographiques de la photographie aérienne connurent un investissement institutionnel considérable, notamment motivé par le potentiel productif supérieur de la photogrammétrie aérienne et par l'analogie trompeuse entre la carte et la photographie aérienne. Après une décennie d'applications artisanales inspirées des travaux menés pendant le conflit, cet investissement aboutit à la solution du problème central de la restitution complète et mécanisée des clichés aériens. En France, le stéréotopographe Poivilliers, rapidement adopté par le SGA sur des critères qui n'étaient pas exclusivement techniques, s'imposa comme le cœur d'un système technique qui resta stable jusqu'à la fin des années soixante. Dès 1934, après seulement trois années d'essais étendus, le SGA généralisait officiellement l'emploi des levés aériens.

Dans les Alpes, après une très courte période d'utilisation parallèle, les levés stéréotopographiques terrestres étaient définitivement abandonnés au profit des levés aériens. Dans cette logique industrielle de normalisation des méthodes sur l'ensemble du territoire, le levé topographique des régions montagneuses perdit peu à peu ses

¹⁶⁷¹ Voir infra, « Après 1960... », 3.2.

spécificités. Si la couverture aérienne du massif du Mont Blanc en 1939 servit de validation prestigieuse de l'efficacité des levés aériens, elle fut également la dernière entreprise de levé spécialement conçue pour une région de haute montagne, avant la formalisation en 1953 de la notion de couverture aérienne systématique qui regroupait toutes les missions dans un même ensemble. En stigmatisant les opérations de terrain comme un obstacle au rendement industriel, l'industrialisation des levés aériens favorisa une évolution méthodologique qui réduisit toujours plus la durée de la préparation et du complètement, limitant les besoins en compétences spécifiques qui avaient entraîné l'apparition de véritables topographes alpins au SGA.

Les conséquences de l'industrialisation de l'IGN furent plus tardives dans le domaine strictement *cartographique*. L'intégration de la rédaction cartographique dans un système de production relativement rigide limitait singulièrement les possibilités d'évolution technique régulière. La mutation finalement engagée à la fin des années cinquante vers la généralisation des supports plastiques illustre parfaitement, par son ampleur et ses temporalités, la complexité d'une modification forcément en profondeur des procédés de rédaction cartographique, mais aussi la prédominance des impératifs industriels. Dans les années cinquante et soixante, le même souci d'industrialisation provoqua la résurgence de la tentation topométrique qui, bien que justifiée par un discours scientifique qui servait surtout d'alibi, était essentiellement motivée par la volonté d'accroître la mécanisation de la représentation cartographique et d'en supprimer tous les aspects artistiques et artisanaux. A l'opposée de cette normalisation industrielle, la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000, dont la publication fut abandonnée en 1959 par l'IGN, représentait le chant du cygne d'une cartographie figurative et artistique, héritière de la conception des topographes-alpinistes, qui avait depuis le dernier quart du 19^e siècle incarnée une approche spécifique de la cartographie de haute montagne.

Fondue dans la normalisation industrielle de toutes les étapes du processus cartographique, la représentation des régions montagneuses ne se différenciait presque plus de celle du reste du territoire, si ce n'est dans son potentiel commercial lié au développement touristique de ces régions. Ce fut d'ailleurs sous la pression des utilisateurs que l'IGN consentit à un nouveau compromis entre topométrie et expressivité dans la représentation du relief, mettant en place un système de représentation qui n'était plus spécifique par les moyens techniques utilisés, mais par son orientation utilitaire – nouvelle évolution d'une conception utilitariste qui s'était définitivement imposée avec l'industrialisation.

Après 1960 : l'incursion de la problématique commerciale dans la représentation du relief.

Pour l'Institut géographique national, les années soixante furent une période de changements profonds. Depuis la fin des années vingt, son évolution institutionnelle et technique avait été dominée par l'industrialisation des procédés de levés aériens autour du stéréotopographe Poivilliers, mais les années cinquante avaient montré que le statut de service technique extérieur n'était finalement pas adapté à une activité cartographique que les autorités publiques n'arrivaient toujours pas à concevoir sur le long terme¹⁶⁷², et la décennie suivante que le stéréotopographe cloisonnait l'IGN dans un système technique inapproprié au développement des utilisations de la photographie aérienne¹⁶⁷³. La réaction de l'institut face à ces impasses posa les bases de son organisation actuelle, orientée vers une activité commerciale qui dépasse le seul domaine de la cartographie *stricto sensu* pour intégrer les formes nouvelles de l'information géographique. Dans une certaine mesure, je pense d'ailleurs que l'IGN d'aujourd'hui s'explique essentiellement par l'évolution des quarante dernières années, l'héritage de deux siècles de cartographie de la France constituant plus un patrimoine à mettre (plus ou moins bien) en valeur que la fondation de son activité actuelle. Dans le domaine de la cartographie de haute montagne, les années soixante marquaient aussi la fin des entreprises spéciales et l'intégration dans une conception plus générale de la carte de France qui limitait – sans toutefois les supprimer complètement – les spécificités de la représentation des régions montagneuses. Pour toutes ces raisons, j'ai fixé la borne chronologique postérieure de mon étude à la fin des années cinquante, même si pour certains aspects particuliers, la partie précédente a traité de périodes légèrement postérieures.

Cependant, mon analyse de sources plus récentes a soulevé des problématiques qui m'ont semblé importantes, non seulement pour l'étude des particularités de la cartographie topographique de la haute montagne en France aux 19^e et 20^e siècles, mais aussi pour l'histoire plus globale de la cartographie française à laquelle j'ambitionnais de participer. J'ai donc réuni dans cette partie, que j'envisage comme une sorte de *pré-conclusion* posant les bases d'une histoire de la cartographie présente encore à faire, des pistes de recherche qui mériteraient d'être approfondies, avec la mise en place d'un protocole d'étude sensiblement différent de celui que j'ai utilisé, probablement fondé sur de nombreux entretiens, des visites d'ateliers et de laboratoires, et d'autres méthodes propres à l'histoire très contemporaine. J'y aborde surtout des questions rattachées à certaines problématiques fondamentales de mon travail. Après avoir présenté l'évolution institutionnelle de l'IGN vers une orientation plus commerciale, je présenterai son impact sur la normalisation de la représentation du relief dans le type 1972. Si cette normalisation accentua le déclin des spécificités de la cartographie de montagne, elle marqua aussi le retour à une volonté d'homogénéisation

¹⁶⁷² Voir supra, partie 4, chapitre 1.

¹⁶⁷³ Voir supra, partie 4, chapitre 3.4.

de la carte de France, qui me permettra de revenir finalement à une question centrale : la signification d'une carte de base ayant retrouvé certaines caractéristiques de la conception fixiste, dans une production cartographique dominée par la conception utilitariste.

1. L'évolution industrielle et commerciale de l'IGN, 1963-1974.

Au début des années soixante, l'Institut géographique national se trouvait dans une situation financière critique qui avait fait décroître significativement son potentiel cartographique. Selon la direction et les diverses commissions d'enquête mises en place à partir de 1956 par les autorités publiques alertées par les problèmes financiers, l'organisation même de l'institut était inadaptée à sa mission depuis la restriction des crédits étatiques qui avait particulièrement touché les crédits de fonctionnement hors personnel, provoquant des situations de chômage technique partiel. La nouvelle réforme envisagée reprenait la traditionnelle volonté de donner une plus grande autonomie de gestion financières à l'institut, même si celle-ci était censée avoir été réalisée dans chacune des précédentes réformes du service cartographique en 1887, 1911-1912 et 1940. Alors que le nouveau statut d'établissement public d'état affirmait l'orientation industrielle et commerciale de l'institut, les statuts de ses personnels se voyaient difficilement réformés vers une plus grande intégration dans les cadres de la fonction publique – une évolution qui s'opposait à deux siècles de lutte pour la reconnaissance des spécificités du travail cartographique. En même temps, la politique commerciale plus active de l'IGN se traduisait entre autre par une diversification de ses publications cartographiques couvrant le territoire français.

1.1. Le statut d'établissement public.

1.1.1. Une longue mise en place.

Alors qu'il était unanimement apprécié dans les années quarante quand les crédits publics étaient conséquents, le statut de service technique extérieur fut systématiquement remis en cause dans les années cinquante au point qu'une nouvelle réforme de l'IGN soit envisagée. Tous les projets se préoccupaient surtout d'améliorer son fonctionnement financier, qui l'obligeait à privilégier les travaux extérieurs à sa mission de vocation. Une commission dirigée par le conseiller d'Etat Ordonneau se prononça en janvier 1962 pour la transformation de l'IGN en établissement public à caractère administratif (EPCA), statut qui affirmerait son caractère commercial en lui donnant une plus grande liberté dans l'utilisation de ses revenus financiers autres que les subventions publiques. Cependant, la commission insistait sur le caractère toujours prioritaire de sa mission de service public financée par les crédits budgétaires ; elle avait d'ailleurs refusé le statut d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), dans lequel la majorité du budget devait être assuré par les recettes¹⁶⁷⁴.

Une nouvelle commission dirigée par le conseiller d'Etat Pierre Racine conclut en juin 1965 à la nécessité de la transformation rapide de l'IGN, doublée d'un effort financier

¹⁶⁷⁴ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 45.

pour assurer le plus rapidement possible l'achèvement de la carte de base du territoire¹⁶⁷⁵. Il fallut un an et demi et huit projets successifs pour aboutir le 30 décembre 1966 à la publication dans le Journal officiel du « Décret n°66-1034 du 23 décembre 1966 portant réorganisation de l'Institut Géographique National »¹⁶⁷⁶. Ce décret prévoyait la création du nouvel établissement public au 1^{er} janvier 1967, mais sa publication tardive obligea « les pouvoirs publics à échelonner sur l'année 1967 la mise en place effective des nouveaux acteurs du jeune établissement – son secrétaire général et son agent comptable – et à différer au 1^{er} janvier 1968 le départ du premier exercice complet de son budget autonome », son « conseil d'administration [n'étant] installé par le ministre de tutelle [...] que le 13 octobre 1967 »¹⁶⁷⁷.

1.1.2. Confirmation de l'évolution industrielle de l'IGN.

En tant qu'établissement public de l'Etat, l'IGN était « doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière » et placé non plus sous l'autorité, mais seulement « sous la [...] tutelle du ministère de l'équipement »¹⁶⁷⁸. Il devenait ainsi une personne morale possédant la pleine capacité civile et obtenait une autonomie financière dans laquelle il élaborait et exécutait lui-même son budget. La politique technique, financière et commerciale était définie par un conseil d'administration dans lequel siégeaient deux représentants du ministère. Le directeur de l'établissement était essentiellement chargé de l'application de cette politique et de l'organisation interne de l'établissement, un secrétaire général l'assistant pour la gestion administrative et financière.

Sans être fondamentalement modifiée, la mission de l'IGN était formulée d'une façon nouvelle dans le décret de 1966 :

« Art. 2 – L'Institut géographique national a pour mission : 1° D'exécuter les travaux nécessaires pour assurer, sur le territoire national, l'implantation d'un réseau géodésique et d'un réseau de nivellement de précision, la couverture photographique aérienne ainsi que l'établissement et la tenue à jour des cartes de base ; 2° De publier les dites cartes et les cartes dérivées ; 3° D'exécuter les travaux et recherches d'intérêt général dans les domaines de la géodésie, du nivellement de précision, du travail aérien à caractère géographique, de la topographie, de la photogrammétrie et de la cartographie ; 4° D'assurer le fonctionnement de l'école nationale des sciences géographiques dans les conditions fixées par arrêté du ministre de l'équipement et du ministre de l'économie et des finances ; 5° De gérer le centre de documentation de photographie aérienne institué par le décret susvisé du 29 mai 1946 ; 6° De coordonner et de contrôler, concurremment avec le service du cadastre, les travaux de levés de plans entrepris par les collectivités et services publics dans les conditions précisées par arrêté interministériel. Il peut apporter par contrats son concours, pour des services ou travaux de sa compétence, aux diverses administrations, collectivités et services publics, aux organismes

¹⁶⁷⁵ *Ibid.*, p. 46.

¹⁶⁷⁶ Le texte du décret est notamment reproduit dans *Ibid.*, p. 138-139.

¹⁶⁷⁷ *Ibid.*, p. 47.

¹⁶⁷⁸ Décret n° 66-1034 du 23 décembre 1966 portant réorganisation de l'Institut Géographique National. Reproduit dans *Ibid.*, p. 138.

internationaux et aux Etats étrangers ainsi que, lorsque les services ou travaux présentent un caractère d'intérêt général, à des organismes ou personnes privées. Sont exclus de la compétence de l'institut les travaux de triangulation et de levé qui concourent à l'établissement, à la réfection et à la conservation des plans cadastraux et ceux qui visent à la détermination physique de la propriété foncière. »¹⁶⁷⁹

Comme le souligne fort justement Alain Sinoir, cet énoncé substituait à l'énumération des techniques employée dans le décret de 1941, l'énumération des produits de la mission de vocation de l'institut, reconnaissait sa capacité commerciale, et faisait référence à plusieurs « cartes de base », terme pour la première fois employée dans un texte officiel, sans en préciser l'échelle¹⁶⁸⁰. Alors que Sinoir trouve seulement « plus précis et plus logique » l'énumération des produits plutôt que des techniques mises en œuvre, je l'interprète comme une affirmation décisive de l'orientation industrielle de l'IGN, désormais considéré comme un établissement de *production* et non plus comme un service *technique*. Contrairement au décret de 1941 qui renvoyait à un décret ultérieur la définition des modalités de cession des cartes et publications du service, le décret de 1966 envisageait explicitement la publication des cartes de base comme une mission fondamentale de l'institut. Surtout, même si elle restait limitée aux travaux présentant un intérêt général, la reconnaissance de la capacité commerciale de l'IGN concluait selon moi son évolution depuis la fin de la guerre. Ses compétences techniques n'étaient plus intégrées dans la conception de sa mission de vocation, mais elles formaient une expertise commercialisable auprès des services publics et même, dans certaines conditions, auprès d'entreprises privées – une ouverture que les sociétés spécialisées dans les levés topographiques interprétèrent d'ailleurs comme une concurrence déloyale.

1.2. L'intégration du personnel dans les statuts de la fonction publique.

La transformation de l'institut en établissement public n'affectait pas directement les acquis statutaires de son personnel, mais une difficile réforme de ceux-ci était en cours dans les années soixante. Malgré un effectif total inférieur à deux mille agents permanents et « temporaires » en contrat à durée indéterminée, la situation du personnel de l'IGN était en effet particulièrement complexe à cause de la multiplicité des cadres de gestion.

1.2.1. Les fonctionnaires techniques et administratifs.

Les quatre corps de fonctionnaires techniques étaient gérés par des statuts similaires aux corps homologues formant les cadres techniques du ministère des Travaux publics, mais avec un décalage sensible des rémunérations confirmé en 1948 et 1959¹⁶⁸¹. Maintenant que leurs compétences étaient reconnues par des cadres spécifiques – une mesure principalement souhaitée par la direction afin d'assurer la stabilité du personnel qualifié dont elle disposait –, les fonctionnaires techniques de l'IGN cherchaient à obtenir non plus une reconnaissance, mais un alignement de leurs statuts sur ceux des autres cadres techniques

¹⁶⁷⁹ *Ibid.*

¹⁶⁸⁰ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 47-48.

¹⁶⁸¹ Respectivement, par le décret du 10 juillet 1948 concernant les grades et emplois de la fonction publique, et par l'ordonnance du 4 février 1959 rénovant le statut général de la fonction publique pour la V^e République.

de la fonction publique. Cette volonté fut l'objet d'importantes réformes au cours des années soixante et soixante-dix, parfois obtenues à la suite de rudes conflits sociaux.

Par un statut de septembre 1965, les ingénieurs géographes, recrutés en partie à la sortie de l'école Polytechnique, furent facilement assimilés aux ingénieurs des grands corps techniques de l'Etat. La situation était plus complexe pour les ingénieurs des travaux et les artistes cartographes, qui occupaient des fonctions relativement proches de direction du processus cartographique, mais dont les conditions de recrutement et de formation différaient suffisamment pour que les premiers s'opposent à un projet de fusion des deux corps, que soutenaient au contraire les seconds. En avril 1968, les ingénieurs de travaux furent seuls assimilés aux ingénieurs des travaux publics, mais le Premier ministre imposa finalement la réunion des deux corps en mars 1973, produisant des tensions au sein de l'institut et, accessoirement, la disparition de la dernière référence officielle à l'aspect artistique du travail cartographique¹⁶⁸².

La volonté d'aligner le statut des adjoints techniques sur les techniciens des Ponts et Chaussées entraîna également une opposition importante des adjoints techniques, recrutés à un niveau supérieur et bénéficiant d'une formation initiale plus longue. Après trois ans de négociation, leur statut fut finalement aligné avec celui des géomètres du cadastre en juillet 1963, leur titre devenant celui de géomètres de l'IGN. Les deux ans d'études qu'ils suivaient après un concours du niveau des baccalauréats scientifiques, furent finalement sanctionnés à partir de 1973 par un brevet de technicien supérieur d'études et de travaux géographiques.

Pour les autres types de fonctionnaires, moins spécifiques à l'IGN, la gestion était moins problématique puisqu'elle s'alignait sur des cadres existants, ceux des administrations centrales pour la centaine de fonctionnaires administratifs, ou ceux d'Air France pour les quelques dizaines d'agents d'aéronautique.

1.2.2. Les personnels ouvriers.

Les fonctionnaires techniques de l'IGN représentaient environ sept cents agents dans les années soixante, alors que le personnel ouvrier comptait environ un millier d'agents « temporaires ». Depuis 1941, ceux-ci luttèrent contre leur statut particulièrement flou dans le décret du 8 avril, qui parlait d'un « personnel temporaire (chefs d'atelier, contremaîtres, ouvriers et apprentis, employés divers, portes-mires, manœuvres, etc.) [...] embauché par contrat et licencié suivant les besoins »¹⁶⁸³. La situation ne s'était pas éclaircie avec les décrets suivants de 1946, puis 1948, qui permettaient au directeur de fixer les rémunérations, généralement en référence aux conventions collectives du domaine privé, et qualifiaient ces agents de façon particulièrement paradoxale d'« ouvriers temporaires [...] dont les emplois [répondaient] à des besoins permanents »¹⁶⁸⁴. En 1968, une commission dirigée par l'ingénieur en chef Jardou travailla à la mise au point d'une nomenclature, amendée et modifiée par la suite en fonction des évolutions techniques et des réorganisations internes de l'IGN. Elle définissait trois niveaux : ouvriers, agents techniques et agents de maîtrise, dont les emplois étaient précisément rapportés aux conventions collectives des branches professionnelles auxquelles ils se rattachaient.

¹⁶⁸² Voir supra, partie 4, chapitre 4.2.2.2.

¹⁶⁸³ Titre VI, article 90.

¹⁶⁸⁴ Cité par SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Op. cit., p. 50.

Les dessinateurs à domicile formaient une catégorie particulière du personnel ouvrier. Il s'agissait du même emploi que les dessinateurs géographes employés par le SGA, formés à l'école de dessin de la section de cartographie et placés sous l'autorité des artistes cartographes. L'école avait été intégrée à l'ENSG en 1941 sous la forme d'un « cours des apprentis-dessinateurs », d'une durée d'un an. Alors qu'il était exclusivement masculin pendant la guerre, le recrutement devint exclusivement féminin en 1944, formant le cours des « élèves-artisanes », puis des « élèves-dessinatrices » en 1959, qui devenaient des travailleuses extérieures, exécutant des travaux à domicile dans le cadre d'un marché gré à gré pour le compte de l'IGN. Elargie à la photo-interprétation en 1969, puis ouverte aux hommes en 1974, la formation fut finalement supprimée en 1982 avec la mise en place du cycle à options dessin et restitution, et l'emploi des dessinatrices à domicile déclina. Leur rôle fut considérable pendant près de quarante ans, et aujourd'hui encore une partie du personnel de l'IGN travaille à domicile.

1.2.3. Un contexte social difficile.

Malgré ces réformes statutaires importantes, l'IGN continua de faire face à un climat social particulièrement agité jusqu'au milieu des années soixante-dix. Sinoir souligne la persistance de conflits de type binaire tout au long de l'histoire de l'institut : entre les anciens officiers militaires et les nouveaux ingénieurs civils sortant de l'école pendant les années quarante; entre les agents métropolitains et coloniaux ; entre les personnels actifs travaillant sur le terrain et les personnels sédentaires travaillant dans les ateliers ; entre les techniciens et les administratifs ; entre les partisans du service public et les partisans du développement commercial¹⁶⁸⁵. Cet éclatement du personnel en de multiples groupes favorisa l'apparition systématique d'oppositions épidermiques à chaque réforme envisagée : le changement d'échelle de la carte de base, la décentralisation de l'institut à Bordeaux¹⁶⁸⁶, la réorganisation interne, l'ouverture du poste de directeur de l'institut à d'autres fonctionnaires que les ingénieurs géographes, etc.

Le climat social ne s'apaisa qu'à partir de 1974 avec les réformes entreprises par le nouveau directeur René Mayer – premier directeur choisi en dehors du cadre des ingénieurs géographes grâce à un décret modificateur de janvier 1974 –, définitivement inscrites dans une orientation industrielle et commerciale, à l'image de l'intéressement des employés aux résultats. En plus d'actions de communication et de formation, Mayer encouragea la mobilité en permettant aux personnels de l'IGN d'accéder à des détachements ou à des mises à disposition pour des emplois extérieurs à l'institut, par exemple au sein d'autres services du ministère des Travaux publics. Selon moi, ce soutien à la mobilité procédait de l'industrialisation de l'institut et soulignait la réussite de l'effort de division et de « déqualification » du travail cartographique engagé depuis les années trente, mais il s'opposait aussi à deux siècles d'effort de fixation du personnel qualifié et soulignait la réussite de l'effort

1.3. L'affirmation du caractère commercial de l'activité de l'IGN.

¹⁶⁸⁵ *Ibid.*, p. 63.

¹⁶⁸⁶ Au printemps 1967, le ministre de l'Équipement et du logement et la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR) décidèrent sans consultation des intéressés de délocaliser les services de l'IGN à Bordeaux. Annulée en novembre 1968 à cause de son coût excessif souligné par la direction de l'institut, la procédure fut reprise en 1970 à l'initiative du Premier ministre Chaban-Delmas, alors maire de Bordeaux, et finalement annulée à nouveau face à la ferme opposition du personnel.

1.3.1. Des mesures institutionnelles.

Pour assurer le maintien des relations de l'IGN avec les Etats indépendants nés de la décolonisation, où les anciens services géographiques coloniaux avaient été transformés, dans certains cas, en annexes de l'institut, une Direction de la coopération cartographique et des travaux hors de la France métropolitaine (DCC) avait été créée en 1963. Elle négociait également des contrats avec des Etats étrangers, par exemple la cartographie partielle du Liban au 1 : 20 000 entre 1962 et 1967, la révision en 1963-1964 de la cartographie du Luxembourg, déjà exécutée par l'IGN entre 1951 et 1957, ou des travaux géodésiques en Afrique pour le compte de l'AMS. Le statut d'établissement public adopté en 1966 garantissant à l'IGN l'autonomie financière et la capacité de conclure d'importants contrats en dehors de sa mission de vocation, la DCC fut maintenue. Les travaux spéciaux représentaient la partie la plus importante de l'effort commercial de l'institut. Alain Sinoir souligne par exemple que sur cinquante et un millions de francs de produit global d'exploitation en 1968, vingt-quatre provenaient des travaux spéciaux à l'étranger et quatorze des travaux spéciaux en France, mais seulement huit de la vente de produits finis et cinq des produits divers¹⁶⁸⁷. En 1970, l'orientation commerciale de l'IGN fut confirmée par la création de la Direction des affaires économiques et commerciales (DAEC), responsable de toutes les activités commerciales externes à la mission de vocation de l'établissement.

Dans le cadre de mon étude, la question de la vente des cartes est évidemment plus importante que les travaux spéciaux, qui sortaient systématiquement de la zone géographique ou des échelles que j'ai définies comme objet de mon travail. En 1964, la nouvelle direction de l'IGN engagea dans ce domaine une politique commerciale plus active visant à mieux répondre aux besoins de la clientèle potentielle et à faire connaître le savoir-faire du personnel de l'établissement. Elle créa des agences dans plusieurs villes de province à partir de 1968, à Lyon, Aix-en-Provence, Toulouse, Nancy et Nantes, pour suivre la décentralisation des programmes d'aménagement décidée par le gouvernement en 1964 et contrer le projet de transfert à Bordeaux. Des expositions itinérantes furent également organisées, ainsi que des entreprises éditoriales : un bulletin d'information destiné essentiellement à une diffusion externe à l'Institut, à partir de novembre 1964, et une collection scientifique de l'IGN publiée aux éditions Eyrolles et présentant les techniques cartographiques sous forme didactique.

1.3.2. La diversification des cartes éditées.

Dans l'effort de commercialisation de ses cartes, la principale décision de l'IGN fut de diversifier sa production pour répondre aux besoins touristiques en pleine expansion. En plus des séries touristiques aux échelles moyennes, comme la série verte au 1 : 100 000 en soixante-quatorze feuilles ou la série rouge au 1 : 250 000 en quinze feuilles, l'institut créa plusieurs séries de cartes locales ou régionales à grande échelle :

- la *carte des grandes forêts domaniales*, au 1 : 25 000, en collaboration avec l'Office national des forêts ;
- la *série bleue* des cartes des îles côtières du littoral français, à des échelles diverses ;
- les *cartes des parcs naturels nationaux*, à des échelles diverses également, adaptées à la vocation propre de chaque parc ;
- et surtout, la *série violette* au 1 : 25 000 des massifs montagneux les plus fréquentés : Mont Blanc, Vanoise, Ecrins dans les Alpes.

¹⁶⁸⁷ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit., p. 54.

Selon moi, cette diversification répondait aussi à un besoin implicite de rentabiliser les travaux des cartes de France au 1 : 25 000 et 1 : 50 000 dont les échelles ne répondaient plus aux besoins des utilisateurs strictement techniques qui avaient jusque-là formé la majorité de la clientèle de l'IGN. Que ce soit avec le très critiqué type 1968 ou les diverses éditions spéciales, les tentatives d'adaptation des spécifications des cartes en fonction de leurs utilisations montraient la volonté commerciale de l'IGN de s'imposer aussi comme un producteur cartographique pour le grand public, comme en témoigne le rôle crucial joué par l'orientation commerciale dans la définition du type 1972.

1.3.3. L'écoute des usagers.

Critiqué par les partisans d'une carte de France homogène et détaillée¹⁶⁸⁸, le type 1968 fut également très mal reçu par les opérateurs de l'IGN et les utilisateurs eux-mêmes, qui se plaignaient, les uns d'avoir l'impression de bâcler le travail sur le terrain, les autres de ne pas retrouver la même valeur de renseignement. Alain Sinoir rappelle d'ailleurs que l'Association des ingénieurs géographes (AIG) vota « le 9 novembre 1967 une motion condamnant la nouvelle carte, démarche grave qui [provoqua] une regrettable scission au sein de leur corps »¹⁶⁸⁹. Dans une certaine mesure, la remise en cause du type simplifié sous la pression des utilisateurs et du personnel de l'IGN s'inscrivait dans un rejet d'une conception purement industrielle de la mission cartographique de l'institut, probablement influencé par l'esprit de mai 1968, qui refusait de réduire la valeur de la carte dans le seul but de l'achever plus rapidement – même si ses conséquences furent essentiellement l'adaptation à de nouvelles techniques garantissant une meilleure productivité.

La dissension était suffisamment critique, notamment au sein du personnel de l'IGN, pour qu'« en juin 1969, le Conseil d'Administration de l'I.G.N. [approuvât] la création d'un groupe d'études chargé de préciser la mission de l'établissement en ce qui [concernait] *l'équipement géographique de base du territoire national* »¹⁶⁹⁰. Formé de sept ingénieurs géographes et du conseiller d'Etat Doumenc, présidé par le directeur de l'institut, ce groupe devait définir l'équipement géographique national à long terme, en fixant des échéances raisonnables, les méthodes les plus économiques possibles et les besoins en personnel et en matériel. Alors que Georges Alinhac voyait dans cette initiative « l'occasion de réviser la conception même de la carte à l'issue d'une période de transition, afin de l'adapter au mieux aux besoins des utilisateurs et aux nouvelles techniques de réalisation »¹⁶⁹¹, j'intègre ces trois changements (transition institutionnelle, mutation technique et modification de la carte de base) dans une évolution exclusive vers la conception de la carte comme un produit utilitaire – voire un produit de consommation.

L'IGN appliqua d'ailleurs des méthodes parfaitement commerciales pour déterminer ce que les utilisateurs (ses *clients*) attendaient des cartes (ses *produits*). Il réunit ainsi sept tables rondes d'usagers pour étudier les propositions du groupe d'étude sur l'équipement géographique, chacune représentant un secteur de clientèle potentiel : agriculture, armée, cadastre et géomètres, aménagement du territoire, géographie physique et humaine, cartographie thématique et cartographie touristique. Même si ces tables rondes acceptèrent l'ensemble des propositions du groupe de travail, elles avaient confirmé que ces propositions répondaient suffisamment aux besoins et aux attentes des utilisateurs, et non

¹⁶⁸⁸ Voir supra, partie 4, chapitre 1.3.2.2.

¹⁶⁸⁹ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 43.

¹⁶⁹⁰ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000. *Op. cit.*, p. 2.

¹⁶⁹¹ *Ibid.*.

seulement aux tendances scientifique ou industrielle qui se manifestaient habituellement à l'IGN. En ce sens, leur réunion montrait l'ouverture définitive de l'IGN à des problématiques commerciales.

2. La normalisation de la représentation du relief dans le type 1972.

Le nouveau statut d'établissement public de l'Etat de l'IGN acheva d'affirmer son orientation industrielle et commerciale, ce qui favorisa des réformes cartographiques de la carte de base qui connurent un accueil relativement hostile¹⁶⁹², sans pour autant résoudre les problèmes d'hétérogénéité et d'inadaptation aux nouvelles techniques de rédaction de la carte de base. Les conclusions formulées par le groupe de travail réuni en 1969 pour faire face à cette situation critique aboutirent à la formalisation de nouvelles spécifications : le type 1972. La représentation du relief adoptée procédait d'un compromis entre les tendances scientifique et figurative, même s'il favorisait l'approche scientifique et l'optimisation industrielle de la rédaction. Dicté par la nouvelle orientation commerciale de l'IGN, ce compromis permit une adoption rapide et unanime des nouvelles spécifications par tous les utilisateurs de cartes de montagne.

2.1. Le type 1972, entre orientation commerciale et réformes techniques.

2.1.1. La conception du type 1972.

Après s'être réuni dix-sept fois entre avril et novembre 1969, le groupe de travail sur l'équipement géographique mis en place au sein de l'IGN aboutit à un ensemble de propositions qui furent toutes validées par les tables rondes d'usagers. Entre autres, il proposait : d'adopter une couverture aérienne au 1 : 30 000 sur film, complétée par une couverture au 1 : 12 500 en couleur pour la photo-interprétation, la révision du 1 : 25 000 et les levés à très grande échelle ; d'achever en onze ans la publication du 1 : 25 000 et du 1 : 50 000, y compris la réfection des feuilles les plus anciennes ; et de définir un « 1 : 25 000 type nouveau »¹⁶⁹³.

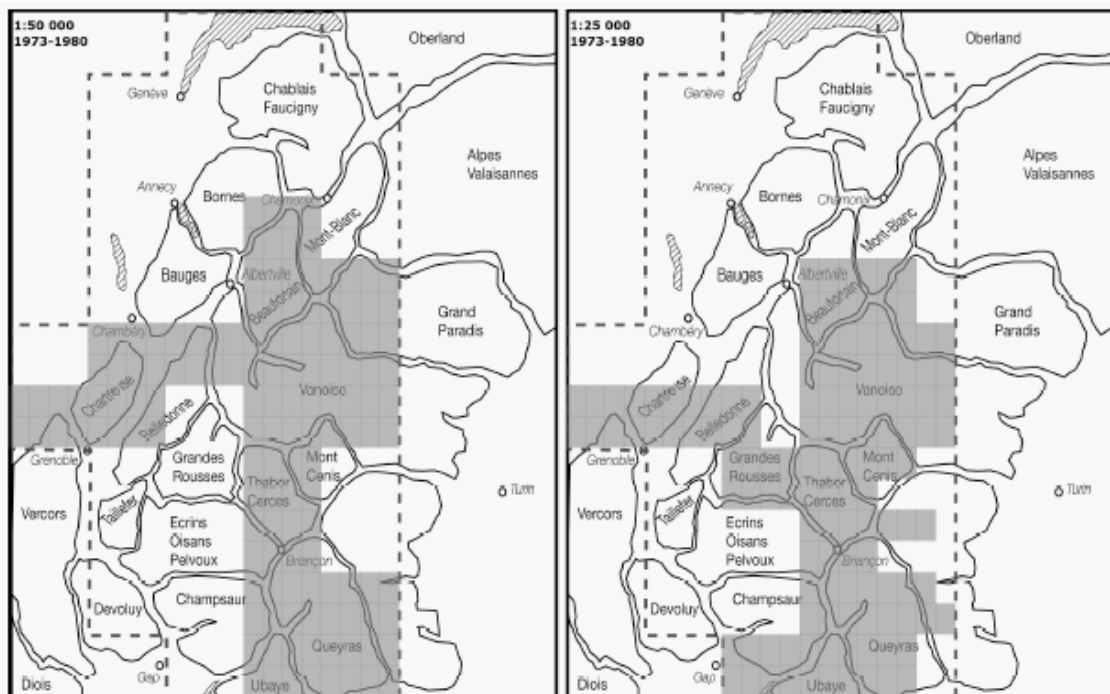
Le projet du nouveau type fut présenté en juin 1969 et expérimenté aux deux échelles du 1 : 25 000 et du 1 : 50 000 en septembre et octobre 1969 dans une zone accidentée, le quart sud-est de la feuille de *Grenoble*. Après l'acceptation par les tables rondes d'usagers, l'expérimentation fut complétée par des essais de représentation d'un centre urbain important (*Rennes*) et d'une région moyennement accidentée et de planimétrie peu dense (*Lacapelle-Marival*), à la seule échelle du 1 : 50 000, en mars 1971. Adoptées en juin 1972 par le conseil d'administration et mises en application en juillet, ces nouvelles

¹⁶⁹² Voir supra, partie 4, chapitre 1.3.2.2.

¹⁶⁹³ Il proposait également la mise en place de levés au 1 : 5 000 pour la publication d'une carte normalisée à cette échelle, jugée la plus petite permettant de reproduire les détails topographiques sans modification de leur dimension ou de leur position. Mais la direction de l'IGN souhaitait privilégier l'achèvement du 1 : 25 000, et des oppositions institutionnelles, notamment avec la Division des travaux topographiques (DTT) du ministère de l'Équipement, empêchèrent finalement la réalisation de cette carte. SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée. Op. cit.*, p. 56-59.

spécifications formèrent ce qui fut nommé le *type 1972*, bien que, contrairement aux feuilles du 1 : 50 000 *type 1922*, les nouvelles feuilles ne comportaient aucune mention du type dans leur habillage. La couverture totale du territoire national fut finalement achevée en 1980, dans les délais exacts demandés par le groupe de travail – une première dans l'histoire de la cartographie française !

Dans les Alpes du nord, les publications en *type 1972* concernèrent en priorité les feuilles frontalières de haute montagne, dressées à partir de levés qui commençaient à être très anciens, par rapport à ceux du massif du Mont Blanc par exemple (carte 31). Elles portèrent également sur la région de Grenoble et la combe de Savoie menant à Albertville, qui avaient déjà été représentées avec des levés récents, mais avaient connu d'importantes modifications infrastructurelles pour les Jeux olympiques de 1968. A l'achèvement de la carte de France en 1980, les Alpes du nord n'étaient toutefois pas couvertes par des feuilles homogènes, mais par un ensemble de publications faites dans des types et des formats différents¹⁶⁹⁴.



Carte 31 : Répartition des feuilles de la carte de France au 1 : 50 000 et au 1 : 25 000 *type 1972* couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1973 et 1980.

2.1.2. Adapter les spécifications aux nouveaux procédés de rédaction.

L'un des objectifs défendus par le groupe de travail qui définit les spécifications du *type 1972* était d'adapter les cartes de base aux nouvelles techniques de rédaction : tracé sur couche, pelliculage, photocomposition des écritures et montage manuel sur support transparent. En effet, les spécifications des types 1922 et 1968 « ne se prêtaient pas toujours à l'exploitation optimale des nouveaux moyens d'exécution, soit en maintenant des signes très longs à rédiger en tracé (traits tiretés, pointillés, divers symboles ponctuels...), soit en n'usant pas de toutes les possibilités offertes (ainsi certains figurés de surface : surcharges routières, poncifs... [étaient] réalisés très facilement et rapidement grâce aux masques pelliculés,

¹⁶⁹⁴ Voir infra, « Après 1960... », 3.1.

alors que leur dessin manuel [était] très laborieux) »¹⁶⁹⁵. Dans ce but, le type 1972 apportait des changements considérables dans deux domaines : l'harmonisation de la rédaction des cartes au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000 et l'adaptation des signes conventionnels aux techniques de rédaction sur couches.

Historiquement, les cartes de France au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000 étaient les héritières de deux documents très différents, respectivement les plans directeurs au 1 : 10 000 et 1 : 20 000 et la carte au 1 : 50 000 type 1900. Mais en 1965, la décision de rédiger non plus successivement, mais simultanément les deux cartes, le fond de rédaction du 1 : 50 000 étant systématiquement formé des minutes elles-mêmes¹⁶⁹⁶, avait amorcé un rapprochement qui s'était manifesté, entre autre, dans l'unification des types d'écritures, obtenues par une seule photocomposition, ou l'adaptation des minutes et des préparations pour une exploitation commune aux deux cartes. L'adoption du type 1968 pour le 1 : 25 000, qui ne comportait que les courbes de niveau du 1 : 50 000, avait également suscité des essais concluants pour tirer directement la planche de courbes de niveau du 1 : 50 000 à partir des couches gravées au 1 : 25 000 lors de la restitution¹⁶⁹⁷. Cette méthode ne fut pas généralisée pour les courbes de niveau parce que sur les types non simplifiés, la sélection d'une courbe sur deux¹⁶⁹⁸ par bouchage sur le négatif était trop délicate, mais elle fut adoptée dans la pratique régulière pour les planches de trait de bleu et de vert et pour les masques d'hydrographie et de végétation. Finalement, le type 1972 achevait l'harmonisation des deux cartes, qui n'étaient plus différenciées que par les spécifications imposées par la généralisation au 1 : 50 000, comme l'équidistance. Selon moi, les principales motivations de cette harmonisation s'inscrivaient dans la double industrielle et commerciale de l'IGN : d'un côté, elle permettait de ne plus dérouter l'utilisateur des deux cartes, et d'un autre côté, sans doute le plus important, elle permettait de rationaliser encore un peu plus le processus de rédaction.

En lien avec cette harmonisation, le type 1972 adaptait également les signes conventionnels aux nouvelles techniques de rédaction sur couche qui ne s'accordaient pas bien avec les signes du type 1922, définis pour une rédaction sur papier Rives à l'échelle du 1 : 20 000. Le tableau des signes conventionnels fut donc complètement revu à l'aune des nouvelles techniques : certains signes furent simplifiés, les signes utilisés sur le 1 : 25 000 furent affinés, et une surcharge de couleur, pratiquement impossible en dessin manuel, fut ajoutée sur les routes pour compenser cet affinement. Afin de limiter le nombre de planches, les courbes de niveau furent tracées dans la même couleur orange que les teintes utilisées pour les routes, parce qu'elle donnait de « meilleurs » résultats esthétiques que le bistre pour la surcharge¹⁶⁹⁹. Les autres couleurs étaient classiques : noir pour la planimétrie, la

¹⁶⁹⁵ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000. *Op. cit.*, p. 2.

¹⁶⁹⁶ *Ibid.*, p. 7.

¹⁶⁹⁷ On tirait par copie un positif alourdi (c'est-à-dire avec des traits épaissis pour compenser le changement d'échelle) et à la même échelle par interposition d'une feuille de plastique mince entre la couche gravée et la surface sensible, puis ce positif était réduit photographiquement au 1 : 50 000. L'assemblage des positifs des différentes coupures donnaient la planche de courbes au 1 : 50 000 sans nouvelle rédaction. Rapp. 4^e dir. IGN 1966, p. 29.

¹⁶⁹⁸ Dans la plupart des cas, la généralisation au 1 : 50 000 adoptait une équidistance deux fois plus grande qu'au 1 : 25 000, ce qui nécessitait de n'utiliser qu'une courbe sur deux des minutes de levé.

¹⁶⁹⁹ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000. *Op. cit.*, p. 5.

toponymie, l'habillage et l'estompage (facultatif au 1 : 25 000)¹⁷⁰⁰ ; bleu pour l'hydrographie ; un seul vert pour la végétation¹⁷⁰¹.

2.1.3. L'influence de la conception utilitariste.

Sous bien des aspects, la mise au point et l'adoption du type 1972 s'inscrivait dans la problématique industrielle de productivité qui dominait l'évolution de l'IGN depuis les années trente, mais sa genèse fut en fait plus complexe et originale qu'une simple adaptation à des procédés de production industrielle. Si la remise en cause du type simplifié déboucha essentiellement sur des modifications techniques qui accroissaient l'industrialisation du processus cartographique, elle permit également de questionner plus ouvertement la place de la carte de France dans l'équipement national et d'affirmer plus fortement la nécessité de lui donner une valeur ajoutée importante par la qualité et la quantité des informations qu'elle contenait.

Les spécifications officielles du type 1972 traduisaient bien la remise en question de la carte de base au 1 : 25 000 et de son dérivé direct au 1 : 50 000 – que ce soit en types 1922 ou 1968. Le rôle de chacune des cartes était mieux précisé. La carte au 1 : 25 000 était décrite comme « une représentation fidèle et objective des éléments fixes et durables existant à la surface du sol à un moment donné », un « document technique » pouvant donner des « agrandissements jusqu'à l'échelle du 1 : 10 000 [...] pratiquement exploitables dans les mêmes conditions que les documents directement établis à cette échelle »¹⁷⁰². Si elle reprenait les arguments anciens des possibilités d'agrandissement au 1 : 10 000, cette définition était surtout caractérisée par son affirmation de la carte au 1 : 25 000 comme un document de base riche et périodiquement mis à jour, en opposition avec les tentatives de simplification des années soixante. Au contraire, la carte au 1 : 50 000 était confirmée dans son caractère de généralisation : elle devait « permettre de situer et de classer les voies de communication, de faire ressortir les obstacles de parcours et les couverts, de permettre une identification rapide et précise des détails caractéristiques du paysage et de définir la planimétrie et le relief d'une manière à la fois topométrique et descriptive », « ses qualités essentielles [étant] la clarté et la lisibilité »¹⁷⁰³.

Ces définitions donnaient une place centrale à l'utilisation de la carte et s'inscrivaient dans l'affirmation d'une plus grande considération pour les besoins des utilisateurs. Je trouve que les choix opérés en matière de simplification reflètent particulièrement cette généralisation de la conception utilitariste de la cartographie. Dans ce domaine, la problématique industrielle était restée prédominante jusque-là, parce qu'une carte plus simple était une carte plus rapide à lever (éventuellement avec des photographies aériennes à plus petite échelle), plus rapide à dresser, plus rapide à réviser également – un facteur crucial quand l'accélération considérable de l'aménagement du territoire en France depuis les années cinquante et l'affirmation du rôle utilitaire de la cartographie n'avaient cessé d'accroître l'importance de la révision régulière d'une carte dont on peinait encore à envisager l'achèvement prochain. Mais l'affirmation de l'avis des utilisateurs face à la simplification excessive du type 1968 avait favorisé une position plus retenue pour le type 1972, dont la simplification par rapport au type 1922 s'était limitée à une certaine

¹⁷⁰⁰ Sur la couleur utilisée pour l'estompage, voir infra.

¹⁷⁰¹ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 : 25 000. *Op. cit.*, p. 2

¹⁷⁰² *Spécifications de l'équipement géographique de base du territoire national*. Paris : Institut géographique national, 1972,

p. 2.

¹⁷⁰³ *Ibid.*, p. 3.

rationalisation des informations contenues dans la carte en fonction des besoins des utilisateurs, afin d'équilibrer les gains en productivité et les exigences de ces derniers.

Avec cette recherche de validation par les utilisateurs des choix opérés par les ingénieurs géographes du groupe d'étude, la définition du type 1972 procédait autant d'une vision globale de la cartographie, « il faut faire la carte ainsi », que d'une vision pragmatique, « les utilisateurs la veulent ainsi ». Elle marquait l'affirmation d'une orientation commerciale qui n'avait été que très partiellement et irrégulièrement considérée par le service cartographique jusqu'à cette date. L'institut s'inscrivait ainsi définitivement dans ce que j'ai qualifié de conception utilitariste de la cartographie, qui consistait à privilégier l'approche pragmatique et concrète de la carte comme outil ou produit, plutôt que l'approche conceptuelle de la carte comme tableau du territoire. Mais, étrange paradoxe, cette conception de la carte comme un produit devant répondre aux attentes d'un public favorisa, dans le domaine de la représentation du relief, la persistance limitée de la tradition figurative – caractéristique de la conception fixiste.

2.2. La représentation du relief, un compromis dominé par la tendance scientifique.

Depuis les débuts de la cartographie scientifique¹⁷⁰⁴, la représentation du relief avait toujours été une délicate question d'équilibre entre une tendance scientifique à la géométrisation et une tendance figurative à l'expressivité. Les spécifications des cartes avaient toujours été une affaire de compromis entre ces deux tendances, même si le développement scientifique de la cartographie occidentale avait fortement privilégié la première. La généralisation des courbes de niveau à la fin du 19^e siècle, loin de calmer les oppositions, n'avait fait que les renforcer avec la possibilité nouvelle d'une représentation topométrique. Les différentes factures adoptées à la fin des années cinquante pour la carte de France avaient marqué l'avantage pris par la tendance scientifique, mais aussi l'introduction définitive de la problématique industrielle dans l'équation. La fin des années soixante vit l'affirmation d'un quatrième facteur, souvent exploité dans les justifications officielles mais finalement assez rarement considéré jusqu'à cette époque : l'utilisateur de la carte, qui gagnait un pouvoir certain avec la nouvelle orientation commerciale de l'institut.

2.2.1. L'influence du facteur commercial.

Le type 1972 présentait des changements importants dans la représentation du relief, et en particulier des zones rocheuses. Ces modifications n'avaient pourtant pas été spécialement étudiées par le groupe de travail qui s'était surtout concentré sur l'harmonisation des deux cartes et la révision des signes conventionnels, mais elles avaient fait l'objet d'essais parallèles menés à partir de juillet 1969 dans le cadre d'une édition spéciale de la feuille *Chamonix*, en réponse aux critiques des utilisateurs sur la représentation topométrique adoptée pour l'édition régulière¹⁷⁰⁵. Assez paradoxalement, au lieu de compliquer l'équilibre entre les tendances scientifique et figurative, l'affirmation d'une orientation commerciale forte permit au contraire de clarifier la situation en intégrant un facteur extérieur qui tranchait avec leur opposition ancienne. Ainsi, un compromis nouveau entre ces deux tendances fut adopté pour la représentation du relief, qui, s'il privilégiait assez nettement l'approche

¹⁷⁰⁴ Comme je l'ai déjà précisé, on définit généralement comme « scientifique » une cartographie basée sur la mesure instrumentale du terrain.

¹⁷⁰⁵ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000. *Op. cit.*, p. 5. Voir aussi supra, partie 4, chapitre 4.2.3.5.

scientifique, ne sous-estimait pas pour autant l'importance de l'approche figurative que les utilisateurs avaient défendue.

2.2.2. La prépondérance de la tendance scientifique.

L'orientation topométrique du type 1972 était affirmée dans la définition même du contenu des cartes au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000 : la première devait être un « document technique [permettant] à l'utilisateur d'effectuer des mesures exactes et de déterminer facilement sa position sur le terrain », alors que la deuxième devait permettre de « définir la planimétrie et le relief d'une manière à la fois topométrique et descriptive »¹⁷⁰⁶. Dans son principe de base, la représentation du relief n'était donc pas modifiée : elle était toujours basée sur des courbes de niveau, à une équidistance de dix mètres au 1 : 25 000 et de vingt mètres pour le 1 : 50 000 dans les régions montagneuses. Les courbes de niveau étaient tracées en orange pour permettre l'application d'une teinte en surcharge sur les voies de communication importantes sans augmenter le nombre de couleurs, mais une planche d'orographie séparée était conservée pour l'impression des documents techniques monochromes¹⁷⁰⁷.

Sur cette base classique en cartographie topographique – car produit d'une naturalisation culturelle¹⁷⁰⁸ –, l'IGN décida de maintenir les courbes de niveau partout, en orange quelle que soit la nature du sol, en ne conservant que les courbes maîtresses dans les pentes trop fortes pour assurer l'équidistance normale des courbes sans qu'elles se touchent. Cette représentation topométrique devait permettre la lecture des courbes de niveau et donc la mesure des pentes dans toutes les zones. Pour cela, la représentation du rocher, plébiscitée par les utilisateurs, devait rester légère : à partir des photographies aériennes et en s'appuyant sur les courbes, « les lignes caractéristiques de la structure rocheuse [étaient] suggérées par un dessin au trait, imprimé en noir franc [...] mais qui, afin de ménager les courbes, [limitait] le figuré de surface à la traduction de l'aspect local de la roche, sans aucun effet d'éclaircissement »¹⁷⁰⁹. L'IGN évitait ainsi l'aspect massif de la mise à l'effet classique du rocher, et réglait le problème ancien mais toujours d'actualité de l'éclairage en supprimant tout effet d'ombre sur le rocher, qui oblitérait parfois les courbes et provoquait l'impression critiquée de cloisonnement¹⁷¹⁰.

2.2.3. Un figuratisme concentré dans l'estompage.

Afin de prendre en compte les reproches faits aux feuilles alpines publiées avec une représentation essentiellement en courbes de niveau (nues ou habillées), tout en conservant la valeur topométrique de la carte réaffirmée dans les spécifications du type 1972, l'IGN concentra tout l'aspect figuratif de la représentation du relief dans l'estompage. L'effet

¹⁷⁰⁶ *Spécifications de l'équipement géographique. Op. cit.*, p. 3.

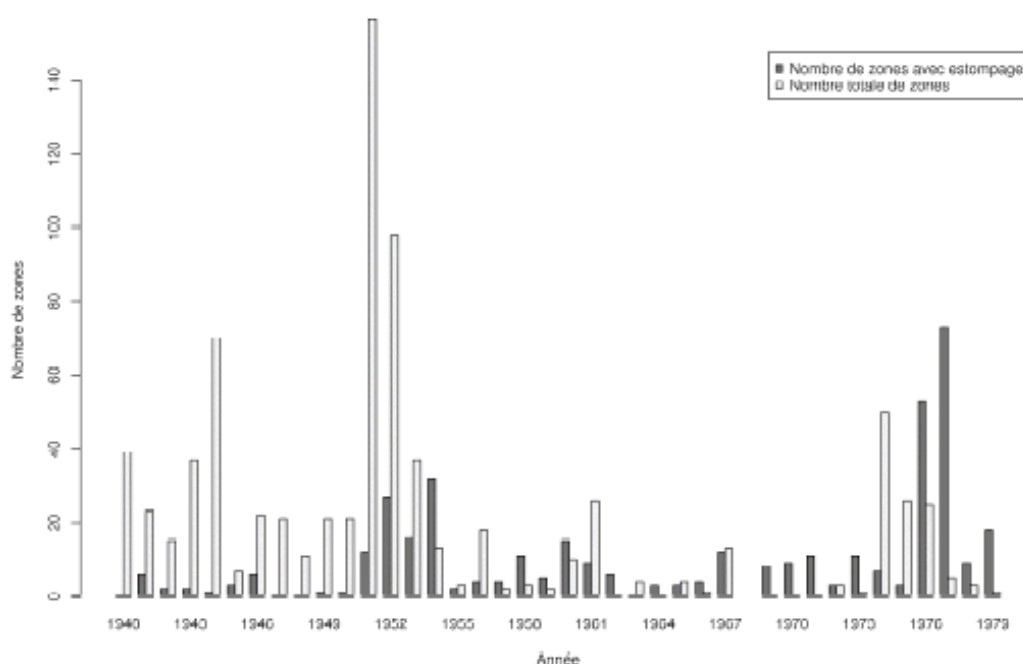
¹⁷⁰⁷ Les planches d'orographie et de surcharge planimétrique n'étaient combinées qu'au moment du tirage. C'était le cas également pour les planches de planimétrie et d'estompage, quand celui-ci était imprimé en noir, puisque qu'une planche de planimétrie seule était nécessaire pour l'établissement des documents techniques et le report des corrections des révisions.

¹⁷⁰⁸ A ce sujet, voir supra, partie 3, chapitre 4.2.2.2.

¹⁷⁰⁹ *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. Op. cit.* Présentation et étude critique des meilleures cartes française et étrangère, p. 8.

¹⁷¹⁰ Voir annexe 2, figure 18 : reproduction d'un détail de l'édition spéciale de la carte du *Massif du Mont Blanc* au 1 : 25 000 qui servit à expérimenter cette nouvelle représentation du relief.

d'éclaircissement était entièrement dévolu à un estompage oblique, imprimé en noir atténué¹⁷¹¹ et appliqué uniformément dans toutes les zones de la carte, rocheuses et non rocheuses, pour assurer une certaine continuité dans l'ombrage du relief. La réaction très favorable des utilisateurs à l'édition spéciale au 1 : 25 000 couvrant le cœur du massif du Mont Blanc, sur laquelle cette représentation du relief fut expérimentée, prouva que l'estompage était un moyen d'expression artistique suffisamment puissant pour assurer seul la fonction figurative de la représentation du relief. Mais ce nouveau rôle central nécessita la généralisation de son emploi, tant au 1 : 25 000 qu'au 1 : 50 000 : le graphique suivant montre qu'à partir de 1975, les premières publications de feuilles alpines en type 1972 marquèrent la généralisation de l'estompage et son application à toutes les zones représentées (graphique 36). Je trouve d'ailleurs que l'application du même estompage, par l'IGN lui-même, aux reproductions de cartes étrangères sur les feuilles frontalières, est particulièrement révélatrice de la volonté d'harmonisation de la figuration du relief.



Graphique 36 : Evolution de l'utilisation de l'estompage sur les feuilles publiées par l'IGN couvrant les Alpes du nord, entre 1940 et 1980.

2.3. Une acceptation rapide et complète.

2.3.1. Une réponse satisfaisant les intérêts industriels et commerciaux.

Par l'effort d'adaptation aux techniques de rédaction et de rationalisation des spécifications qu'il constituait, le type 1972 répondait particulièrement bien aux intérêts industriels de rendement et d'efficacité de la production cartographique. Non seulement les techniques de tracé et d'arrachage sur couches pouvaient finalement être exploitées à leur plein potentiel, mais la rédaction et la révision étaient aussi facilitées et accélérées par la simplification et

¹⁷¹¹ Le noir fut conservé dans les essais de 1971 et 1972, mais à partir de février 1973, l'estompage fut imprimé en gris traditionnel, avant d'être à nouveau imprimé en noir à partir de juin 1976 grâce à des améliorations des techniques de reproduction.

la rationalisation des détails contenus dans la carte, en particulier au niveau des signes conventionnels, et par la séparation plus nette des fonctions figuratives et topométriques dans la représentation du relief. La nouveauté résidait dans la bonne adéquation entre l'orientation industrielle et le souci commercial de répondre aux attentes des utilisateurs. Ces derniers acceptèrent d'ailleurs beaucoup mieux le type 1972 que le type 1968 simplifié, alors même qu'il représentait également une certaine simplification du type 1922, gommée il est vrai par une représentation plus harmonieuse et une impression de richesse créée par l'adoption de signes conventionnels plus fins.

2.3.2. L'enthousiasme des utilisateurs de cartes de haute montagne.

Dans le domaine de la représentation du relief, l'acceptation des spécifications du type 1972 par les utilisateurs fut consacrée avant même les premières publications de feuilles de montagne dans ce type, lors d'un colloque tenu le 23 mai 1973 à Paris sur la cartographie des régions montagneuses¹⁷¹². Organisé à l'initiative du directeur de l'IGN, Georges Laclavère, et du président de la Fédération française de la montagne (FFM), Lucien Devies, il réunissait des représentants de nombreux organismes intéressés par la représentation cartographique de la montagne, qu'ils soient ministériels comme l'IGN, le service Rénovation en montagne de la DATAR, l'Office national des forêts, la Section géographique militaire ou l'Institut de géographie alpine par exemple, administratifs comme les différents parcs nationaux, ou associatifs comme la FFM ou le Touring-Club de France – le CAF n'avait curieusement pas « pu » envoyé de représentants, mais Lucien Devies en était alors président honoraire.

Le compte-rendu du colloque montre à quel point les spécifications du type 1972 furent acceptées rapidement et unanimement par les usagers de la cartographie de montagne. Sur les vingt-sept pages du compte-rendu, cinq pages seulement étaient consacrées à la question de la représentation graphique du relief, dont quatre à un exposé de l'évolution historique présenté par Georges Alinhac. Tous les représentants présents s'entendaient pour dire que la facture adoptée sur la carte du Mont Blanc au 1 : 25 000 et généralisée dans le type 1972, était très satisfaisante. Les représentants des associations d'alpinistes affirmaient qu'elle marquait « un gros progrès par rapport aux cartes antérieures »¹⁷¹³. Veyret, directeur de l'Institut de géographie alpine, trouvait que la carte était « réussie dans son ensemble » et que « le rendu du relief [était] [...] mieux adapté aux besoins des géographes »¹⁷¹⁴. Pour la première fois peut-être dans l'histoire de la cartographie scientifique française, ces utilisateurs exigeants reconnaissaient que la carte française était égale ou supérieure aux cartes suisses, les alpinistes trouvant qu'« on [pouvait] maintenant hésiter entre les factures française et suisse », alors que les géographes trouvaient le rendu du relief de la carte française « plus vigoureux et plus parlant que celui de la carte suisse »¹⁷¹⁵.

¹⁷¹² Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. *Op. cit.*

¹⁷¹³ *Ibid.*, p. 9.

¹⁷¹⁴ *Ibid.*, p. 9-10.

¹⁷¹⁵ *Ibid.*, p. 9.

3. Homogénéisation de la carte de base et déclin des spécificités de la cartographie de montagne.

La représentation du relief dans le type 1972 faisait l'unanimité des utilisateurs intéressés. Contrairement aux multiples débats qui avaient divisé le milieu de la cartographie de haute montagne jusqu'à la fin des années soixante, les sujets abordés au cours du colloque de 1973 portèrent essentiellement sur d'autres questions que la représentation du relief, principalement sur le problème fondamental de la spécificité de la cartographie de montagne. Que ce soit par l'échelle à utiliser ou par les éléments à inclure dans une éventuelle surcharge touristique, par exemple, le questionnement central concernait la place des régions de haute et moyenne montagne à l'intérieur de l'édifice beaucoup plus vaste de la carte de France. Dans les années soixante, l'IGN avait publié des séries dérivées pour répondre aux besoins touristiques de ces régions qui n'étaient pas satisfaits par une carte de base relativement technique et parfois assez dénudée dans sa représentation du relief. Mais dans la perspective d'une adaptation des anciennes feuilles au type 1972, leur nécessité n'était plus aussi évidente, puisque le type 1972 consacrait une homogénéisation de la carte de base autour d'une conception moins spécifiquement technique et plus ouverte aux utilisations touristiques.

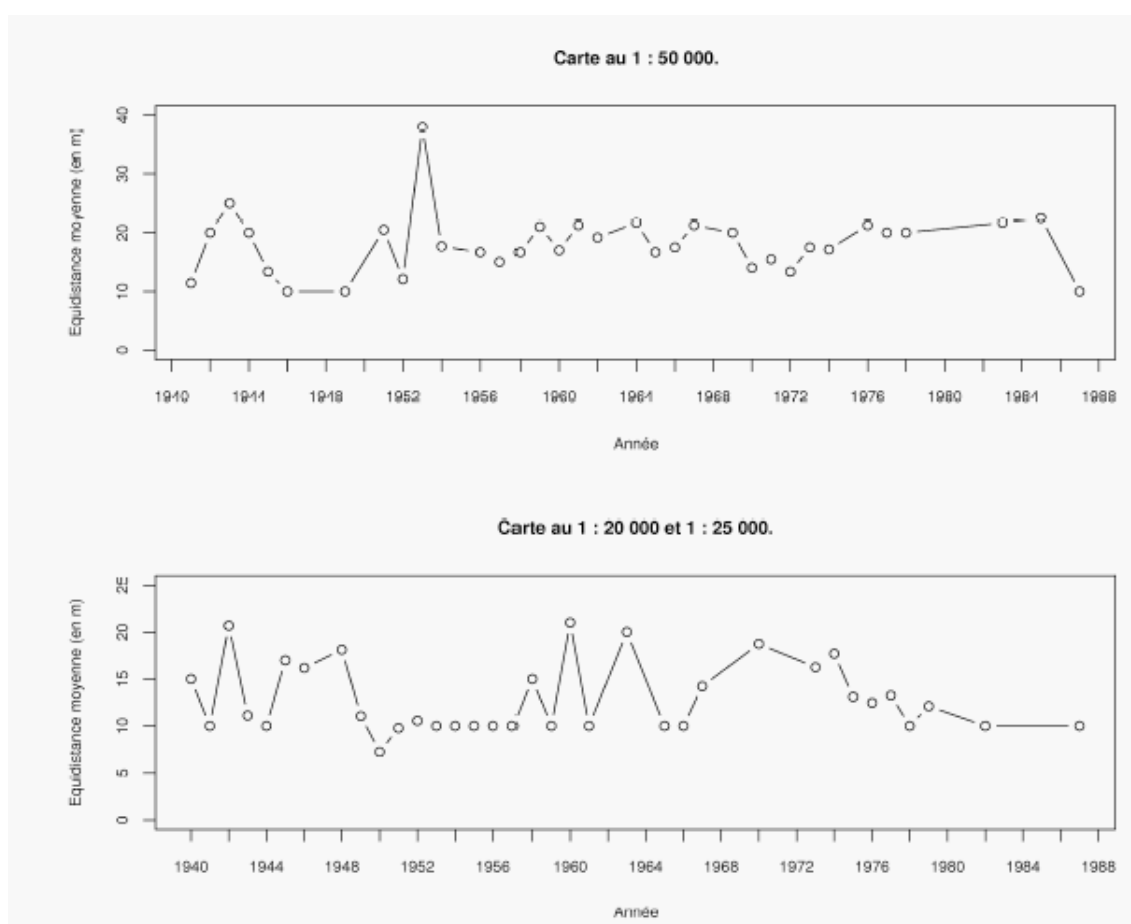
3.1. Normalisation et homogénéisation de la carte de base.

3.1.1. L'effort de normalisation du type 1972.

Nous avons déjà vu que le type 1972 avait marqué une normalisation de l'habillage¹⁷¹⁶ et une harmonisation de la rédaction des cartes au 1 : 25 000 et 1 : 50 000, en particulier pour les signes conventionnels¹⁷¹⁷. Mais il représentait plus généralement un effort considérable de normalisation de la carte de base. Si dès les années cinquante, le nombre de couleurs utilisées s'était stabilisé à quatre avec l'adoption d'une planche de vert pour l'édition au 1 : 20 000, l'équidistance avait continué d'être très variable selon les feuilles, même au sein d'une région globalement montagneuse comme celle couverte par mon corpus (graphique 37). A partir de 1975, la publication des premières feuilles alpines du type 1972 entraîna une certaine normalisation des équidistances employées. Au 1 : 25 000, le graphique montre bien la généralisation de l'équidistance de dix mètres pour les régions montagneuses, même si des courbes intercalaires étaient parfois ajoutées dans les régions peu accidentées – le reste du territoire étant couvert avec une équidistance de cinq mètres. Au 1 : 50 000, la situation est moins claire pour les feuilles de montagne, à cause des effets de la généralisation cartographique et de l'absence de recours ponctuel aux courbes intercalaires : bien que la courbe montre une tendance à la généralisation de l'équidistance de vingt mètres, les régions les moins accidentées étaient représentées avec des courbes équidistantes de dix mètres (*La Mure, Voiron*).

¹⁷¹⁶ Voir supra, partie 4, chapitre 4.2.1.

¹⁷¹⁷ Voir supra, « Après 1960... », 2.1.2.



Graphique 37 : Evolution de l'équidistance moyenne des feuilles des cartes de France au 1 : 20 000, 1 : 25 000 et 1 : 50 000, couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1940 et 1987.*

* Le graphique représente l'évolution jusqu'en 1987 afin de souligner une tendance, mais mon corpus est loin d'être exhaustif pour la période 1980-1987 (voir supra, « Historiographie... », 2.1.5).

3.1.2. La mise à jour des feuilles en type 1922.

Cette effort de normalisation interne au type 1972 était doublé d'un effort d'harmonisation des anciennes feuilles encore éditées en type 1922 avec les nouvelles publications. Sous l'influence de l'achèvement prochain de la couverture cartographique de base du territoire, la volonté de disposer d'une carte homogène retrouvait une certaine force, face à la nécessité d'accélérer son achèvement qui avait justifié les différentes modifications et simplifications opérées sur la base du type 1922. Toutes les réfections étaient évidemment l'occasion de publier de nouvelles versions des feuilles en type 1972, mais les révisions elles-mêmes participaient à l'harmonisation : « il [avait] été décidé en octobre 1975 d'harmoniser au mieux

le type 1922 avec le type 1972 en cherchant à fournir une information de même nature, de même qualité et de même richesse, mais en excluant les modifications purement graphiques de facture »¹⁷¹⁸. Cependant, après 1976, toutes les révisions furent l'occasion, du moins dans la région couverte par mon corpus, de reprendre les factures anciennes du rocher et du glacier, pour les adapter aux nouvelles spécifications du type 1972. L'habillage et la présentation étaient également adaptées.

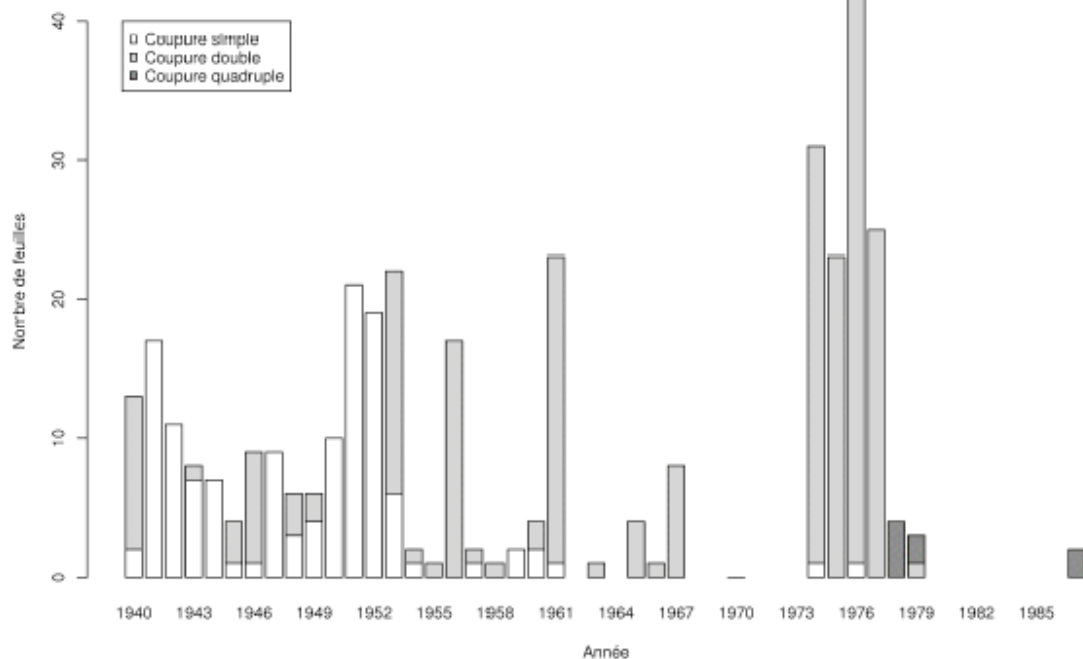
3.1.3. L'harmonisation de l'offre éditoriale et des formats.

Jusqu'aux années soixante-dix, la prépondérance de l'orientation industrielle avait fait privilégier à l'IGN la publication de la carte de base en coupure double à vocation technique, sans estompage, généralement vendue à plat, sans couverture et non pliée, avec une représentation du relief à tendance topométrique. Dans les régions touristiques, cette facture se révélait inadaptée aux besoins des utilisateurs. Influencé par le développement du tourisme et une nouvelle politique commerciale plus dynamique et moins dirigée vers les seuls utilisations techniques, l'IGN édita plusieurs éditions dérivées spéciales, présentées en version pliée avec couverture et comportant un estompage et des informations touristiques en surcharge. En particulier, la série violette au 1 : 25 000 couvrait les massifs montagneux les plus fréquentés, le Mont Blanc, la Vanoise et les Ecrins dans les Alpes du nord. Ces multiples éditions spéciales participaient à la complexité de l'offre éditoriale de l'institut, déjà accrue par les différentes variantes du type 1922 et la publication de feuilles en type 1968 simplifié.

Dans ce domaine également, l'ambition du type 1972 était de permettre une plus grande homogénéité de la production en offrant une carte de base répondant mieux aux besoins des différentes catégories d'utilisateurs. Il s'agissait surtout d'un souci de rentabilité, la publication et l'entretien coûtant évidemment moins cher pour une seule carte au 1 : 25 000 que pour plusieurs cartes, mêmes dérivées. A partir du milieu des années soixante-dix, les spécifications éditoriales du type 1972 furent ainsi adaptées aux besoins touristiques, spécialement les formats de publication (graphique 38). Alors que jusqu'à la fin des années cinquante, les coupures simples et doubles avaient cohabité dans la publication des feuilles au 1 : 25 000, les coupures doubles plates s'étaient largement imposées par la suite. Les premières feuilles du 1 : 25 000 type 1972 éditées en 1976 et 1977 étaient également en coupure double, mais en version pliée avec couverture (graphique 39) : le développement de cette forme de publication répondait à l'essor d'utilisations de terrain, notamment touristiques, pour lesquelles le produit-carte devait pouvoir être « consommé » immédiatement, à l'inverse des utilisations plus traditionnelles, soit au bureau, pour lesquelles la publication à plat était adaptée, soit sur le terrain, après le pliage, voir le brochage, de la carte – qui firent longtemps partie des pratiques cartographiques habituelles¹⁷¹⁹. Cependant, à partir de 1978, toutes les nouvelles publications en type 1972 furent effectuées en coupure quadruple (c'est-à-dire par moitié de feuille au 1 : 50 000), avec couverture, formant ce qui fut appelé la *série bleue*. Le but était de proposer des cartes plus grandes et directement prêtes à être utilisées sur le terrain, sans avoir besoin d'emmener un trop grand nombre de cartes différentes.

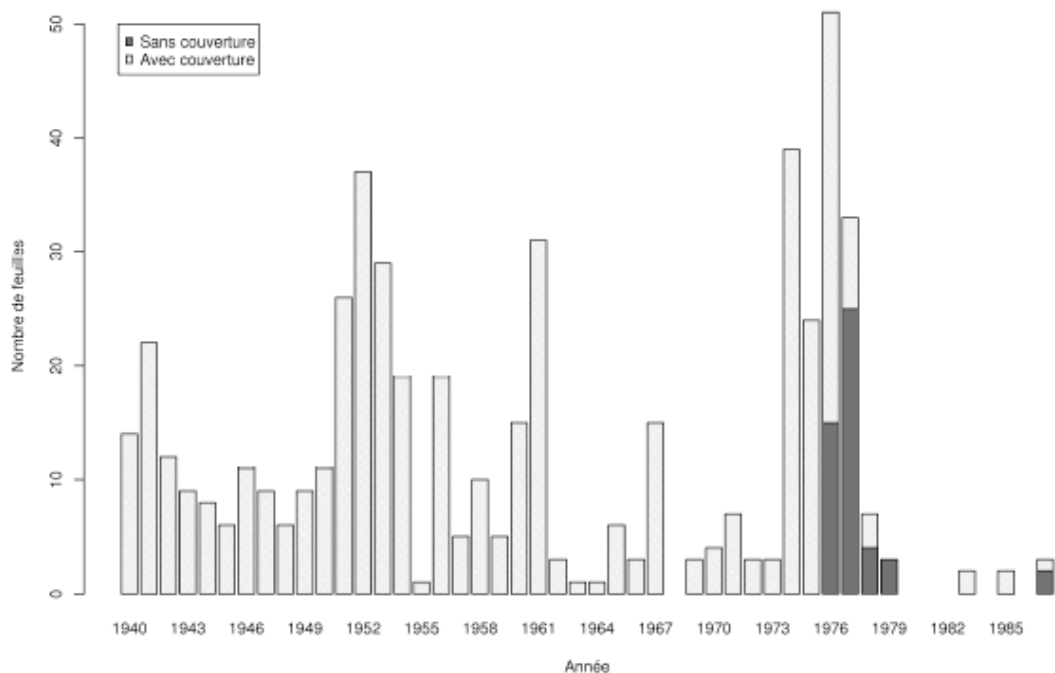
¹⁷¹⁸ ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000. *Op. cit.*, p. 7.

¹⁷¹⁹ Voir l'article au titre très évocateur du colonel Goulier : GOULIER Colonel Charles Moyse. Comment il faut plier les cartes pour les consulter commodément sur le terrain. *Op. cit.*



Graphique 38 : Evolution des formats de publication des feuilles des cartes de France au 1 : 20 000 et 1 : 25 000 couvrant les Alpes du nord, de 1940 à 1987*.

* Le graphique représente l'évolution jusqu'en 1987 afin de souligner une tendance, mais mon corpus est loin d'être exhaustif pour la période 1980-1987 (voir supra, « Historiographie... », 2.1.5).



*Graphique 39 : Evolution de l'utilisation de couverture
pour les feuilles des cartes de France au 1 : 20 000, 1 : 25 000
et 1 : 50 000, couvrant les Alpes du nord, de 1940 à 1987*.*

* Le graphique représente l'évolution jusqu'en 1987 afin de souligner une tendance, mais mon corpus est loin d'être exhaustif pour la période 1980-1987 (voir supra, « Historiographie... », 2.1.5).

3.2. L'aspect touristique, dernière spécificité de la cartographie de montagne.

3.2.1. Une représentation du relief normalisée pour tout le territoire.

Nous avons vu que l'industrialisation des levés aériens et des procédés de rédaction avaient limité les spécificités de la cartographie de montagne¹⁷²⁰. La normalisation de la représentation du relief dans le type 1972 achevait d'imposer une pratique cartographique très peu différenciée en fonction du type de région représentée. La concentration de la fonction figurative dans le seul estompage donnait une orientation essentiellement topométrique à la représentation du terrain, dans laquelle les courbes de niveau étaient tracées quasi-automatiquement par la restitution des photographies aériennes et la figuration du rocher assurée par l'exploitation documentaire de leur contenu. Le rendu de la structure du rocher s'appuyant principalement sur les courbes de niveau elles-mêmes, il ne nécessitait pas le même niveau de connaissances topographiques du terrain que l'ancienne méthode du dessin à l'effet. Dans l'organisation industrielle de la rédaction mise en œuvre à l'IGN, il pouvait tout à fait être réalisé par un opérateur qui n'avait jamais parcouru le terrain. L'estompage lui-même, reposant sur des règles relativement précises, était exécuté de façon plus technique qu'expressive, même si l'échec de la méthode photographique avait fait abandonner le projet d'un estompage réalisé sur des bases purement géométriques¹⁷²¹. Ainsi, dans le type 1972, la représentation du relief dans les feuilles de montagne, bien que caractérisée par la présence d'éléments originaux comme les glaciers ou les grandes masses rocheuses, s'inscrivait entièrement dans une normalisation imposée sur tout le territoire, quelle que soit la nature géographique du terrain représenté. A l'exception de l'équidistance des courbes de niveau, elle ne présentait plus les particularités qui, même lors des dérives topométriques des années soixante, la différenciaient clairement de la représentation des régions non montagneuses.

De plus, l'industrialisation avait définitivement imposé un rapport au terrain dominé par la volonté de limiter son parcours direct¹⁷²² : l'application des mêmes principes pour la représentation du glacier et du rocher, fondés sur l'analyse de clichés aériens, généralisait aux zones montagneuses un procédé cartographique qui limitait autant que possible le parcours et la connaissance directe du terrain. Seul le complètement conservait une place particulière dans la cartographie de haute montagne, toujours liée aux limites de la photographie aérienne : en complétant la représentation des accidents topographiques verticaux peu visibles sur les clichés aériens et en indiquant les éléments invisibles sur ces clichés, il apportait des informations souvent cruciales en haute montagne et d'un grand intérêt touristique, par exemple sur l'état des sentiers et le classement des

¹⁷²⁰ Voir supra, partie 4, chapitres 3 et 4.

¹⁷²¹ Voir supra, partie 4, chapitre 4.2.2.1.

¹⁷²² Voir supra, partie 4, chapitre 3.3.

itinéraires. Mais depuis l'abandon de la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 10 000, le processus cartographique dans son ensemble, complètement compris, ne présentait pas une spécificité suffisante dans les régions montagneuses pour qu'une forme de spécialisation, comme celle rencontrée au sein du SGA dans les années vingt ou trente, aboutisse à l'apparition de véritables topographes de montagne.

3.2.2. La spécificité touristique des cartes de montagne.

L'aspect touristique revêtait une importance toujours plus grande dans la cartographie des régions montagneuses françaises, qui étaient ou devenaient pour la plupart des centres touristiques importants. Je vois dans le colloque de 1973¹⁷²³ une preuve indirecte de la place centrale prise par le tourisme de montagne dans les préoccupations cartographiques liées à ces régions. En effet, dans le compte rendu du colloque, le problème pourtant qualifié de « fondamental »¹⁷²⁴ de la représentation du relief était rapidement traité en cinq pages (dont quatre d'historique), témoignant de l'acceptation unanime des spécifications du type 1972, alors qu'une quinzaine de pages détaillait le reste des discussions, essentiellement consacrées à la représentation des informations à destination touristique. La partie traitant de la « cartographie spéciale des régions de montagne » se concentrait d'ailleurs sur les questions du découpage et de la mise en valeur des thèmes touristiques, parmi lesquels les informations nécessaires à « la plus grande sécurité » « au moment où la fréquentation de la montagne [s'ouvrait] à des personnes peu averties »¹⁷²⁵.

Alors que la représentation du relief était fortement normalisée et que l'orientation commerciale de l'IGN le poussait à s'occuper de la mise en valeur touristique du fonds topographique, la cartographie des régions montagneuses conservait-elle une spécificité justifiant des éditions spéciales comme la série violette ou la carte du massif du Mont Blanc ? La question était loin d'être anecdotique, et elle n'était d'ailleurs pas négligée dans le colloque de 1973, durant lequel Cuenin se demandait : « doit-on considérer les cartes de montagne comme des publications spéciales relatives à des régions choisies, avec une facture distincte de celle de la carte topographique de base, ou doit-on pousser aussi loin que possible la ressemblance des deux productions, à la limite, attribuer à la carte de base relative aux régions montagneuses, les spécifications répondant aux besoins de tous les usagers (surcharge touristique mise à part) ? »¹⁷²⁶ Si lui-même se prononçait pour la deuxième solution, pour des questions d'économie et d'homogénéité, le directeur de l'IGN « M. Laclavère [estimait] indispensable d'avoir une carte spéciale pour chaque massif »¹⁷²⁷, une position probablement justifiée par la volonté d'une politique commerciale dynamique répondant à l'explosion du tourisme de montagne. Pour autant, l'essentiel du débat s'était focalisé sur des questions liées à la surcharge touristique, en particulier sur la proposition, soutenue par la majorité des représentants, d'établir des éditions séparées pour les activités d'hiver et d'été. La facture du fonds topographique lui-même n'étant pas remis en cause, les positions de Laclavère et de Cuenin n'étaient d'ailleurs pas opposées dans la pratique.

¹⁷²³ Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. *Op. cit.*

¹⁷²⁴ *Ibid.*, p. 11.

¹⁷²⁵ MICHOT. Problèmes posés par le recueil des données destinées à compléter, améliorer et mettre à jour les fonds de cartes. In *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. Op. cit.*, p. 21.

¹⁷²⁶ CUENIN. Besoin des usagers et définitions des spécifications. In *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. Op. cit.*, p. 12.

¹⁷²⁷ *Colloque sur la cartographie des régions montagneuses. Op. cit.*, p. 19.

Finalement, la solution choisie par l'IGN concernait l'ensemble du territoire, avec l'intégration des informations touristiques des cartes dérivées dans la carte de base série bleue. Dans les Alpes, depuis l'adoption des coupures quadruples et de la présentation pliée sous couverture pour le type 1972, la série violette ne s'en différençait que par les informations touristiques en surcharge et un découpage plus approprié. Mais dans le but de remplacer progressivement cette série dérivée par la carte de base elle-même, l'IGN développa sensiblement l'emploi des débordements quand ils étaient jugés nécessaires pour offrir une plus grande cohérence à la surface couverte par une feuille. La série bleue reçut également les informations touristiques que comportait la série violette, en particulier celles nécessaires aux randonneurs et aux alpinistes. Cet enrichissement touristique donna naissance à une série spéciale, qui n'était pas éditée en parallèle de la carte de base, comme l'avait été la série violette, mais comme remplacement à la carte de base dans les régions touristiques : la TOP 25.

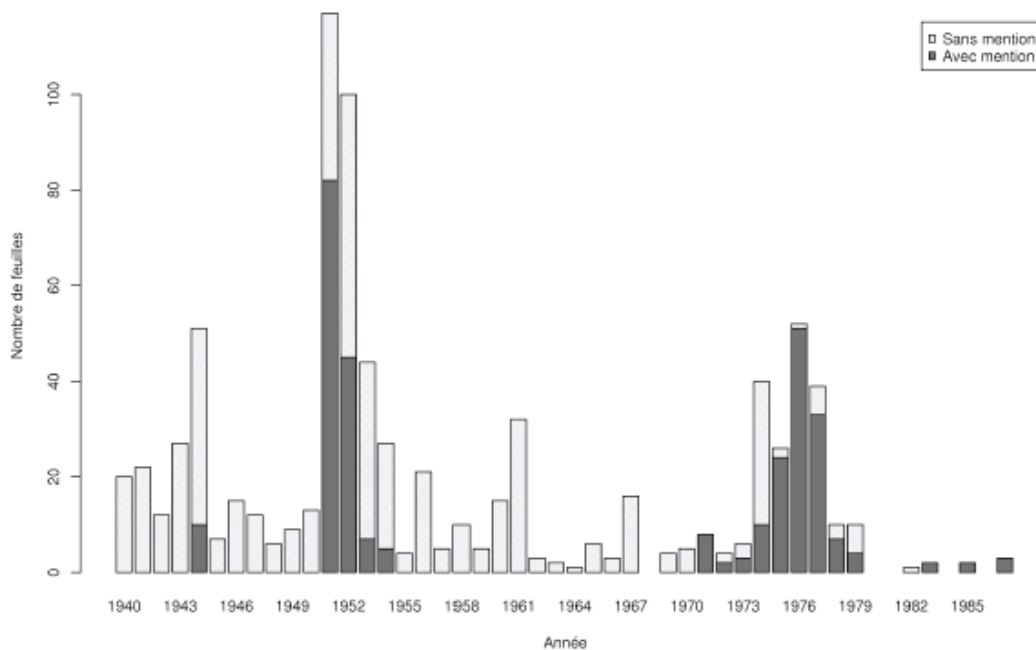
En définitive, je pense que la seule spécificité que conservait la cartographie de montagne était son orientation touristique de plus en plus marquée, puisque les activités pratiquées en montagne, comme le ski ou l'alpinisme, étaient suffisamment spéciales pour justifier une mise en valeur touristique des cartes différentes de celle adoptée pour d'autres types de région. J'affirme même qu'à partir des années soixante-dix, la spécificité de la cartographie de montagne n'était plus justifiée que par son potentiel commercial, c'est-à-dire les particularités de l'utilisation des cartes (conception utilitariste), et non par les particularités géographiques du relief lui-même, c'est-à-dire la topographie (conception fixiste, même dans ses travers comme l'ignorance des hautes régions au 19^e siècle). Au sein de la nouvelle politique commerciale de l'IGN, qui avait participé à l'affirmation de l'aspect touristique de la carte de base, cette spécificité se traduisit dans la pratique cartographique par le développement de collaborations avec les organismes concernés par la représentation topographique des régions montagneuses.

3.2.3. Le désengagement de l'IGN pour le contenu touristique.

Dans une tradition ancienne qui remontait aux premières collaborations ponctuelles entre le Club alpin français et le Service géographique de l'armée, engagées avant la première guerre mondiale et systématisées dans les années vingt, l'IGN fit appel à la collaboration des organismes intéressés par la cartographie de montagne pour fournir une documentation complémentaire aux levés topographiques et donner des indications sur les points importants à traiter. Participait ainsi à la collecte d'informations un panel assez classique formé d'associations de pratiquants de la montagne (Club alpin français, Fédération française de la montagne, Fédération française de ski, etc.), d'organismes d'aménagement du territoire (Rénovation rurale en montagne, direction des Parcs nationaux et régionaux, syndicats d'initiative, etc.), d'organisations de sécurité en montagne (guides de haute montagne, gendarmerie, protection civile), et des traditionnelles autorités locales qui concouraient depuis la carte de Cassini à la détermination et à la validation de la toponymie. Ces organismes fournissaient les données nécessaires à la surcharge touristique : itinéraires, refuges, équipements de sécurité, points intéressants, etc., chacun cherchant à imposer ses propres préoccupations. Je trouve d'ailleurs que le colloque de 1973 est un exemple particulièrement révélateur de cette dynamique dans laquelle chaque organisme tentait de démontrer la nécessité des informations qu'il voulait intégrer à la surcharge touristique, tout en affirmant pour la plupart qu'il fallait limiter cette surcharge pour garantir la lisibilité du fond topographique.

Dans cette collecte d'informations indirectes, la principale nouveauté consistait à demander ouvertement et systématiquement la communication par l'utilisateur lui-même des informations erronées ou oubliées sur la carte. Participant au souci de mise à jour régulière qui s'imposait à l'IGN avec l'affirmation de la conception utilitariste et l'approche de l'achèvement de la carte de base, ce type d'indication devint quasi-systématique à partir de 1971, alors qu'il n'avait été que ponctuellement intégré à l'habillage des feuilles auparavant, essentiellement au début des années cinquante (graphique 40). Le péri-texte du type 1972 contenait ainsi l'indication suivante :

« Les utilisateurs de cette carte sont priés de faire connaître à l'I.G.N. les erreurs ou omissions qu'ils auront pu constater. Il sera tenu compte de leurs observations dans la prochaine édition. »

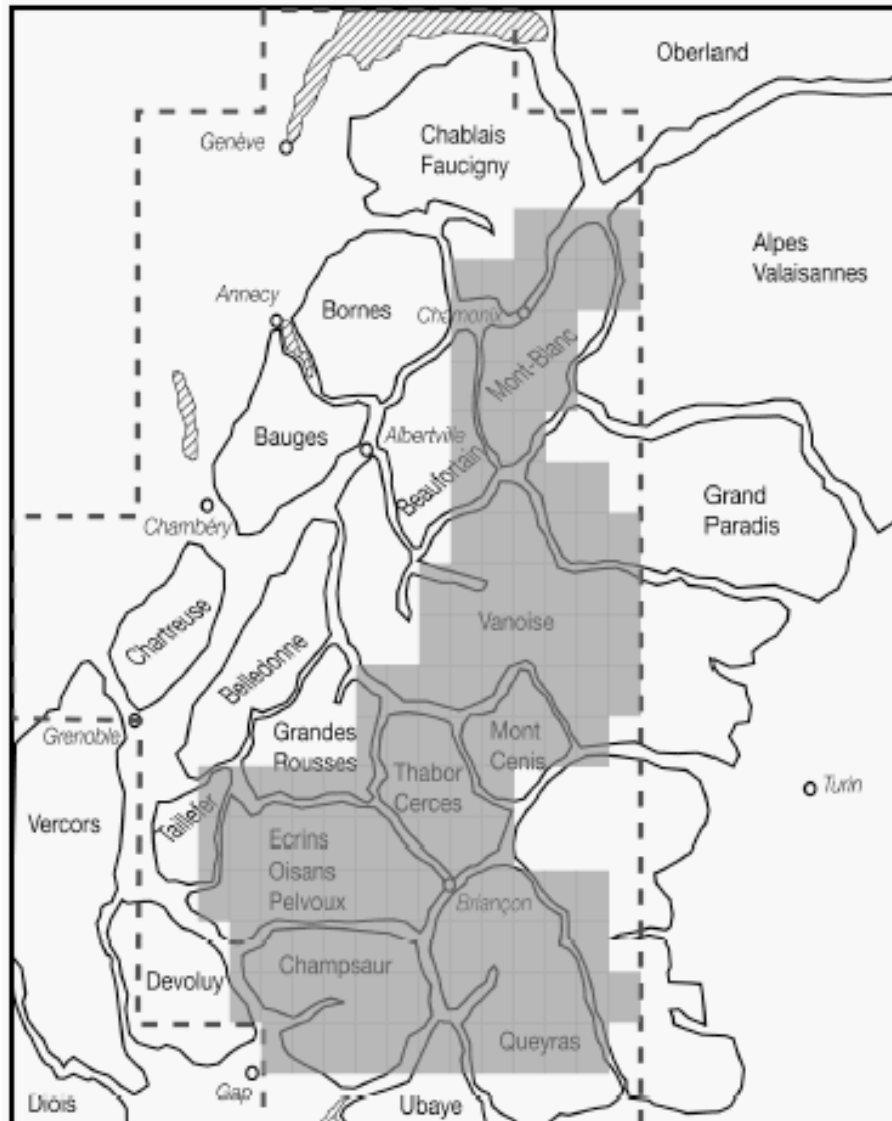


Graphique 40 : Evolution de la présence des mentions « erreurs à faire connaître » sur les feuilles de l'IGN couvrant les Alpes du nord, de 1940 à 1987*.

* Le graphique représente l'évolution jusqu'en 1987 afin de souligner une tendance, mais mon corpus est loin d'être exhaustif pour la période 1980-1987 (voir supra, « Historiographie... », 2.1.5).

Pour répondre à l'importance croissante de la problématique touristique, l'IGN suivit dans les années soixante-dix et quatre-vingt un double mouvement apparemment contradictoire de désengagement de la cartographie purement touristique et de développement du contenu touristique de la carte de base. D'un côté, affirmant son rôle de producteur d'informations topographiques, il généralisa la mise à disposition de ses fonds topographiques pour d'autres éditeurs spécialisés dans les cartes touristiques, comme Didier et Richard à Grenoble ou divers petits éditeurs publiant des cartes pour les offices du tourisme locaux et les parcs naturels. Si l'IGN produisit encore quelques cartes de ce type, de façon très ponctuelle comme la carte des promenades du Grand Bornand au 1 : 25 000 en 1982, il ne suivit pas le programme ambitieux proposé par son directeur en conclusion du colloque de 1973, et qui prévoyait la publication de cartes spéciales pour tous les grands

massifs alpins et éventuellement les massifs de moyenne montagne, envisageant même l'édition séparée de la carte de base et de versions été et hiver. Seules quelques feuilles de la série violette, destinée aux utilisations touristiques, furent publiées à partir de 1977 pour les massifs de la Vanoise, des Ecrins, du Queyras, ainsi que pour le Briançonnais, le Mont Cenis et les environs de Névache – les éditions spéciales plus précoces couvrant le massif du Mont Blanc étant également intégrées dans cette série (carte 32).



Carte 32 : Répartition des feuilles de la série violette au 1 : 25 000 couvrant les Alpes du nord, publiées entre 1973 et 1979.

D'un autre côté, comme nous l'avons vu, l'institut intégra une surcharge touristique à la carte de base et commença à publier une édition spéciale, la TOP 25, pour remplacer la série bleue de base dans les régions touristiques. Dès lors, les éditions topographiques spéciales à grande échelle de l'IGN n'avaient plus de véritable raison d'être et furent abandonnées, mais au cours des années quatre-vingt, l'institut accentua son orientation commerciale et développa des éditions dérivées de plus en plus nombreuses, à des échelles et avec des surcharges touristiques variées, par exploitation du fonds topographiques de la carte de base. L'évolution contemporaine de l'IGN confirme donc mon hypothèse de la perte de

la spécificité *topographique* de la cartographie des régions montagneuses, au profit d'une spécificité exclusivement *touristique*, fondée non pas sur les caractéristiques géographiques de la région représentée, mais sur les particularités des activités touristiques qui y sont développées.

Ce changement fondamental trouva à l'extrême fin du 20^e siècle une application internationale avec la réalisation par l'IGN, sur une commande des clubs alpins français, suisse et italien, d'une série *Alpes sans frontière* représentant la chaîne des Alpes occidentales du lac Léman à la mer Méditerranée, dans une facture très proche du TOP 25 type 1993 français. Transgressant les particularités cartographiques nationales issues de traditions anciennes, cette série impose comme élément principal de la cartographie de montagne le contenu à vocation touristique et technique, notamment l'adoption, particulièrement mise en avant dans la promotion commerciale de la série, d'une projection et d'un quadrillage UTM pour permettre la compatibilité avec les systèmes de localisation GPS.

Conclusion : la perte de signification de la carte de « base ».

Pour conclure cette partie consacrée à l'évolution commerciale récente de la cartographie de montagne, je trouve intéressant de revenir sur les conceptions *fixiste* et *utilitariste* de la cartographie dont j'ai souligné, tout au long de mon étude, l'importance dans l'évolution institutionnelle et technique de la cartographie française.

Pour mémoire, j'ai qualifié de *fixiste* la conception de la carte comme un tableau figé d'un territoire à un moment donné, c'est-à-dire un document historique dans lequel la fonction figurative conservait généralement une place fondamentale. Malgré leurs applications pratiques, les deux premières cartes de France, dites *carte de Cassini* et *carte de l'état-major*, procédaient essentiellement de cette conception de la cartographie, qui se traduisait entre autre par une grande homogénéité de la réalisation puisque la fonction principale de la carte était de donner une représentation unique du territoire confirmant son contrôle politique par l'autorité publique. A partir de 1870, cette conception a commencé à être remise en cause par une conception que j'ai qualifiée d'*utilitariste*, pour laquelle la carte était avant tout un outil (militaire, administratif, technique, scientifique) dont la valeur dépendait entre autres de l'actualité. L'évolution de la carte de France fut alors marquée par l'équilibre entre ces deux conceptions : si le type 1900 était encore principalement *fixiste*, le type 1922 affirma son aspect *utilitariste* qui ne cessa d'être accentué jusqu'aux années soixante-dix et qui se traduit notamment par une hétérogénéité de la représentation qui s'avérait moins problématique quand la carte était perçue comme un outil pour le présent, à adapter à des besoins particuliers et divers.

Dans cette orientation *utilitariste*, le développement des applications techniques entraîna toujours une diversification des spécifications de la carte de base. Après la deuxième guerre mondiale, l'explosion des besoins en cartographie technique participa fortement à l'hétérogénéité du type 1922. Dans le décret de 1966¹⁷²⁸, l'absence de définition précise des productions cartographiques de la mission de vocation de l'IGN, qui étaient d'ailleurs pour la première fois désignées officiellement comme les « cartes de base »,

¹⁷²⁸ Voir supra, « Après 1960... », 1.1.2.

traduisait l'évolution des besoins : la carte de France n'était plus perçue comme une entité unique censée donner un portrait homogène du territoire national, mais comme une entité multiple s'adaptant aux besoins locaux dans une perspective utilitariste, voire rapidement consumériste. Comme le rappelle explicitement Alain Sinoir, la « bonne gestion » de l'IGN nécessitait de dresser des cartes plus détaillées et plus « riches » pour les zones fortement urbanisées où se développaient les besoins techniques, que « pour les zones rurales, forestières ou montagneuses à faible densité d'habitat »¹⁷²⁹.

Dans une orientation industrielle, la conception utilitariste impliquait donc une cartographie hétérogène, du moins pour les produits cartographiques répondant à des besoins précis. C'est dans cette distinction que je vois la mutation fondamentale des années soixante-dix. En effet, les trois décennies de développement industriel de la France avaient montré que l'échelle du 1 : 25 000, et *a fortiori* l'échelle du 1 : 50 000, étaient largement insuffisantes pour les applications techniques, ce qui expliquait le développement de l'utilisation des levés aériens à très grande échelle, sous la forme de photographies aériennes classiques, d'orthophotographies ou d'orthoplans¹⁷³⁰, pour dresser des documents spécifiques répondant à des besoins techniques spécifiques. Dans une certaine mesure, la publication d'éditions touristiques dérivées dans les années soixante confirmait la nécessité commerciale d'une diversification des *produits* cartographiques pour répondre aux besoins spécifiques des *clients*.

Selon moi, entre les années cinquante et les années soixante-dix, l'hétérogénéité croissante de la carte de France fit que la carte de « base » devint en quelque sorte une entreprise *virtuelle*, formée des données cartographiques *potentiellement* exploitables dans les levés aériens, et *ponctuellement* exploitées sous la forme des diverses éditions de la carte de France. La carte de « base » regroupait l'ensemble des informations nécessaires à la publication de cartes plus ou moins spécialisées, plus ou moins dérivées également parce qu'il n'existait plus une carte homogène, même inachevée, pour servir de véritable base. En définitive, alors que le décret de 1966 définissait pour la première fois la mission de vocation de l'IGN non par les techniques mises en œuvre, mais par les produits de ces techniques¹⁷³¹, la notion de carte de base perdait paradoxalement de sa singularité et se transformait plus en une mission de production d'information cartographique, qu'en un produit réel et homogène.

Avec l'adoption du type 1972, l'effort de normalisation de la carte de France semblait marquer une rupture dans cette évolution utilitariste, avec la réalisation de la carte générale, unitaire et stable du territoire envisagée dans la tradition fixiste. En effet, malgré quelques modifications mineures et le développement de la surcharge touristique, les spécifications fondamentales du type 1972 restèrent remarquablement stables, alors que la cartographie connaissait des mutations technologiques considérables avec le

¹⁷²⁹ SINOIR Alain. 1940-1990 : une histoire mouvementée. *Op. cit.*, p. 47-48.

¹⁷³⁰ L'*orthophotographie* est une photographie aérienne qui a été transformée d'une perspective conique oblique en une projection cylindrique verticale à une échelle définie, c'est-à-dire que toutes les déformations liées à la prise de vue (redressement classique) mais aussi au point de vue vertical (modification de l'échelle de reproduction en fonction de l'altitude des éléments photographiés), ont été corrigées. Elle est donc à peu près superposable à une carte à la même échelle (sauf modifications liés à la généralisation cartographique). Dotée d'un quadrillage, d'un habillage et parfois même de courbes de niveau, elle devient un *orthoplan*. Selon un article de 1972, « l'orthophotographie constitue un document cartographique de coût peu élevé et que l'on peut obtenir par un traitement automatique des photographies aériennes ». DUCHER Guy. Automatisation de l'établissement des orthophotocartes. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1972, 20, p. 30.

¹⁷³¹ Voir supra, « Après 1960... », 1.1.2.

développement de l'informatique. L'effort de transformation des anciennes feuilles en type 1972 souligne d'ailleurs une volonté d'homogénéisation de la cartographie du territoire que ne justifiait aucun besoin technique. Aujourd'hui encore, le type 1993 ne diffère que peu du précédent type : la série orange au 1 : 50 000 et la série bleue au 1 : 25 000, y compris avec la variante que constitue la série TOP 25, forment une couverture cartographique du territoire française, particulièrement homogène par rapport à la situation connue entre les années vingt et les années quatre-vingt.

Mais l'homogénéité du type 1972 s'explique en fait moins par des critères fixistes que par des critères utilitaristes imposés par l'orientation commerciale de l'IGN. Fondamentalement, je pense que ce type ne constitue pas la véritable carte de base, mais un dérivé de la carte de base « virtuelle » que j'ai décrite plus haut, à destination du grand public et pour répondre à la diversification du produit cartographique. D'ailleurs, cette virtualisation n'est pas restée une vue de l'esprit : elle s'est traduite par la conception et la commercialisation d'une base de données topographiques, la *BD Topo*, qui regroupent toutes les données issues de la restitution des levés aériens, pour qu'elles soient exploitées dans des applications techniques spécifiques. En limitant l'étape de la rédaction et en supprimant celle de la reproduction, cette base de données permet une mise à jour plus rapide des informations topographiques à partir de la couverture aérienne systématique du territoire. Elle s'inscrit donc complètement dans la conception utilitariste de la cartographie comme un outil régulièrement actualisé, dont j'ai décrit le développement depuis le dernier quart du 19^e siècle.

Ainsi, les nouveaux supports de l'information géographique technique (orthoplan, Système d'information géographique – SIG) ont rapidement concurrencé, puis définitivement remplacé la carte de base dans son rôle de source primordiale pour l'information topographique. En ce sens, je vois dans l'évolution récente une perte de signification de la carte de base *physique*, c'est-à-dire les cartes au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000, dans sa conception utilitariste. Mais la poursuite de son développement montre qu'elle se justifie également par sa dimension commerciale, qui s'inscrit dans l'évolution de la conception utilitariste de la cartographie. Pour autant, il est permis de penser qu'elle conserve aussi une dimension symbolique d'unification du territoire français par sa cartographie homogène, qui procède toujours de la conception fixiste et qui peut expliquer son succès commercial – preuves que les deux concepts que j'ai introduit dans mon étude sont autant complémentaires qu'antagonistes et restent pertinents pour expliquer l'évolution de la cartographie contemporaine.

Conclusion générale

Du désert cartographique à l'intégration complète : la haute montagne dans les cartes de France.

Dans la cartographie topographique des pays industrialisés, les régions de haute montagne sont passées, entre le 18^e siècle et la fin du 20^e siècle, d'un désert cartographique à une intégration complète et normalisée dans la couverture du reste du territoire. Par la difficulté de leur terrain, leur position frontalière et leur développement touristique précoce, les Alpes du nord constituent un exemple révélateur de cette évolution, en même temps qu'elles offrent un point de vue particulièrement pertinent sur l'histoire plus générale de la cartographie française.

En France, le 19^e siècle fut dominé par la réalisation de la carte d'état-major au 1 : 80 000 qui imposa une représentation potentiellement géométrique du relief, basée sur le système des hachures normalisées. Exécutée sous le contrôle exclusif des militaires, elle couvrit cependant les régions de haute montagne, encore majoritairement considérées comme des obstacles dont la cartographie ne devait indiquer que les zones de franchissement, moins dans un souci d'utilité militaire que dans une traditionnelle perspective de prestige politique, accentuée par l'annexion de la Savoie en 1860. Mais dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la perception de la haute montagne fut modifiée par deux évolutions parallèles : d'un côté, le développement de la glaciologie, puis de la géomorphologie, ouvrit définitivement les Alpes aux investigations des savants, donnant naissance à une cartographie indépendante qui, alimentée par l'essor de l'ascensionnisme, s'incarna dans la figure originale du *topographe-alpiniste* ; d'un autre côté, la guerre de 1870 bouleversa les conceptions cartographiques des militaires français, en soulignant la nécessité d'une carte régulièrement mise à jour et utilisée comme outil sur le terrain même. Alors que le service cartographique était définitivement séparé des activités historiques de l'ancien Dépôt de la guerre, ses brigades topographiques généralisèrent une nouvelle méthode de *levés de précision* qui reposait sur la mesure systématique du terrain et sa représentation géométrique en courbes de niveau - même si la haute montagne continuait d'être levée par des procédés laissant une plus grande place à l'interprétation du topographe. A l'extrême fin du siècle, cette mutation de la cartographie topographique s'incarna dans le projet d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000 : si sa réalisation resta particulièrement lente pour l'essentiel du territoire jusqu'aux années vingt, les tensions frontalières avec l'Italie favorisèrent une couverture importante de la région stratégique des Alpes du nord.

Dans la première moitié du 20^e siècle, les Alpes furent donc l'objet d'une double couverture cartographique, l'une assurée par les topographes militaires du Service géographique de l'armée (SGA) pour les plans directeurs au 1 : 20 000 et la nouvelle carte de France, l'autre par les topographes-alpinistes, fédérés autour du Club alpin français (CAF) et formés à des techniques quasi-professionnelles par Henri Vallot. Malgré des relations privilégiées entre les deux groupes, cette concurrence cartographique constituait

une véritable opposition structurelle, qui trouvait son origine dans la dimension symbolique de l'acte cartographique, censé traduire l'unité politique du territoire par l'unité graphique de sa représentation. Elle influença fortement l'évolution de la cartographie officielle jusqu'aux années quarante, dans une dynamique paradoxale mêlant l'affirmation de son orientation industrielle et l'apogée d'une pratique artisanale dans les Alpes. D'un côté, par réaction aux travaux des topographes-alpinistes fondés sur une simplification graphique de la méthode de levés photographiques du colonel Laussedat, le SGA surinvestit la représentation des Alpes du nord, notamment grâce à l'exploitation partiellement mécanisée de levés photographiques, et participa ainsi au déclin de l'activité des topographes-alpinistes dès la fin des années vingt. D'un autre côté, par adhésion aux positions de ces derniers – motivée par sa volonté d'éviter la résurgence d'une concurrence cartographique en satisfaisant lui-même les besoins des alpinistes –, le SGA formalisa un système de représentation inspiré des cartes topographiques suisses, qui préservait une part importante d'expressivité artistique ; son application était facilitée par l'existence d'un petit groupe informel d'officiers-topographes alpins, dont l'excellence artisanale limitait une industrialisation pourtant souhaitée par la direction du service. Ainsi, la cartographie de la haute montagne conserva finalement jusqu'aux années quarante les spécificités artisanales qu'avaient défendues les topographes-alpinistes.

Cependant, puisque les autorités publiques refusaient toujours des crédits réguliers aux entreprises cartographiques qu'elles n'arrivaient pas à concevoir sur le long terme, la direction du SGA avait décidé, au lendemain de la première guerre mondiale, de pallier le retard de la carte de France par la solution technique des levés aériens. Durant l'entre-deux-guerres, cette méthode passa d'une application artisanale à une généralisation industrielle à tous les travaux de la carte de France, permise par l'adoption rapide du *stéréotopographe* au cœur du processus des levés aériens. Dernière opération spécifique à la haute montagne, la couverture aérienne du massif du Mont Blanc en 1939 servit de validation prestigieuse de l'efficacité de la méthode. Dès lors, l'évolution institutionnelle et technique du service cartographique fut dominée par la prépondérance des problématiques industrielles. En 1940, le remplacement opportuniste du SGA par un Institut géographique national (IGN) civil marqua une rupture profonde, notamment au niveau du personnel, mais permit un important investissement matériel, motivé par la reconstruction et la modernisation de la société française ; puis à partir des années cinquante, les restrictions budgétaires récurrentes déterminèrent l'orientation commerciale de l'IGN qui s'affirma alors comme un organisme producteur d'informations topographiques. Au niveau technique, la formalisation des procédés cartographiques fut dominée par les impératifs économiques de productivité et de déqualification du travail, que ce soit dans la stigmatisation des travaux de terrain (préparation, complément et révision) ou dans la mutation des méthodes de rédaction. Dans les Alpes, cette orientation industrielle se traduisit par une orientation technique justifiée par l'alibi scientifique : elle participa au déclin de la spécificité de la cartographie de haute montagne, dont le début fut symboliquement marqué en 1959 par l'abandon de la publication de la carte du Mont Blanc au 1 : 10 000, dernière entreprise exclusivement conçue pour la haute montagne dans un esprit figuratif héritier de la conception des topographes-alpinistes.

A la fin des années soixante, la confirmation législative de l'orientation commerciale de l'IGN contribua à l'adoption de nouvelles spécifications pour les cartes de France, le *type 1972*, dans lesquelles la représentation du relief était profondément normalisée sur tout le territoire. Définitivement intégrées dans une carte de France plus homogène, les régions de haute montagne ne se singularisaient plus que par la nature de la surcharge touristique : la dernière spécificité de leur cartographie n'était donc plus liée à leurs caractéristiques

géographiques, c'est-à-dire à leur *topographie* au sens propre, mais seulement aux utilisations des feuilles les représentant, c'est-à-dire à leur potentiel commercial.

D'une conception fixiste à une conception utilitariste de la cartographie.

Au-delà de l'analyse des conditions de l'apparition, puis du déclin d'une cartographie spécifique de la haute montagne, j'ai pu définir grâce à cette étude – et c'est un apport théorique qui me paraît important – deux conceptions antinomiques, mais coexistant toujours dans la cartographie d'une époque : d'un côté, une conception traditionnelle de la carte comme un tableau figé du territoire à un moment donné, document figuratif imposant l'unicité du territoire et son contrôle régalien par l'autorité publique, que j'ai qualifiée de *fixiste* ; d'un autre côté, apparue au 19^e siècle, une conception nouvelle de la carte comme un outil de terrain devant être régulièrement mis à jour, que j'ai qualifiée d'*utilitariste*.

Malgré leurs justifications utilitaires, les cartes de France de Cassini et de l'état-major restaient profondément inscrites dans la conception fixiste, comme en témoignent leur faible volume de tirage et l'ignorance quasi-complète de la question de leur actualité. Bien qu'elles soient fondées sur des méthodes plus ou moins géométriques, l'homogénéité et l'expressivité de leur représentation traduit un souci figuratif constant que l'on retrouve dans les premières cartes indépendantes des Alpes, véritables tableaux de la montagne par la finesse de leur dessin, la subtilité des dégradés de couleur, la taille même des feuilles plus propice à l'étalage sur un mur qu'à la consultation sur le terrain.

La guerre de 1870 marqua une rupture profonde, mais jamais définitive avec cette conception fixiste de la cartographie. Le développement de l'utilisation des minutes de la carte d'état-major avait déjà souligné la nécessité de documents techniques moins figuratifs et plus pratiques, mais ce fut l'exploitation efficace de la documentation cartographique par l'armée prussienne qui permit l'extension de cette mutation conceptuelle dans les sphères décisionnelles. A partir du dernier quart du 19^e siècle, la carte commença à être pensée comme un document utilitaire dont l'actualité était une nécessité. La mise en place difficile des révisions de la carte d'état-major, le développement des plans directeurs, le projet même d'une nouvelle carte de France au 1 : 50 000 s'inscrivaient dans cette conception utilitariste de la cartographie. Pour autant, la tradition fixiste et figurative n'avait pas disparu : les premières spécifications définies pour la nouvelle carte de France, appelées *type 1900*, restaient particulièrement luxueuses, et si la carte fut reconnue comme un chef-d'œuvre grâce à l'expressivité de son dessin, sa mise à jour régulière en était pénalisée.

Dans le milieu des topographes-alpinistes, les implications scientifiques et techniques de la conception utilitariste étaient parfaitement intégrées sous l'influence d'Henri Vallot, mais la dimension artistique de la carte restait importante, spécialement chez le pyrénéiste Franz Schrader. Les modalités particulières de coexistence des topographes professionnels du SGA et des topographes « amateurs » de la Commission de topographie du CAF déterminèrent le maintien d'un certain compromis entre les conceptions fixiste et utilitariste jusqu'à la fin des années trente. Même si la tendance scientifique s'imposait peu à peu avec une représentation plus topométrique qu'artistique, certains aspects de la cartographie de haute montagne restaient inscrits dans la tendance figurative, en particulier la représentation du rocher à l'effet.

Dans les années trente, l'industrialisation du processus cartographique au SGA et le déclin de l'activité des topographes-alpinistes participèrent à la généralisation de la conception utilitariste, qui se traduisit, dans les années cinquante et soixante, par l'hétérogénéité croissante de la carte de France, désormais formée de feuilles employant des représentations différentes en fonction de leurs utilisations potentielles. Si l'homogénéité retrouvée avec le type 1972 témoignait, dans une certaine mesure, de la persistance du souci « fixiste » d'une représentation unifiée du territoire national, une analyse plus approfondie montre que ce type résultait aussi et surtout du souci « utilitariste » imposé par la nouvelle orientation commerciale de l'IGN : il ne fallait pas dérouter l'utilisateur, et s'adapter aux nouvelles et multiples utilisations d'une carte de base définitivement destinée au grand public depuis le développement de documents spécialement adaptés aux utilisations techniques (photographies aériennes, orthoplans, bases de données topographiques).

Mon étude a montré que ce passage d'une conception majoritairement fixiste à une conception majoritairement utilitariste de la carte de France est particulièrement nette dans la cartographie de haute montagne. En à peine deux siècles, les régions montagneuses sont passées du statut d'obstacles qu'il n'était pas nécessaire de représenter, à celui de spectacles de la nature qu'il fallait rendre avec le plus d'expressivité possible, puis à celui d'éléments topographiques à détailler de manière scientifique, et enfin à celui de terrains *presque* comme les autres à représenter précisément pour l'aménagement du territoire et les activités touristiques. Mais au-delà de ce cas particulier très représentatif, j'estime que ces deux conceptions forment un socle théorique susceptible de servir à l'histoire de toutes les formes de cartographie, envisagée dans une approche plus épistémologique que strictement factuelle.

Le paradigme du développement scientifique de la cartographie.

L'histoire de la cartographie entretient un rapport ambigu avec l'histoire des sciences, qui trouve son origine dans la définition difficile, et variable selon les époques, de la cartographie, entre art, science et technique. Dominée par une tradition historiographique basée sur l'analyse référentielle, l'histoire de la cartographie a connu un renouvellement dans les années soixante-dix qui, s'il était en partie inspiré par celui de l'histoire des sciences, s'est surtout limité à l'adoption d'une approche critique de la dimension sociopolitique de la carte. Dans un article qui fut une étape essentielle de ce renouveau, John Brian Harley reprenait pourtant le concept défini par l'historien des sciences Thomas Kuhn pour souligner l'inscription de la cartographie, depuis la fin du 17^e siècle, dans un *paradigme* de développement scientifique qui envisage le progrès des techniques et de la normalisation comme un moyen pour augmenter la précision des documents cartographiques et leur faire atteindre une perfection incarnée par l'idéal d'objectivité scientifique. Ce rapprochement stimulant n'a pourtant guère été exploité par les historiens de la cartographie, dont la focalisation habituelle sur l'époque moderne et l'analyse sociopolitique limite l'objet de recherche à une cartographie qu'ils considèrent, inconsciemment souvent et à tort selon moi, ne pas relever de l'histoire des sciences.

L'une des originalités de mon travail est justement de reprendre ce rapprochement en appliquant à l'histoire de la cartographie les méthodes de l'histoire des sciences et des techniques. En ce sens, ma thèse n'apporte à cette dernière que la démonstration de la validité de certains de ses concepts dans une étude de cas qui sort en partie de son cadre habituel, puisque la cartographie n'est ni une discipline scientifique au sens strict, ni une simple technique, mais plutôt la combinaison de différentes applications des sciences de la terre (géodésie, topographie) à la communication d'une connaissance géographique – ce qui justifia son statut longtemps accepté de « discipline annexe » de la géographie. En particulier, la cartographie contemporaine illustre parfaitement la pertinence de la notion de paradigme et de science normale, et mon étude de son évolution technique montre l'efficacité de l'analyse critique du critère de performance replacé dans le contexte d'une culture technique dont les motivations échappent souvent à la seule rationalité scientifique.

Par contre, ma thèse apporte à l'histoire de la cartographie la preuve essentielle que l'histoire des sciences et des techniques permet véritablement de renouveler son analyse en dépassant le seul cadre des études référentielles ou sociopolitiques. En traitant de la période contemporaine dans laquelle l'orientation scientifique de la cartographie est de plus en plus affirmée par ses acteurs eux-mêmes, j'ai pu étendre le cadre d'analyse de Harley qui était resté focalisé sur l'époque moderne et le seul domaine politique. En appliquant le même type de déconstruction du discours cartographique « scientifique », j'ai montré toute l'ambiguïté des rapports entre la science et la cartographie au moment où s'affirmait dans cette dernière le contrôle étatique et l'industrialisation des processus.

D'un côté, l'évolution technique confirme l'hypothèse de Harley qui décrit le développement de la cartographie comme une *science normale*, reprenant l'expression de Thomas Kuhn pour souligner qu'il se fait à l'intérieur d'un paradigme qui n'est pas remis en question. En introduisant les premières pratiques de mesure systématique du terrain en cartographie, la méthode de la triangulation posa au 17^e siècle les fondations de ce paradigme de développement scientifique, qui se généralisa aux 19^e et 20^e siècles avec la géométrisation de la représentation topographique et l'instrumentation des procédés de levés du terrain, depuis les levés de précision jusqu'à la photogrammétrie aérienne et plus récemment l'imagerie satellite. L'évolution de la représentation du relief est particulièrement représentative de la diffusion de ce paradigme, qui, dans le cas particulier de la cartographie de haute montagne, se traduit par l'accentuation et en même temps la négation des spécificités de cette cartographie. D'une part, j'ai montré que le développement d'une cartographie indépendante s'était inscrit dans la découverte scientifique de ces régions, au sein d'une conception de l'alpinisme qu'Olivier Hoibian désigne par le terme remarquablement significatif d'*excursionnisme cultivé*¹⁷³² ; en requérant la représentation d'un nombre croissant de particularités topographiques, l'augmentation de la connaissance scientifique de la haute montagne participa à sa cartographie spécifique. Mais d'autre part, l'évolution technique des procédés de levés privilégia un détachement du terrain qui permit de s'affranchir de ces particularités, notamment avec la photographie aérienne et l'automatisation, et une uniformisation des méthodes cartographiques, quel que soit le terrain représenté : elle participa ainsi à la négation des spécificités de la cartographie de montagne.

D'un autre côté, j'ai montré que le caractère scientifique de plus en plus affirmé du discours cartographique ne traduisait pas seulement la « scientificisation » des méthodes cartographiques, mais aussi l'instrumentalisation d'un alibi scientifique. L'accroissement

¹⁷³² HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France. Op. cit.*

des références scientifiques dans l'habillage des cartes montrait l'utilisation du discours scientifique comme une nouvelle forme de rhétorique d'autorité, destinée à certifier la validité des informations contenues dans ces cartes auprès d'un public plus nombreux et moins sensible aux traditionnels arguments d'autorité institutionnelle. L'évolution de la représentation du relief offre un autre exemple de cette instrumentalisation : depuis le 19^e siècle, la généralisation des procédés de mesure instrumentale de l'altitude et de représentation géométrique du relief est motivée par un discours de nécessité scientifique qui justifie l'investissement dans les nouvelles techniques en même temps qu'il est démenti par les utilisations réelles des cartes. En effet, la représentation cartographique s'est pendant longtemps fondée sur l'interprétation topologique du terrain, même si cette pratique a décliné avec la généralisation de la restitution mécanisée des levés photographiques dans les années trente. En tant que *produit* de la science, la carte topographique pouvait donc difficilement être une *source de base* du travail scientifique ; encore aujourd'hui, sa nature extrêmement synthétique privilégie d'ailleurs son utilisation comme un document de compilation des théories existantes plutôt que comme une source à la formulation de nouvelles théories (contrairement aux documents plus « bruts » que constituent, par exemple, les images satellites ou leurs traductions cartographiques automatiques).

Plus généralement, mon étude de cas a aussi montré que le développement scientifique de la cartographie est toujours limité par l'influence permanente des modes de représentations culturelles (persistance du besoin d'expressivité de la carte) et d'impératifs extérieurs à la cartographie (militaires, politiques, financiers, commerciaux). Je pense d'ailleurs que la déconstruction du discours cartographique prônée par Harley doit être généralisée en dehors du seul domaine sociopolitique qu'il a lui-même considéré. L'argumentaire scientifique ne se contente pas de masquer la nature idéologique de la carte : j'ai prouvé qu'il est également, et régulièrement, utilisé comme un alibi plus ou moins pertinent pour l'adoption de changements techniques motivés par les seuls impératifs industriels. Selon moi, cette justification scientifique est efficace parce que la conception scientifique de la cartographie partage des préoccupations essentielles avec son industrialisation, en particulier un souci de rationalisation des procédés qui passe par la réduction, voire la suppression, de ses aspects artistiques souvent artisanaux. Là encore, l'histoire des sciences et des techniques montre son efficacité dans l'étude d'une discipline dont le caractère scientifique, qui s'est imposé à l'époque contemporaine et est resté unanimement accepté, n'a jamais été véritablement critiqué. Elle offre aussi des éléments essentiels pour une nouvelle interprétation du rôle politique de la cartographie.

Reconnaissance politique et industrialisation : la cartographie dans la modernisation de l'Etat.

Depuis la carte de Cassini, les autorités publiques ont toujours manifesté une profonde difficulté – ou réticence – à concevoir les entreprises cartographiques nationales sur le long terme. Les restrictions budgétaires ont constamment compliqué et ralenti la réalisation de la carte d'état-major, puis de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Bien qu'il ait toujours très clairement perçu la dimension symbolique de l'acte cartographique dans le contrôle régalien du territoire, l'Etat ne semble avoir vraiment réalisé l'importance d'une carte achevée et mise à jour qu'au moment des crises majeures que constituaient les tensions diplomatiques et les conflits militaires. Ainsi, si la guerre de 1870 et la première guerre

mondiale eurent une influence considérable sur la cartographie de la France, l'évolution des relations franco-italiennes fut encore plus importante pour la cartographie des Alpes du nord, favorisant un investissement récurrent mais ponctuel dans la représentation détaillée des zones frontalières. Cependant, l'activité cartographique se fait sur des temps beaucoup plus longs que la gestion de l'Etat : bien que l'orientation des travaux soit fondamentalement inspirée par le climat politique, cette différence de temporalité a toujours déterminé un rapport distendu entre le contexte politique et les réalisations cartographiques, qui s'opposa pendant longtemps à la reconnaissance du travail cartographique.

Toute l'évolution du service officiel, depuis le Dépôt de la guerre au 17^e siècle jusqu'à l'Institut géographique national créé en 1940, est ainsi dominée par sa quête de légitimité et d'autonomie. Les difficultés à maintenir un cadre permanent de spécialistes de la cartographie et à conserver des crédits budgétaires suffisamment réguliers pour des entreprises de longue haleine, procédaient essentiellement de l'ignorance des spécificités du travail cartographique par les autorités publiques. Ces difficultés constituèrent la principale motivation à l'industrialisation de la pratique cartographique engagée très tôt dans les années vingt : la direction du SGA présentait l'orientation industrielle comme un moyen de pallier au retard de la carte de France par l'augmentation du rendement, puisque les crédits ne permettaient pas de le résorber par l'augmentation du personnel. L'évolution commerciale de l'IGN, toujours d'actualité, s'inscrit dans la même dynamique, puisqu'elle résulte essentiellement des réductions budgétaires qui obligèrent l'institut, dès le début des années cinquante, à privilégier les travaux de commande à sa mission de vocation – la réalisation de la carte de France.

Pourtant, le développement des cartographies nationales accompagna systématiquement la modernisation des Etats à partir du 18^e siècle. Les premières cartes générales d'une nation, dressées à partir de levés du territoire basés sur une triangulation, coïncidèrent avec la mise en place d'Etats centralisés puissants, pour des raisons militaires (développement de l'artillerie, notamment), administratives (restructuration des systèmes d'impôts autour de contributions foncières nécessitant la mesure précise des surfaces) et scientifiques (calcul des dimensions de la Terre) – les nouvelles structures institutionnelles nées de la « révolution » scientifique des 16^e et 17^e siècles offrant un soutien considérable aux entreprises cartographiques. Ces cartes marquèrent également l'adoption définitive du paradigme de développement scientifique de la cartographie, qui, en prétendant que la carte peut représenter *objectivement* la réalité du territoire, nie l'importance de son contenu idéologique, politique et culturel. Ainsi, malgré son soutien irrégulier en France, la cartographie moderne et « scientifique » a été, depuis le 18^e siècle, un outil d'affirmation de l'autorité de l'Etat central, d'autant plus puissant qu'il a été supposé objectif.

Pour une histoire de la cartographie contemporaine.

Ces dernières réflexions rappellent qu'au-delà de l'étude de la cartographie alpine, mon ambition était d'apporter, à partir d'une analyse fondée sur les méthodes de l'histoire des sciences et des techniques, des éléments à une histoire de la cartographie contemporaine

qui reste encore à faire¹⁷³³. Je pense en effet qu'il est nécessaire d'étudier plus globalement les changements fondamentaux intervenus dans l'activité cartographique aux 19^e et 20^e siècles. Mon étude a montré certaines caractéristiques de ces changements ; elle m'a également permis de poser les bases d'une analyse théorique plus générale de la cartographie contemporaine, qui devrait permettre de définir les outils conceptuels adaptés qui font encore partiellement défaut, puisque l'histoire de la cartographie reste majoritairement concentrée sur les périodes antérieures au 19^e siècle. Elle a aussi ouvert de nombreuses orientations de recherche qui mériteraient d'être approfondies.

Parmi celles-ci, après avoir posé dans cette thèse des fondations solides pour une étude des rapports complexes entre le développement scientifique de la cartographie, son industrialisation et la modernisation de l'Etat, je pense qu'il faudra étudier précisément dans quelles conditions la généralisation du paradigme de développement scientifique de la cartographie résultait, accompagnait et / ou soutenait l'effort plus général de rationalisation de l'Etat. J'ai prouvé que le discours scientifique avait été régulièrement instrumentalisé pour justifier des entreprises cartographiques ou des réformes techniques. Mais il reste à étudier plus précisément la place que prirent les cartographes devenus « scientifiques » dans un dispositif étatique qui faisait de plus en plus appel aux experts.

L'affirmation des nationalismes au 19^e siècle soulève également d'autres questions importantes. La cartographie joua nécessairement un rôle crucial dans le processus d'unification et d'uniformisation du territoire qui suivit la transformation de la notion de frontière d'une simple conception politique en une réalité qui pénétrait les sphères du social et du culturel. Au-delà de l'histoire événementielle des modifications de cette frontière, ses modes de représentation devraient être étudiés dans leur rôle de communication d'un contenu idéologique et politique. Comment sont représentés les deux côtés d'une frontière selon le pays qui produit la carte ? Comment la frontière elle-même est représentée ? Comment se négocie et se détermine son tracé ? La cartographie n'est jamais neutre et en cela elle constitue une source fondamentale pour étudier le problème de l'identité nationale. Pour ces questions, les Alpes du nord offrent un point de vue particulièrement pertinent, parce que la frontière franco-italienne, complexe et disputée, se trouve au cœur de l'histoire très imbriquée des deux pays, non seulement au niveau politique, mais aussi au niveau cartographique. Il me suffit d'ailleurs de rappeler quelques faits pour souligner cette imbrication : la première carte de France dressée sous la direction d'une dynastie d'Italiens, les Cassini ; les nombreux travaux cartographiques commandés par Bonaparte en Italie ; la cession à la France d'une partie non négligeable du territoire italien en voie d'unification en 1860 ; la révision du tracé des frontières après la seconde guerre mondiale ; ou encore la collaboration récente pour la publication de carto-guides couvrant uniformément les deux versants de la chaîne alpine.

Au-delà de la question de la frontière qui détermine les nations, la mise en place très précoce de collaborations cartographiques transnationales pose aussi de nombreuses questions. D'abord forcées, comme les travaux de délimitation des frontières après un traité de paix, elles devinrent rapidement volontaires. Par exemple, comme nous l'avons vu, une commission austro-sarde acheva, entre 1821 et 1823, la chaîne géodésique

¹⁷³³ Les seules histoires générales de la cartographie traitant de la période contemporaine ont été, pour la France en tout cas, l'œuvre des services qui assurèrent successivement cette cartographie. Leur contenu factuel est souvent indispensable, mais elles donnent une vision strictement linéaire du développement cartographique dans laquelle toutes les problématiques fondamentales de la « nouvelle » histoire de la cartographie sont ignorées – et *a fortiori* celles de l'histoire des sciences et des techniques.

Bordeaux-Fiume commencée sous l'Empire par les ingénieurs géographes français. Plus récemment, d'importants efforts de normalisation ont été dirigés par des organismes internationaux comme l'OTAN ou la Communauté européenne. Il faudra étudier les différents modes de fonctionnement de ces collaborations, replacées dans leur contexte historique. Quels bénéfices en tiraient les Etats ? Quelles stratégies étaient mise en œuvre dans leur négociation ? Dans quelles conditions la communication internationale et les échanges se faisaient-ils dans des domaines aussi stratégiques que les techniques de levé topographique ou les documents cartographiques ? Au-delà de la seule histoire de la cartographie, ces questions intéressent aussi l'épistémologie, en particulier dans le rôle qu'a pu jouer la notion d'universalisme de la science dans ces rapprochements. Là encore, les Alpes du nord peuvent constituer une base solide pour des études approfondies.

Dans une perspective plus globale, l'histoire de la cartographie contemporaine devrait aussi réfléchir sur les modèles nationaux de développement cartographique. Comment, dans le cadre d'un paradigme de développement « scientifique » globalement partagé par les nations occidentales, qui définit la cartographie comme une discipline objective, rationnelle, et donc *universelle*, s'exprimèrent des spécificités nationales qui reflétaient une identité géographique, historique et culturelle ? Avec le développement de la normalisation internationale, ces spécificités s'exprimaient-elles toujours autant dans la deuxième moitié du 20^e siècle ? Le détachement du terrain permis par les techniques de levés modernes modifia-t-il le rapport au territoire et intensifia-t-il la nature symbolique de sa représentation ?

Je pense que l'approche pluridisciplinaire de la « nouvelle » histoire de la cartographie est particulièrement pertinente pour traiter des questions posées par l'évolution contemporaine de la cartographie. Dans le cadre défini des Alpes du nord, j'ai prouvé que l'histoire des sciences et des techniques pouvait apporter des éléments décisifs pour compléter les analyses plus traditionnelles de l'histoire de la cartographie. En posant les bases d'une nouvelle interprétation de l'histoire de la cartographie française, j'ai soulevé de nombreuses questions qui nécessiteraient des études spécifiques. C'était d'ailleurs l'une des deux principales ambitions de mon travail : je pense avoir exposé précisément les conditions dans lesquelles se développa, puis déclina une cartographie spécifique de la montagne ; il me reste maintenant à exploiter les nombreuses pistes que cette étude a mise jour pour une histoire générale de la cartographie française et de la cartographie contemporaine dans son ensemble, envisagée dans une orientation épistémologique nouvelle dans ce champ de recherche.

Sources

Cartes

Cartes intégrées au corpus.

La base de données informatisées regroupe toutes les feuilles systématiquement soumises à une exploitation statistique. Si elle ne peut prétendre à l'exhaustivité, j'estime qu'elle s'en approche sensiblement en ce qui concerne les différentes éditions des feuilles publiées par le service officiel couvrant les Alpes du nord¹⁷³⁴. La base de données est consultable en ligne à l'adresse suivante : <http://carto.folkup.com/>

Service cartographique officiel français : Dépôt de la guerre, Service géographique de l'armée, puis Institut géographique national.

Amplification de la carte de France au 1 : 80 000. Paris : Service géographique de l'armée ; Institut géographique national, 1889-1958. Echelle 1 : 50 000.

Carte de France au 1 : 25 000. Paris : Institut géographique national, 1956-1978. Echelle 1 : 25 000.

Carte de France au 1 : 20 000. Paris : Service géographique de l'armée ; Institut géographique national, 1921-1964. Echelle 1 : 20 000.

Carte de France au 1 : 80 000. Paris : Dépôt de la guerre ; Service géographique de l'armée ; Institut géographique national, 1833-1958. Echelle de 1 : 80 000.

Carte de la frontière des Alpes. Paris : Dépôt de la guerre, 1875-[1925 ?]. 58 feuilles publiées. Echelle 1 : 80 000.

Carte du massif du Mont Blanc au 1 : 10 000. Paris : Institut géographique national, 1950-1959. 9 feuilles publiées. Echelle 1 : 10 000.

Carte topographique de la France à 1 : 50 000. Paris : Service géographique de l'armée ; Institut géographique national, 1921-. 1 100 feuilles. Echelle 1 : 50 000.

Massif du Mont-Blanc. Extrait des minutes de la carte de France au 1 : 40 000. Paris : Dépôt de la guerre, 1865. 1 feuille. Echelle 1 : 40 000.

Nouvelle carte de France au 1 : 50 000. Paris : Service géographique de l'armée, 1906-[1931 ?]. 1 100 feuilles prévues. Echelle 1 : 50 000.

Plans directeurs. Paris : Service géographique de l'armée ; Institut géographique national, [sd]. Echelle 1 : 10 000 et 1 : 20 000.

Série bleu : carte topographique de la France à 1 : 25 000. Paris : Institut géographique national, 1978-. 2 024 feuilles. Echelle 1 : 25 000.

Série violette. Paris : Institut géographique national, 1975-[1979 ?]. Echelle 1 : 25 000.

¹⁷³⁴ Voir supra, « Historiographie... », 2.1.

Commission de topographie du Club alpin français.

- BOELL Commandant, FEUGIER Albert. *Croquis de la région Allevard – le Cuttillard – les Sept Laux*. Paris : Girard et Barrère, 1928. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BOELL. *Croquis de la région de Vallorcine*. [sl] :[sn], [1921]. 1 feuille. Echelle 1 : 25 000.
- BOELL. *Croquis des environs de Pralognan-la Vanoise*. [sl] :[sn], [1923]. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BOELL. *Croquis des environs de Pralognan-la Vanoise*. 12^e édition. [sl] :[sn], 1937. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BOELL. *Croquis touristique de la vallée de Peisey-Nancroy*. Paris :Girard et Barrère, [sd]. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BRUN Robert, CLUB ALPIN FRANCAIS. *Carte-esquisse du Valgaudemar*. Edition révisée. Paris : Girard et Barrère, 1947. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BRUN Robert, CLUB ALPIN FRANCAIS. *Carte-esquisse du Valgaudemar*. 1^{ère} édition. Paris : Girard et Barrère, 1935. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- BUISSON Charles. *Carte du massif de la Chartreuse au 20 000* ^e . Paris : Barrère, 1918. 5 feuilles. Echelle 1 : 20 000.
- GAILLARD Commandant Emile. *Carte de la chaîne du Mont-Blanc, établie d'après les documents existants, au 50 000* ^e . Chambéry : Emile Gaillard, 1925. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- GAILLARD Emile. *Carte esquisse du massif de Belledonne*. Paris : Gaillac-Monrocq & Cie, [sd]. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Carte du massif du Mont Blanc*. Paris : Girard et Barrère, 1935-1939. 4 feuilles. Echelle 1 : 50 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Carte générale du massif du Mont Blanc*. Paris : Girard et Barrère, 1939. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Chamonix – Sixt*. Paris : Girard et Barrère, 1934. 1 feuille. Echelle 1 : 60 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Mégève – Beaufort*. Paris : Girard et Barrère, 1936. 1 feuille. Echelle 1 : 60 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Saint Gervais – Val Montjoie*. Paris : Girard et Barrère, 1934. 1 feuille. Echelle 1 : 60 000.
- LARMINAT Etienne (de), VALLOT Charles. *Tour du Mont-Blanc*. Paris : Girard et Barrère, 1938. 1 feuille. Echelle 1 : 60 000.
- PAILLON Maurice. *Carte esquisse orohydrographique du massif du Pécelet*. [sl] :[sn], [sd]. 1 feuille. Echelle 1 : 100 000.
- PERRET Robert. *Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts au 20 000* ^e . Paris : Barrère, 1922. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.
- VALLOT Henri, VALLOT Joseph, VALLOT Charles. *Carte du massif du Mont Blanc*. Paris : Girard et Barrère, 1925-1935. 9 feuilles publiées. Echelle 1 : 20 000.

VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Environs de Chamonix. Extraits de la carte du massif du Mont Blanc à l'échelle de 1 : 20 000* ^e. Chambéry : Dardel, 1907. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

VERGER Robert (du). *Carte topographique des Aiguilles de l'Argentière au 20 000* ^e. La Montagne, juillet 1911, 7, 7, p. 410. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

Autre cartes indépendantes.

ADAMS-REILLY Antony. *The Chain of Mont Blanc*. Londres : Longman & Co, 1865. 1 feuille. Echelle 1 : 80 000.

BARBEY Albert, IMFELD Xavier, KURZ Louis. *La chaîne du Mont Blanc*. Berne : Kummerly Frey, 1896. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

BARBEY Albert, IMFELD Xavier, KURZ Louis. *La chaîne du Mont Blanc*. Berne : Kummerly Frey, 1906. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

Carte des environs d'Evian – Thonon. Paris : Girard et Barrère, 1938. 1 feuille. Echelle 1 : 60 000.

Carte des itinéraires à ski de la région d'Arêche. Massif du Beaufortin. Arêches : Centres techniques de ski des camarades de la route, 1963. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

Carte des itinéraires du guide skieur du Briançonnais. [s.l] :[sn], 1936. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

Carte des promenades autour de Mégève. Mégève : Office du tourisme de Mégève, 1961. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

Carte du Salève (Haute-Savoie). Genève : Club alpin suisse – section genevoise, 1972. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

Carte topographique du massif du Mont Pelvoux. Paris : Club alpin français, 1875. 1 feuille. Echelle 1 : 40 000.

Carte touristique au 75 000 ^e *des environs de Chambéry*. Chambéry : Syndicat d'initiative de la Savoie, [1921]. 1 feuille. Echelle 1 : 75 000.

Carte touristique de la région de Theys – Les Sept Laux – Belledonne. Grenoble : Syndicat d'initiative de Theys et ses environs, 1932. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

DUHAMEL Henri. *Maps of the Dauphiny Alps*. Winterthur : Wuster, Randegger & Co, 1892. 6 feuilles. Echelle 1 : 100 000.

FLUSIN, JACOB, OFFNER. *Glacier du massif des Grandes Rousses*. Paris : [sn], 1910. 1 feuille. Echelle 1 : 10 000.

FORBES James David. *Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining district*. Edimbourg : A. & C. Black, 1855. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.

FORBES James David. *Travels through the Alps of Savoy*. Edimbourg : A. & C. Black, 1843. *Map of the Mer de Glace of Chamouni and the adjoining mountains*. 1 feuille. Echelle 1 : 25 000.

- GARDET. *Carte-guide du massif des Bornes. Vallée de l'Arve, Aravis, Vallée de l'Arly.* Annecy : Gardet, 1976. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- GOTTELAND, DOLIN. *Aix-les-Bains, Mont Revard, Dent du Nivollet.* [sl] : Club des sports d'hiver (Aix-les-Bains – Revard – Chambéry), [sd]. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.
- GUILLERMIN, LÄEDERICH. *Carte topographique du Haut-Dauphiné.* [sl] : [sn], 1890. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- Haute Tarentaise. Principaux itinéraires pour skieurs.* [sl] : [revues] Ski – Sports d'hiver, 1935. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- HUDSON Charles, KENNEDY Edward-Shirley. *An ascent of the Mont Blanc by a new route and without guides.* Londres : Longman Brown Green and Longmans, 1856. Map shewing three routes to the summit of the Mont Blanc as taken by a small party of Englishmen in the summer of 1855. 1 feuille. Echelle environ 1 : 63 000.
- Itinéraires à ski de la région de Val d'Isère.* Val d'Isère : Syndicat d'initiative de Val d'Isère, [1955]. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- JOHNSTON Alexander Keith. *Physical Atlas.* Edimbourg : Blackwood, 1854. Map of the glacier systems of Mont Blanc. 1 planche. Echelle environ 1 : 130 000.
- JOHNSTON W., JOHNSTON A. K. Travellers map of the Mont Blanc with the valleys and the glaciers around. In KING S. W. *Italian valleys of the Pennine Alps : a tour through all the romantic and less-frequented « vals » of northern Piedmond, from the Tarentaise to the Gries.* Londres : J. Murray, 1858. 1 planche. Echelle environ 1 : 265 000.
- Le Praz de Lys.* [sl] : [revue] Ski, 1935. 1 feuille. Echelle 1 : 25 000.
- ODDOS. *Carte-croquis du Massif de Belledonne.* [sl] : [sn], [sd]. 1 feuille. Echelle 1 : 40 000.
- PALLIERE A. *Lac d'Annecy et environs.* Lyon : A. Paillière, 1935. 1 feuille. Echelle 1 : 25 000.
- Piste de descentes de Val d'Isère et de sa région. 300 km environ de parcours divers.* [Val d'Isère] : Syndicat d'initiative de Val d'Isère, 1946. 1 feuille. Echelle 1 : 50 000.
- RENDU. *Théorie des glaciers de la Savoie.* Chambéry : [sn], 1840. Carte représentant le plateau du Mont Blanc. 1 feuille. Echelle environ 1 : 100 000.
- VIOLLET-LE-DUC. *Le massif du Mont Blanc.* Paris : J. Baudry, 1876. 1 feuille. Echelle 1 : 40 000.

Autres cartes.

J'ai aussi consulté, à titre comparatif, des feuilles d'autres cartes, notamment étrangères, qui sont indiquées dans la liste ci-dessous.

Dépôt des fortifications

JAVARY Capitaine. Lever photographique de Grenoble construit et nivelé par le capitaine Javary au moyen de perspectives, selon la méthode M. le commandant Laussedat. Paris : [sn], 1864. Dessin minute en couleur. Echelle 1 : 5 000, 103 x 138

cm. SHAT, Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, paragraphe 2, Carton 3, n°1.

Service topographique fédéral (STF) suisse.

Topografische Karte der Schweiz. [Genève] : Bureau topographique fédéral, 1842-1864. Echelle 1 : 100 000.

Atlas topographique de la Suisse. [Genève] : Bureau topographique fédéral ; Service topographique fédéral, 1870-1922 [pour la première édition]. Echelle 1 : 25 000 et 1 : 50 000.

Carte nationale de la Suisse 1 : 50 000. [Genève] ; Wabern : Service topographique fédéral, 1938-1963 [pour la première édition]. Echelle 1 : 50 000.

Carte nationale de la Suisse 1 : 25 000. Wabern : Service topographique fédéral, 1952-1979 [pour la première édition]. Echelle 1 : 25 000.

Istituto geografico militare (IGM) italien.

Cartes d'Italie au 1 : 25 000 et au 1 : 50 000.

Editeurs indépendants.

Bassin de l'Isère supérieure entre Bourg-Saint-Maurice et le confluent de l'Arly. Paris : Ministère de l'Agriculture, 1910. Echelle 1 : 50 000.

Carte géologique du massif du Mont-Blanc, partie française, au 20 000^e. Paris : Barrère, 1927-1932. 5 feuilles. Echelle 1 : 20 000.

CORBIN Paul, OULIANOFF Nicolas. *Carte géologique du massif du Mont-Blanc (partie française).* Paris : Gaillac-Monroc, 1927. 1 feuille. Couleurs. Echelle 1 : 20 000.

MARTEL Pierre. *An account of the Glaciers or Ice Alps in Savoy.* Edition anglaise d'un manuscrit en français. Londres : [sn], 1744. Le Cours de l'Arve contenant le plan des glaciers de Chamouny et des plus hautes montagnes. 1 planche.

MEILLON Alphonse. *Carte du massif du Vignemale, au 20 000^e, en trois couleurs.* Paris : Henry Barrère, 1929. Calculs et dessins par Emmanuel de Larminat. Gravée à l'Institut cartographique de Paris.

PACKE Charles. *A Guide to the Pyrenees, especially intended for the use of mountaineers, with maps, diagrams and tables.* Londres : [sn], 1862. Les Monts Maudits (Pyrenees). Carte hors-texte. Echelle 1 : 80 000. 2 couleurs (bistre et bleu).

PERRET Robert. *Carte géologique de la vallée de Sales et du cirque des Fonts au 20 000^e.* Paris : Barrère, 1929. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

PICTET Jean-Louis. Carte du lac de Genève et des montagnes adjacentes. In SAUSSURE Horace-Bénédict (de). *Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève.* T.1. Neuchâtel : S. Fauche, 1779-1796. 1 planche.

PICTET Jean-Louis. Carte de la partie des Alpes qui avoisine le Mont-Blanc. In SAUSSURE Horace-Bénédict (de). *Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève*. T.2. Neuchâtel : S. Fauche, 1779-1796. 1 planche. Echelle 1 : 100 000.

QUERRET Jean. *Carte du Comté de Bourgogne dédiée à Monseigneur de Machault*. Paris : [sn], 1748. 4 feuilles. Echelle 1 : 120 000. Gravée par J. Lattré.

RUSSEL-KILLOUG Henri. *Les Grandes ascensions des Pyrénées d'une mer à l'autre. Guide spécial du piéton, ornée de douze cartes*. Paris ; Toulouse : [sn], 1866. Les Monts Maudits. Planche hors texte. Echelle 1 : 100 000.

SCHRADER Franz. *Carte du Massif de Gavarnie et du Mont-Perdu au 20 000^e*. Paris : Barrère, 1914. 1 feuille. Echelle 1 : 20 000.

SCHRADER Franz. *Carte du Mont-Perdu et de la région calcaire des Pyrénées centrales*. Bordeaux : G. Chariol, 1874. 1 feuille. Echelle 1 : 40 000.

Archives

Archives de la cartoθήque nationale de l'IGN.

Dossiers topographiques : ils contiennent toutes les minutes de levé, de révision ou de restitution, les enquêtes toponymiques, ainsi qu'un nombre variable de documents intermédiaires de la rédaction. J'ai dépouillé tous les dossiers concernant les feuilles des cartes de France au 1 : 80 000 et au 1 : 50 000 / 1 : 20 000 couvrant la zone de mon corpus.

BARRERE M. *Note sur la carte au 100.000^e du Massif du Pelvoux d'Henri Duhamel*. Paris : [sn], avril 1955, 1 p. Note dactylographiée trouvée dans un dossier de cartes à la cartoθήque de l'IGN.

BARRERE Maurice. *Observations sur la manuscrit de la 2^e édition de la carte-esquisse du Valgaudemar de M. R. Brun*. Paris : [sn], 16 mars 1945. Note manuscrite agrafée à l'exemplaire de la carte de Brun conservé à la cartoθήque de l'IGN.

Archives du Service historique de l'armée de terre.

Dépôt des fortifications, Article 21, Section 13, Paragraphe 2, Carton 3 : ce carton concerne les expérimentations de levés topographiques effectuées par le colonel Laussedat et le capitaine Javary.

Sources imprimées

Les rapports d'activités, les manuels techniques, les spécifications, les articles parus dans des périodiques spécialisées, ont constitué l'une des sources documentaires principales de ma thèse. J'indique ici les rapports d'activité et les publications périodiques qui ont fait l'objet d'un dépouillement systématique. Les ouvrages et les articles qui ont servi à la rédaction de cette thèse sont également indiqués.

Rapports d'activité

Service cartographique officiel.

Mémorial du Dépôt de la guerre. Paris : Ch. Picquet, 1802-1887.

Cahiers du Service géographique de l'armée. Rapport sur les travaux exécutés. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1888-1939.

Mémorial du Service géographique de l'armée. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1926-1939.

Rapport sur les travaux exécutés du 1er août 1914 au 31 décembre 1919. Historique du Service Géographique de l'Armée pendant la guerre. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1936, 352 p.

Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national. Paris : Institut géographique national, 1940-1951.

Exposé des travaux de l'Institut géographique national. Paris : Institut géographique national, 1952-.

Club alpin français.

Commission de Topographie du Club alpin français. Procès-verbaux des séances. Paris : [sn], 1903-1914.

Bulletin du Club alpin français. Paris : G. Chamerot, 1874-1904.

Publications périodiques.

Seules ont été indiquées les revues systématiquement dépouillées.

Annuaire du Club alpin français. Paris : Hachette, 1874-1903.

La montagne. Revue mensuelle du Club alpin français. Paris : Club alpin français, 1905-1954.

La montagne et Alpinisme. Paris : Club alpin français, 1955-.

Revue de géographie alpine. Grenoble : Université de Grenoble, 1920-.

Bulletin d'information de l'Association des Ingénieurs Géographes. Saint-Mandé : [sn], 1946-[1967 ?].

Bulletin d'information de l'Institut géographique national. Paris : Institut géographique national, 1964-.

Ouvrages et articles.

Publications générales sur la géographie, la cartographie, la montagne et l'alpinisme.

- BERALDI Henri. *Balaïtous et Pelvoux. Notes sur les officiers de la carte de France.* Paris : [s.n.], 1907, 205 p.
- BORSON F. Le Mont Iseran. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1874, 1, p. 360-382.
- BOYER G. Le mont Poupet : étude orographique. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1877, 4, p. 400-416.
- CASELLA G. *L'Alpinisme.* Paris : [sn], 1913, 428 p.
- CLUB ALPIN FRANÇAIS. *Manuel d'alpinisme.* Paris : Ed. Lucien Laveur, 1904
- Congrès internationale d'alpinisme. Chamonix-Mont-Blanc 1932. Rapports et travaux du congrès.* Paris : Club alpin français, 1932, 448 p.
- COOLIDGE W. A. La légende du mont Iseran, étude d'histoire topographique. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1900, 27, p. 385-447.
- COOLIDGE W.A.B., DUHAMEL Henry, PERRIN F. *Guide du Haut-Dauphiné.* Grenoble : A. Gratier, 1887.
- DENAIX A. *Essais de géographie méthodique et comparative.* Paris : [s.n.], 1827.
- DURIER Charles. *Le Mont Blanc.* Paris : Sandoz et Fischbacher, 1877, 486 p.
- ENGEL C.-E., VALLOT Ch. *Tableau littéraire du Mont-Blanc.* Chambéry : Libr. Dardel, 1930.
- ENGEL Claire Eliane. *Histoire de l'alpinisme des origines à nos jours.* Paris : Edition Je Sers, 1950, 253 p.
- FERRAND Henri. *L'Alpinisme.* Grenoble : [sn], 1899, 20 p.
- FORBES James David. *Travel through the Alps of Savoy and other parts of the Pennine chain, with observations on the phenomena of glaciers.* Edimbourg : A. and C.Black, 1843, 424 p.
- GAILLARD E., DU VERGER R. Les Aiguilles de l'Argentière. *La Montagne*, juillet 1911, 7, 7, p. 381-410.
- HUDSON Charles, KENNEDY Edward-Shirley. *An Ascent of the Mont Blanc by a new route and without guides.* Londres : Longman Brown Green And Longmans, 1856.
- JOANNE Adolphe. *Itinéraire général de la France : Jura et Alpes françaises.* Paris : Hachette, 1877, 1088 p.
- JOANNE Paul. *Itinéraire général de la France : Alpes dauphinoises, 1ère partie.* Paris : Hachette, 1890, 394 p.
- JOHNSTON Alexander Keith. *Physical Atlas.* Edimbourg : Blacwood, 1854.
- KING S.W. *Italian valleys of the Pennine Alps : a tour through all the romantic and less-frequented « vals » of northern Piedmont, from the Tarentaise to the Gries.* Londres : J. Murray, 1858, 558 p.

- LEVASSEUR E. Les chaînes et les massifs du système des Alpes (1ère partie). *Annuaire du Club Alpin Français*, 1885, 12, p. 369-433.
- LEVASSEUR E. Les chaînes et les massifs du système des Alpes (Alpes centrales et orientales). *Annuaire du Club Alpin Français*, 1886, 13, p. 515-554.
- LEVASSEUR Emile. *Les Alpes et les grandes ascensions*. Paris : Ch. Delagrave, 1889, 392 p.
- LORY Ch. Essai sur l'orographie des Alpes de Savoie et Dauphiné (rapports avec la structure géologique). *Annuaire du Club Alpin Français*, 1874, 1, 283-307.
- LORY Ch. Les coupures transversales des Alpes au point de vue de l'orographie géologique. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1877, 4, p. 350-382.
- MEUNIER Stanislas. *Les glaciers et les montagnes*. Paris : Flammarion, 1920, 262 p.
- MUMMERY Albert Frederick. *Mes Escalades dans les Alpes et le Caucase*. Paris : L. Laveur, 1903, 327 p. Traduction par Maurice Paillon.
- MUMMERY Albert Frederick. *My Climbs in the Alps and Caucasus*. Londres : T.F. Unwin, 1895, 360 p.
- NIOX Général. *Géographie militaire. II. Grandes Alpes. Suisse et Italie*. Paris : Dumaine, 1880, 276 p.
- PACKE Charles. *A Guide to the Pyrenees, especially intended for the use of mountaineers, with maps, diagrams and tables*. Londres : [sn], 1862, 201 p.
- PAILLON Maurice. *Alpes françaises, Savoie, Dauphiné, Haute-Provence*. Paris : Hachette, Guides bleus, 1920, 659 p.
- RUSSEL-KILLOUG Henri. *Les Grandes ascensions des Pyrénées d'une mer à l'autre. Guide spécial du piéton, ornée de douze cartes*. Paris ; Toulouse : [sn], 1866, 297 p.
- SAUSSURE Horace-Bénédict (de). *Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève*. Neuchatel : S. Fauche, 1779-1796. 4 vol.
- VEZIAN A. Esquisse d'une histoire géologique du Mont Blanc. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1880, 7, p. 415-445.
- VEZIAN A. Les chaînes de montagnes. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1878, 5, p. 463-489.
- VEZIAN Les deux théories orogéniques. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1884, 11, p. 345-374.
- WHYMPER Edward. *Escalades dans les Alpes de 1860 à 1869*. Paris : Hachette, 1873, 432 p. Traduction par Adolphe Joanne.
- WHYMPER Edward. *Scrambles amongst the Alps in the years 1860-1869*. Londres : J. Murray, 1871, 432 p.

Publications du service cartographique officiel français.

ALINHAC Georges. *Cartographie théorique et technique*. Paris : Institut géographique national, 1962. 3 vol.

- ALINHAC Georges. La carte de France au 1 :25 000 et au 1 :50 000 type 1972 (spécifications et édition cartographiques). *Bulletin d'information de l'IGN*, 1978, 36, p. 1-10.
- ALINHAC Georges. Rédaction cartographique. Paris :Institut géographique national, 1955, 2 vol.
- BARRERE Marcel. L'Ingénieur en Chef Géographe J. Recordon, topographe alpin. *Bulletin d'information de l'Association des Ingénieurs Géographes*, novembre 1961, 7, 21, p. 85-90.
- BASSOT Général. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Deuxième fascicule*. Paris : Imprimerie Nationale, 1902, 195 p.
- BERTHAUT Général Henri-Marie-Auguste. *Connaissance du terrain et lecture des cartes. Etudes topologiques*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1912.
- BERTHAUT Général. *Topologie, étude du terrain*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1909-1910, 2 vol.
- BOMPAS J., DURETTE D et al. Mise à jour partielle des cartes de base à 1 : 25 000. *Bulletin d'information de l'IGN*, 1980, 40, p. 30.
- BOURGEOIS Commandant, BERTHAUT Général dir. *Mémorial du Dépôt de la Guerre*. T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Troisième partie*. Paris : Imprimerie Nationale, 1904, 798 p.
- CARBONNEL Maurice. Etude photogrammétrique des glaciers du massif du Mont-Blanc. Etat de la glaciation en 1958. Evolution de 1939 à 1958. *Bulletin d'information de l'AIG*, mars 1966, 12, 34, p. 1-12.
- CARBONNELL Maurice. Emploi des chambres à film pour les couvertures photographiques aériennes. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1969, 9, p. 12-13.
- CHABBERT C. Opérations de triangulation et de stéréopréparation dans les Alpes en 1971 et 1972. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1972, 20, p. 43-47.
- Colloque sur la cartographie des régions montagneuses, Paris – 23 mai 1973*. Paris : Institut géographique national, 1973, 27 p.
- Conférence faite en 1912 sur les méthodes et les procédés de géodésie, de topographie et de cartographie en usage au Service Géographique de l'Armée*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1920.
- Cours de topographie des écoles militaires*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1921, 464 p.
- CRUSET Jean. L'évolution des objectifs français de photogrammétrie aérienne. *Bulletin de l'AIG*, juin 1949, 9, p. 44-55.
- DANIEL R.E. Les résultats obtenus en France en matière de stéréophotogrammétrie aérienne aux échelles topographiques. *Bulletin de l'AIG*, juin 1947, 5, p. 23-32.
- Description illustrée des signes conventionnels de la carte de France au 20 000e de l'Institut Géographique National*. Paris : Imprimerie de l'Institut géographique national, 1951, 43 p.

- DUCHER Guy. Automatisation de l'établissement des orthophotocartes. *Bulletin d'information de l'IGN*, décembre 1972, 20, p. 24-27.
- Etablissement d'une feuille de la carte de France au 50.000^e en couleurs, type 1922.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1936.
- GLORIOD M. *Eléments de géomorphologie. Topologie.* Paris : Imprimerie de l' Institut Géographique National, 1962, 112 p.
- HUGUENIN. *Cours de cartographie (gravure et dessin).* Paris : Institut géographique national, 1945. 2 vol.
- HURAUULT Jean. *Manuel de photogrammétrie.* Paris : Imprimerie de l' Institut Géographique National, 1956, 235 p.
- HURAUULT. *Travaux topographiques et cartographiques exécutés de 1938 à 1948. Rapport présenté au congrès international de géographie, Lisbonne 1949.* Paris : Imprimerie de l'Institut géographique national, 1949, 25 p.
- Instruction spéciale fixant les conditions d'exécution des travaux de triangulation, de polygonation et de nivellement relevant du contrôle de l'Institut Géographique National.* Paris, Institut géographique national, 1949, 104 p.
- La Nouvelle Carte de France au 1 :20 000, son utilité, son exécution.* Paris : Institut géographique national, 1950.
- La nouvelle carte de France. Etude d'un programme d'ensemble des levés à grande échelle de la France, de leur publication au 20 000e et de l'édition d'une carte au 50 000e en couleurs d'un modèle simplifié.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1923.
- La Nouvelle carte de France.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1923, 125 p.
- La photographie aérienne. *IGN Magazine*, septembre-octobre 2001, p. 4-9.
- LE MEHAUTE François. Evolution des méthodes de révision des cartes – Emploi des procédés photogrammétriques. *Bulletin d'information de l'AIG*, novembre 1960, 18, p. 79-87.
- Le Service des activités aériennes de l'IGN au 1^{er} juin 1971. *Bulletin d'information de l'IGN*, septembre 1971, 15, p. 1-17.
- Le Service Géographie de l'Armée. Son histoire, son organisation, ses travaux.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1938, 124 p.
- Les écritures sur les cartes topographiques.* Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1936, 48 p.
- LEPLAT. *Technique du dessin topographique.* Paris : Institut géographique national, 1948, 33 p.
- MONGOE Henri. Le système d'altitude IGN 1969. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 1980, 41, p. 10.
- Note sur l'examen stéréoscopique des photographies aériennes.* Paris : Institut Géographique National, 1960, 12 p.

- Notice sur la lecture des cartes de l'Institut Géographique National.* Paris : Imprimerie de l' Institut Géographique National, 1945, 33 p.
- Notice sur la nouvelle triangulation de la France.* Paris : Institut Géographique National, 1942, 16 p.
- Notice sur la projection U.T.M. (projection universelle transverse de Mercator). Description et emploi.* Paris : Imprimerie de l' Institut Géographique National, 1960, 22 p.
- PERRIER Colonel. *Mémorial du Dépôt de la Guerre.* T.XII. *Nouvelle méridienne de France, Première partie.* Paris : Imprimerie Nationale, 1885, 230 p.
- PEYTIER Colonel. Notes sur les opérations géodésiques. *Mémorial du Dépôt de la guerre.* T.IX. Paris :Ch. Picquet, 1853.
- PUISSANT Louis. *Mémorial du Dépôt de la Guerre.* T.VI-VII. *Nouvelle description géométrique de la France.* Paris : C. Piquet, 1832-1840.
- SALLAT R. Sur un aspect de la préparation photogrammétrique en vue des levés réguliers de zones montagneuses. *Le Bulletin des Ingénieurs Géographes*, décembre 1950, 12, p. 97-103.
- Spécifications de l'équipement géographique de base du territoire national.* Paris : Institut géographique national, 1972.
- Un nouveau venu au Service des Activités Aériennes, l'Aero Commander Type FL. *Bulletin d'information de l'IGN*, juillet 1969, 8, p. 1-3.
- VIGNAL Jean. *Nivellement de précision.* Paris : Institut Géographique National, 1955, 262 p.

Publications des membres du Club alpin français.

- A propos de la feuille de Tignes de la nouvelle carte de France au 50 000^e. *La Montagne*, juin 1912, 8, 6, p. 300-318.
- ARNAUD E. Appendice complémentaire et explicatif de la carte de l'Etat Major. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1902, 29, p. 513-529.
- BREGEAULT Henri. Henri Vallot (1853-1922). En souvenir. *La Montagne*, novembre 1922, 156, p. 220-224.
- BREGEAULT Henri. Joseph Vallot (1854-1925). En souvenir. *La Montagne*, mars 1926, 190, p. 65-77.
- BUISSON C. Toponymie et notes historiques sur la cartographie ancienne du massif de la Chartreuse. *La Montagne*, janvier-février 1920, 16, 140, p. 1-18.
- BUISSON C. Une nouvelle carte du Massif de la Chartreuse au 20 000^e. *La Montagne*, janvier-février 1919, 15, 134, p. 28-33.
- Campagne géodésique et topographique de 1912. *La Montagne*, janvier 1913, 9, 1, p. 33-39.
- Campagne géodésique et topographique de 1913.: *La Montagne*, janvier 1914, 10, 1, p. 44-49.

- Campagne topographique de M. H. Barrère. *La Montagne*, février 1907, 3, 2, p. 77.
- Campagnes topographiques dans les Alpes en 1908. *La Montagne*, janvier 1909, 5, 1, p.47-49.
- Commission des Travaux Scientifiques. Acquisition d'instrument topographique. *La Montagne*, mai 1953, 4, 249, p. 196.
- Commissions des Travaux scientifiques. *La Montagne*, mai-juin 1930, 3, 9, p. 193-194.
- DAUBREC A. Etude expérimentale pour expliquer les déformations et cassures qu'a subies l'écorce terrestre. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, 9, p. 513-533.
- EYDOUX D., MAURY L. Note sur les levés exécutés dans les Pyrénées centrales de 1899 à 1905. *La Montagne*, septembre 1906, 2, 9, p. 411-420.
- Géodésie et topographie de la Grande Chartreuse. *La Montagne*, juillet 1911, 7, 7, p. 413-414.
- GODEFROY R. Principes de nomenclature géographique rationnelle. Application à la haute région montagneuse. *La Montagne*, avril 1910, 6, 4, p. 208-219.
- HEÏD Maurice, DOLLFUS J. Note sur la seconde édition de la feuille au 20 000^e du massif du Vignemale, par Alphonse Meillon et le Commandant de Larminat. *La Montagne*, janvier 1936, 4, 275, p. 30-31.
- HEÏD Maurice. Note sur la photographie zénithale du massif du Balaïtous. *La Montagne*, novembre 1933, 4, 253, p. 346.
- HELBRONNER Paul. Chaîne méridienne de précision de Savoie. Notes sur ma cinquième campagne géodésique dans les hautes régions des Alpes françaises. *La Montagne*, janvier 1908, 4, 1, p. 1-37.
- HELBRONNER Paul. Chaîne méridienne de Savoie (fin) et Réseau primaire de Haute Maurienne. Notes sur ma sixième campagne géodésique dans les hautes régions des Alpes françaises. *La Montagne*, janvier 1909, 5, 1, p. 1-34.
- HELBRONNER Paul. *Description géométriques des Alpes Françaises*. Paris : Gauthier-Villars, 1939, 12 vol.
- HELBRONNER Paul. La description géométrique détaillée des Alpes françaises de la 7ème à la 15ème campagne (1909-1920). *La Montagne*, janvier-février 1921, 17, 144, p. 1-41.
- HELBRONNER Paul. La description géométrique détaillée des Alpes françaises. Dix-huitième campagne. *La Montagne*, avril 1924, 20, 171, p. 104-127.
- HELBRONNER Paul. *La nouvelle carte de France*. Paris : Berger-Levrault, 1911, 23 p.
- HELBRONNER Paul. Quatre mois de triangulations dans le massif Pelvoux-Ecrins. *La Montagne*, janvier 1906, 2, 1, p. 1-31.
- HELBRONNER Paul. Sur les jonctions de la Chaîne méridienne de Savoie avec les triangulations fondamentales italiennes et suisses. *La Montagne*, mars 1910, 6, 3, p. 165-166.
- HELBRONNER Paul. Triangulation géodésique des massifs d'Allevard et des Sept Laux. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1903, 30, p. 439-510.

- In Memoriam : Paul Helbronner (1871-1938). *La Montagne*, décembre 1938, 4, 302, p. 289.
- La Commission de Topographie et de Cartographie du Club Alpin Français. *La Montagne*, février 1923, 19, 159, p. 52-53.
- La représentation du rocher sur les cartes topographiques. *La Montagne*, février 1926, 22, 189, p. 55-57.
- La représentation topographique du rocher. *La Montagne*, septembre 1911, 7, 9, p. 535-537.
- La stéréophotogrammétrie dans le Massif des Ecrins. *La Montagne*, juin 1914, X, 6, p. 354-355.
- LARMINAT Etienne (de). Note sur la mise en effet des cartes de montagne à grande échelle. *La Montagne*, novembre-décembre 1930, 3, 12, p. 380-383.
- LARMINAT Etienne de. Emploi des photographies aériennes dans la carte du Vignemale. *La Montagne*, mars-avril 1929, 3, 2, p. 89-100.
- MARCERON Dr. Les travaux scientifiques du Club Alpin Français. *La Montagne*, janvier-mars 1941, 4, 316, p. 10-12.
- MARTEL E. A. Franz Schrader. Les Pyrénées. *La Montagne*, juin 1925, 21, 183, p. 177-206.
- MAURY Colonel Léon. L'œuvre scientifique du Club Alpin Français (1874-1922). Paris : Club alpin français, 1936, 518 p.
- MEILLON Alphonse, LARMINAT Commandant Etienne de. Notice sur la carte au 20 000^e du Vignemale. Pau : Garet-Haritoÿ, 1928, 84 p.
- Modification à la règle à calcul du topographe. *La Montagne*, février 1909, 5, 2, p. 109-110.
- Note sur la *Carte du massif du Vignemale* par A. Meillon. *La Montagne*, janvier-février 1930, 3, 7, p. 56.
- Nouveau procédé de triangulation graphique. *La Montagne*, septembre 1908, 4, 9, p. 377-378.
- PERRET Robert. *Notice sur la carte au 20 000^e de la vallée de Sales et du cirques des Fonts (Alpes calcaires du Faucigny)*. Paris : H. Barrère, 1922.
- Photographie aérienne. *La Montagne*, juillet 1911, 7, 7, p. 417.
- PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie du CAF. *La Montagne*, avril 1906, 2, 4, p. 191-194.
- PRUDENT Lieutenant-Colonel, VALLOT Henri. La Commission de Topographie du Club Alpin Français. *La Montagne*, avril 1905, 1, 4, p. 193-196.
- PRUDENT Lt Col. Les travaux scientifiques du Club Alpin Français (compte-rendu des 25 premiers annuaires). *Annuaire du Club Alpin Français*, 1899, 26, p. 326-366.
- Robert Perret, *Le Cirque du Fer-à-cheval*. *La Montagne*, mars 1914, 10, 3, p. 142-162.
- RONJAT J. Les noms des lieux dans les montagnes françaises, suite et fin. *La Montagne*, septembre 1908, 4, 9, p. 354-376.

- RONJAT J. Les noms des lieux dans les montagnes françaises. *La Montagne*, août 1908, 4, 8, p. 318-338.
- SCHRADER Franz Note sur la carte au 20 000^e de Gavarnie et du Mont Perdu. *La Montagne*, mai-juin 1919, 15, 136, p. 97-115.
- SCHRADER Franz Revue générale des travaux de la Commission de Topographie du Club Alpin Français. *La Montagne*, mai 1913, 9, 5, p. 277-281.
- SCHRADER Franz. *Essai sur la représentation topographique du rocher*. Paris : Commission de topographie du Club alpin français, 1911, 35 p.
- SCHRADER Franz. *Note sur l'orographe et la méthode graphique de levés employée aux Pyrénées*. Paris : [sn], 1885.
- SCHRADER Franz. *La Carte de la Vallée de Sales et du Cirque des Fonts*, de M. Robert Perret. *La Montagne*, juin 1923, 19, 163, p. 177-180.
- TROMBE Félix Le Comité des Travaux scientifiques du Club Alpin Français. *La Montagne*, novembre-décembre 1951, 4, 355, p. 113-114.
- Une opinion en faveur des grandes échelles pour les cartes de montagnes. *La Montagne*, avril 1914, 10, 4, p. 219-221.
- VALLOT Charles. Quatrième note sur la carte au 20 000^e du Massif du Mont Blanc. *Revue Alpine*, 1^{er} trimestre 1923, 24, 1, p. 12-14.
- VALLOT Charles. Un portrait du Mont-Blanc. *La Montagne*, avril 1939, 4^e série, 306, p. 97-104.
- VALLOT Henri Esquisse orographique des aiguilles de Chamonix (du col du Plan à l'aiguille du Midi). *La Montagne*, novembre 1909, 5, 11, p. 648-656.
- VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*. Paris : Gauthiers-Villars, 1907, 238 p.
- VALLOT Henri, VALLOT Joseph. *Chemin de fer des Houches au sommet du Mont-Blanc. Projet Saturnin Fabre. Etudes préliminaires et avant-projet*. Paris : 1899, 81 p.
- VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Deuxième note sur la carte du massif du Mont-Blanc à l'échelle du 20 000^e et études des aiguilles de Chamonix. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1984, 21, p. 3-49
- VALLOT Henri, VALLOT Joseph. Note sur la carte du massif du Mont-Blanc à l'échelle du 20 000^e et étude des Aiguilles-Rouges. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1892, 19, p. 3-28.
- VALLOT Henri. Appréciation documentaire sur quelques cartes modernes du Massif du Mont-Blanc. *Annales de l'Observatoire météorologique physique et glaciaire du Mont-Blanc*, 1917, 7, p. 1-5.
- VALLOT Henri. Emploi de la règle à éclimètre du colonel Goulier dans les excursions topographiques. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1888, p. 472-519, et 1890, p. 485-497.
- VALLOT Henri. *Instructions pratiques pour l'exécution des triangulations complémentaires en haute montagne*. Paris : G. Steinheil, 1904, 132 p.

- VALLOT Henri. La Commission de Topographie du Club Alpin Français en 1906-1907. *La Montagne*, janvier 1908, IV, 1, p. 42-45.
- VALLOT Henri. La nouvelle carte de France au 50 000^e. Ses rapports avec la haute montagne. *La Montagne*, mai 1906, 2^{ème} année, 5, p. 225-229.
- VALLOT Henri. Le capitaine Mieulet et la Carte du Mont Blanc. *La Montagne*, mai 1905, 1, 5, p. 217.
- VALLOT Henri. Les Aiguilles Rouges et la Chaîne du Brévent. 1^{ère} partie : description topographique. *La Montagne*, mars-avril 1921, 17, 145, p. 57-83.
- VALLOT Henri. Les Aiguilles Rouges et la Chaîne du Brévent. 2^{ème} partie : itinéraires. *La Montagne*, mai-juin 1921, 17, 146, p. 105-124.
- VALLOT Henri. *Levés à la planchette en haute montagne*. Paris : Barrère, 1909, 193 p.
- VALLOT Henri. *Manuel de topographie alpine*. Paris : Barrère, 1904, 172 p.
- VALLOT Henri. Note explicative sur la carte des triangles fondamentaux dans le Sud-Est de la France. *La Montagne*, février 1911, 7, 2, p. 65-92.
- VALLOT Henri. Troisième note sur la carte au 20 000^e du Massif du Mont-Blanc. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1903, 30, p. 378-387.

Autres publications techniques.

- AGASSIZ Jean Louis Rudolphe. *Etudes sur les glaciers*. Neuchâtel : [chez l'auteur], 1840.
- ALLIX A. Travaux topographiques dans les Alpes françaises. *Revue de géographie alpine*, 1923, XI, p. 529-532.
- ARAGO François. Le daguerréotype. *Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences*, 1839, p. 265.
- ARTHUR-LEVY. *Les coulisses de la guerre. Le Service Géographique de l'Armée, 1914-1918*. Paris, Berger-Levrault, 1926, 75 p., ,,
- ARVERS Général. Le Capitaine Durand et le Pelvoux. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1887, p. 3-12.
- BABY E. La carte du Mont-Blanc au 10 000^e de l'IGN. *La Montagne*, avril-juin 1952, 357, p. 27-31.
- BEAUTEMPS-BEAUPRE C. F. *Méthode pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques publiées en 1808 sous le titre d'appendice, à la suite de la relation du voyage du contre-amiral Bruny-Dentrecastreaux*. Paris : Imprimerie impériale, 1811, 96 p.
- BERGET Alphonse. *Topographie : cartes, échelles, instruments, etc.* Paris : Larousse, 1921.
- BESSET Capitaine. *Amplification de la carte au 80 000^e* . Paris : Ch. Lavauzelle, 1913, 68 p.

- BIDAULT Lieutenant-Colonel F. L. *Guide pratique pour l'étude de la topographie. 2ème édition refondue et corrigée.* Paris : Baudoin, 1888, 65 p.
- BLANCHARD R. Nouveaux travaux sur le Mont-Blanc de H. et J. Vallot. *Revue de géographie alpine*, 1924, XII, p. 487-488.
- BONNE Chevalier. *Considérations sur l'emploi de la lumière et des ombres, pour exprimer le relief du terrain dans les cartes topographiques.* Paris : F. Didot, 1817.
- BOUASSE Henri. *Géographie mathématique.* Paris : libr. Delagrave, 1919.
- CARLIER André-H. *La Photographie aérienne pendant la guerre.* Paris : Librairie Delagrave, 1921.
- CLERC L.-P. *Applications de la photographie aérienne. Lectures des photographies aériennes, stéréoscopie de précision, appareils et méthodes pour la photographie aérienne.* Paris : Octave Doin et fils, 1920, p. 2.
- COLLET M. J. *Les cartes topographiques. La carte de France, dite de l'Etat-Major. Historique, projection, géodésie, hypsométrie, topographie, critique et lecture.* Paris : Gauthier-Villars, 1887, 93 p.
- CORBIN P., OULINAOFF N. Carte géologique du Mont-Blanc, partie française. *Revue de géographie alpine*, 1927, XV, p. 459-464.
- CROUZET. *Eléments et principes de la topographie.* Paris : Libr. Buibert, 1911, 269 p.
- DERRECAGAIX Général. *Des cartes topographiques européennes.* Paris : Société d'éditions scientifiques, 1891, 103 p.
- DEVILLE Edouard-Gaston. *Photographic surveying, including the elements of descriptive geometry and perspective.* Ottawa : Impr. du Gouvernement, 1895.
- FORBES James David. On Glacier Theory. *Edinburgh Review*, 1842, 80, p. 49-105.
- GENDRE Commandant F. Travaux du Service Géographique de l'Armée dans les Alpes en 1923 et 1924. *La Montagne*, 21, 181, avril 1925, p. 97-106.
- GENDRE F. La feuille de « La Grave » de la carte au 20.000^e. *La Montagne*, octobre 1926, vol. 22, 195, p. 250.
- GOULIER C.-M. *Etudes théoriques et pratiques sur les levés topométriques.* Paris : Gauthier-Villars, 1892, 542 p.
- GOULIER Colonel Charles Moyse. Comment il faut plier les cartes pour les consulter commodément sur le terrain. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 623-642.
- GOULIER Colonel Charles Moyse. Etude sur la précision des nivellements topographiques et barométriques. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1879, p. 597-658.
- GOULIER Colonel Charles Moyse. Notions de topographie pour les alpinistes. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 643-661.
- GOULIER Colonel Charles-Moyse. Rapport présenté à la Direction Centrale du Club Alpin Français sur la carte au 100.000^e du massif central des Pyrénées Espagnoles, levée par M. Schrader. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1882, p. 609.
- HAXO Général. *Mémoire sur le figuré du terrain dans les cartes topographiques.* Paris : J. Didot l'ainé, 1822, 50 p.

- HENNEQUIN P. La boussole rapporteur Hennequin. *Annuaire du Club Alpin Français*, 1875, 2, p. 722-729.
- LAPPARENT Albert (de). *Leçons de géographie physique*. Paris : Masson, 1896, 590 p.
- LARMINAT E. (de). *La topographie chez l'ennemi. Comment nous dressions la carte du terrain occupé par l'adversaire*. Paris : Ch. Lavauzelles, 1920, 96 p.
- LAUSSE DAT A. *La Métophotographie*. Edition révisée [1^{ère} édition 1889]. Paris : Gauthier-Villars, 1899, 52 p.
- LAUSSE DAT Capitaine A. *Leçons sur l'art de lever les plans comprenant les levés de terrain et de bâtiment, la pratique du nivellement ordinaire et le lever des courbes horizontales à l'aide des instruments les plus simples*. Paris : Imprimerie impériale, 1861, 97 p.
- LAUSSE DAT Colonel A. *Les Applications de la perspective au lever des plans, vues dessinées à la chambre claire, photographies...* Paris : Gauthier-Villars et fils, 1893.
- LAUSSE DAT Colonel A. *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique*. Paris : Gauthier-Villars, 1898-1903. 3 vol.
- LE BON Dr. Gustave. *Les levés photographiques et la photographie en voyage*. Paris : Gauthier-Villars, 1889, 2 vol.
- LEGROS Commandant V. *Eléments de photogrammétrie. Applications élémentaires de la photographie à l'architecture, à la topographie, aux observations scientifiques et aux opérations militaires*. Paris : Société d'étude scientifique, 1891.
- LLIBOUTRY Louis. *Traité de Glaciologie*. Paris : Masson & Cie, 1964-1965. 2 vol.
- MAISSIAT. *Table des projections des lignes de plus grande pente, ou longueurs des tranchures, calculées pour exprimer dans les levés topographiques, le relief des montagnes suivant la rapidité des pentes*. Paris : F. Didot imprimerie, 1819, 12 p.
- MARGERIE Emmanuel (de), LA NOË Général Gaston-Ovide (de). *Les Formes du terrain*. Paris : Imprimerie nationale, 1888, 2 vol.
- MARTONNE Emmanuel (de). *Géographie aérienne*. Paris : Albin Michel, 1948, 243 p.
- MARTONNE Emmanuel (de). *Traité de géographie physique*. 9^e édition. Paris : libr. A. Colin, 1951. 3 vol.
- MARTONNE Emmanuel de. *Traité de géographie physique. Climat. Hydrographie. Relief du sol. Biogéographie*. 1^{ère} édition Paris : Armand Colin, 1909, p. 371.
- MATHIEU Cdt G. Le Massif des Cerces. II. Révision de la topographie (août-septembre 1927). *La Montagne*, juillet-septembre 1928, 24, 214, p. 270-271.
- MATHIEU Cdt. G., BLANCHARD C. Le massif des Cerces à propos de la nouvelle carte au 20 000^e. *La Montagne*, juillet-septembre 1928, 24, 214, p. 258-269.
- MATHIEU Colonel F.-A. *Lecture et emploi de la carte d'Etat-Major. Manuel pratique à l'usage de la jeunesse de France*. Paris : Fournier et Cie, 1945, 40 p.
- Mémoire de photo-interprétation - V. Panorama des applications de la photographie aérienne*. Paris : SEVPEN, 1968, 59 p.

- MURET C. *Premières notions sur la lecture des cartes topographiques. A l'usage de l'Enseignement primaire, de l'Enseignement secondaire et des Ecoles régimentaires.* Paris : Ch. Delagrave, 1876, 108 p.
- MURET C., LEVASSEUR E. (dir.). *La lecture des plans et cartes topographiques, enseignée à l'aide d'un texte, d'une carte et d'un relief.* Paris : Ch. Delagrave, 1873.
- NOIREL Lt.-Col. H. Les levés à grande échelle du Service Géographique de l'Armée dans la région des Alpes. *La Montagne*, juillet-août 1922, 18, 153, p. 113-121.
- Notions sommaires sur l'étude et la lecture des cartes topographiques.* Paris ; Limoges : Lavauzelle, 1894, 61 p.
- PERRIER Général Georges. Les progrès de la géodésie, de la topographie et de la cartographie, 1880-1930. *Le Génie Civil*, novembre 1930, numéro spécial cinquantenaire, p. 134-139.
- PERRIER Général. Les expositions et congrès internationaux de photogrammétrie à Zurich (septembre 1930). *Le Génie Civil*, 25 octobre 1930, 17, p. 422.
- PERRIN M. *Topographie et défense des Alpes françaises.* Périgueux : Imprimerie de la Dordogne, 1894, 760 p.
- PUISSANT L. *Principes du figuré de terrain et du lavis, sur les plans et les cartes topographiques.* Paris : Janet et Cotelte, 1827, 133 p.
- PUISSANT Louis Colonel. *Observations sur la méthode adoptée en topographie pour figurer le terrain.* Paris : Imprimerie de Vve Courcier, [1817], 8 p.
- PUISSANT Louis Colonel. *Observations sur les diverses manières d'exprimer le relief du terrain dans les cartes topographiques, suivies d'une réfutation du mémoire de M. le Chevalier Bonne sur le même sujet.* Paris : Imprimerie de Vve Courcier, 1818, 32 p.
- PUISSANT Louis Colonel. *Traité de topographie, d'arpentage et de nivellement.* Paris : Courcier, 1820, 331 p.
- RECORDON Cap. La feuille de La Grave S.E. au 20 000^e. *La Montagne*, mars-avril 1930, 3, 8, p. 89-97.
- RENDU. *Théorie des glaciers de la Savoie.* Chambéry : [sn], 1840.
- REVOL Colonel J. Initiation au voyage militaire des Alpes (suite). *Revue militaire française*, avril-juin 1930, p. 80-108.
- REVOL Colonel J. Initiation au voyage militaire des Alpes. *Revue militaire française*, janvier-février 1930, p. 376-384.
- ROUSSILHE H. *Emploi de la photographie aérienne aux levés topographiques à grande échelle.* Paris : Eyrolles, 1930, 475 p.
- VILLE-D'AVRAY H. *Lecture des cartes.* Paris : Le Soudier, 1890, 125 p.
- VIOLLET-LE-DUC Eugène. *Le Massif du Mont Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses transformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers.* Paris : J. Baudry, 1876, 280 p.

Bibliographie

Ouvrages généraux

Outils

Le Petit Robert. Dictionnaire alphabétique & analogique de la langue française. Paris : Société du Nouveau Littré, 1970.

Lexique topographique. [Paris] : Association française de topographie, [sd]. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://aftopo.club.fr/publications/lexique/pagelexique.htm>

TLFi, Trésor de la Langue Française informatisé [base de données en ligne]. Nancy : CNRS - Analyse et Traitement Informatique de la Langue Française, [2002-]. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://atilf.inalf.fr>

Vocabulaire de la topographie. Paris : Conseil international de la langue française, 1980, 90 p.

Histoire générale, économique et culturelle

BERSTEIN Serge, MILZA Pierre. *Nationalismes et concert européen, 1815-1919.* Paris : Hatier, 1992, 288 p.

CARON François. *Histoire économique de la France, XIXe-XXe siècle.* Paris : Armand Colin, 1981, 452 p.

CORBIN Alain dir. *L'avènement des loisirs (1850-1960).* Paris : Aubier, 1995, 471 p.

GIRARDET R. *La Société militaire de la France contemporaine. 1815-1939.* Paris : [sn], 1953, 328 p.

GOETSCHEL Pascale, LOYER Emmanuelle. *Histoire culturelle et intellectuelle de la France au XXe siècle.* Paris : Armand Colin, 1994.

MALET Maya. Démocratisés et syphilisés [en ligne]. *Passages*, 2004, 113. Format World Wide Web. Disponible sur : <http://www.revuepassages.fr/Article.php?IdArticle=109>

Histoire des sciences et des techniques

COHEN Yves. Une histoire aussi technique. *Annales HSS*, mai-juin 1995, 3, p. 537-540.

- EDGERTON David. De l'innovation aux usages, dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques. *Annales Histoire Sciences Sociales*, juillet-octobre 1998, 53, n°4-5, p. 815-837.
- GILLE Bertrand. *Histoire des techniques : technique et civilisations, technique et sciences*. Paris : Gallimard, 1978, 1652 p. (Editions de la Pléiade)
- KUHN Thomas. *The Structure of scientific revolution*. Chicago : University of Chicago Press, 1963, 172 p.
- LATOUR Bruno, WOOLGAR Steve. *La Vie de laboratoire : la production des faits scientifiques*. Seconde édition [Londres : Sage, 1979]. Paris : La Découverte, 1988, 296 p.
- McKENZIE D. Histoire des techniques et sociologie de la connaissance. *Annales HSS*, juillet-octobre 1998, 53, 4-5, p. 795-814.
- PESTRE Dominique. Pour une histoire sociale et culturelle des sciences : nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques. *Annales HSS*, mai-juin 1995, 3, p. 487-522.
- PICON Antoine. Construction sociale et histoire des techniques. *Annales HSS*, mai-juin 1995, 3, p. 531-536.
- POPPER Karl R. *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot, 1973, 480 p.

Histoire de la géographie et de la géomorphologie

- BAILLY Antoine, FERRAS Robert. *Éléments d'épistémologie de la géographie*. Paris : Armand Colin, 1997.
- BERDOULAY Vincent. *La Formation de l'école française de géographie (1870-1914)*. Paris : Bibliothèque nationale, 1981, 245 p.
- BROC Numa. Les débuts de la géomorphologie en France. *Revue d'histoire des sciences*, 1975, 28, 1, p. 31-60.
- CHEVALIER Michel dir. *Pour le cinquantième de la mort de Paul Vidal de la Blache. Étude d'histoire de la géographie par Paul Claval, Jean-Pierre Nardy*. Paris : Les Belles Lettres, 1968, 130 p.
- CHORLEY R.J., BECKINSALE R.P., DUNN A.J. *The History of the study of landforms or the Development of geomorphology*. Vol. 2. *The Life work of William Morris Davis*. Londres : Methuen and Co, 1973, 874 p.
- CLAVAL Paul. *Autour de Vidal de La Blache : la formation de l'école française de géographie*. Paris : CNRS, 1993, 159 p.
- CLAVAL Paul. L'histoire de la géographie comme discipline fondamentale. In *Pour le cinquantième de la mort de Paul Vidal de la Blache : études d'histoire de la géographie*. Paris : Les Belles lettres, 1968, p. 9-34.
- CLAVAL Paul dir., SANGUIN André-Louis dir. *La Géographie française à l'époque classique (1918-1968)*. Paris : L'Harmattan, 1996, 345 p.
- CLAVAL Paul. *La Pensée géographique : introduction à son histoire*. Paris : PUF, 1972, 116 p.

- CLAVAL Paul, SANGUIN André-Louis. Un demi-siècle de géographie française (1918-1968) : contours et détours d'une époque classique. In *La géographie française à l'époque classique (1918-1968)*, 1996, p. 7-12.
- DEAN Dennis R.. James Hutton's role in the history of geomorphology. In TINKLER K. J. éd., *History of Geomorphology, from Hutton to Hack*. Boston : Unwin Hyman, 1989, p. 73-84.
- DUFAURE Jean-Jacques, DUMAS Bernard. Geomorphology in France. In WALKER H.J. éd., GRABAU W.E. éd. *The Evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development*. New York : John Wiley & Sons, 1993, p. 157-170.
- ELLENBERGER François. Les Méconnus : eighteenth century French pioneers of geomorphology. In TINKLER K. J. éd., *History of Geomorphology, from Hutton to Hack*. Boston : Unwin Hyman, 1989, p. 11-36.
- FIERRO Alfred. *La société de géographie 1921-1946*. Paris : Centre de recherches d'histoire de philologie de la VI^e section de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 1983, 343 p.
- JAMES Preston Everett. *All possible worlds : a history of geographical ideas*. Indianapolis : [sn], 1972, 622 p.
- MARTIN Geoffrey J., PRESTON E. James. *All possible worlds. A history of geographical ideas*. 3^e édition. New York : John Wiley & Sons, 1993.
- PINCHEMEL Geneviève, PINCHEMEL Philippe. Histoire de la géographie et de la cartographie. *Imago et mensura mundi. Atti del IX congresso internazionale di storia della cartografia*, 1985, 1, p. 39-44.
- PINCHEMEL Geneviève, PINCHEMEL Philippe. Réflexions sur l'histoire de la géographie : histoires de la géographie, histoire des géographies. *Bulletin de la Section de Géographie du CTHS*, 1979, 84, p. 221-231.
- PINCHEMEL Philippe. Géographie, espace et organisation de l'espace. *Géographia Polonica*, 1977, 36, p. 173-177.
- ROUGIER Henri. Raoul Blanchard (1877-1965) et l'école de Grenoble. In *La géographie française à l'époque classique (1918-1968)*, 1996, p. 117-124.
- TINKLER K. J. éd. *History of Geomorphology, from Hutton to Hack*. Boston : Unwin Hyman, 1989.
- VITEK John D., RITTER Dale F. Geomorphology in the USA. In WALKER H.J. éd., GRABAU W.E. éd. *The Evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development*. New York : John Wiley & Sons, 1993, p. 469-481.
- WALKER H.J. éd., GRABAU W.E. éd. *The Evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development*. New York : John Wiley & Sons, 1993.
- WERRITY Alan. Geomorphology in the UK. In WALKER H.J. éd., GRABAU W.E. éd. *The Evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development*. New York : John Wiley & Sons, 1993, p. 457-468.

Sémiologie et iconographie

- BARTHES Roland. *Eléments de sémiologie*. *Communications*, 1964, 4, p. 91-135.
- BARTHES Roland. *L'Aventure sémiologique*. Paris : Seuil, 1985, 358 p.
- BARTHES Roland. *L'Empire des signes*. Paris : Flammarion, 1980, 151 p.
- BARTHES Roland. Rhétorique de l'image. *Communications*, 1964, 4, p. 40-51.
- BERTIN Jacques. La graphique. *Communications*, 1970, 15, p. 169-186.
- BERTIN Jacques. *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris : Gauthiers-Villars, 1967, p. 3
- ECO Umberto. *La Structure absente, introduction à la recherche sémiotique*. Paris : Mercure de France, 1972, 448 p.,
- ECO Umberto. Sémiologie des messages visuels. *Communications*, 1970, 15, p. 11-51.
- PANOFSKY Erwin. *Essais d'iconologie : thèmes humanistes dans l'art de la Renaissance*. Paris : Gallimard, 1967, 396 p.

Histoire de la lecture

- BÖDKER Hans Erich. D'une « histoire littéraire du lecteur » à l' « histoire du lecteur » : bilan et perspectives de l'histoire de la lecture en Allemagne. In *Histoires de la lecture : un bilan des recherches, op. cit.*, p. 93.
- CAVALLO Guglielmo dir., CHARTIER Roger dir. *Histoire de la lecture dans le monde occidental*. Paris : Seuil, 1997, 522 p.
- CHARTIER Roger dir. *Histoire de la lecture : un bilan des recherches – Actes du colloque des 29 et 30 janvier 1993*. Paris : Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, 1995, 316 p.

Historiographie

La tradition historiographique

- ALINHAC Georges. *Cartographie ancienne et moderne*. Paris : Institut géographique national, 1958. 3 vol.
- BAGROW Leo, SKELTON Raleigh Ashlin éd. *Meister der Kartographie*. Traduction de l'édition anglaise révisée. Berlin : Safari-Verlag, 1963, 579 p.
- BROWN Lloyd. *The Story of Maps*. Edition révisée [Boston : Little-Brown, 1949]. New York : Dover Publications, 1979, 397 p.
- BRICKER Charles. *A history of cartography : 2,500 years of maps and mapmakers*. Londres : Thames and Hudson, 1969, 220 p.
- CRONE Gerald Roe. Early cartographic activity in Britain. Pt. 1 of landmarks in british cartography. *Geographical Journal*, 1962, 128, p. 406-410.

- CRONE Gerald Roe. *Maps and their makers : an introduction to the history of cartography*. Edition révisée [Londres : Huchtinson University Library, 1953]. Folkestone, Dawson, 1968, 152 p.
- DAINVILLE Père François (de). *La Cartographie, reflet de l'histoire (recueil d'articles)*. Genève : Slatkine, 1986, 489 p.
- DESTOMBES Marcel. *Contributions sélectionnées à l'histoire de la cartographie et des instruments scientifiques*. Utrecht : HES publ., 1987, 568 p.
- ECKERT Max. *Die Kartenwissenschaft : forschungen und Grundlagen zur einer Kartographie als Wissenschaft*. Berlin : Walter de Gruyter, 1921-1925. 2 vol.
- FORDHAM Sir Herbert George. *Maps, their history, characteristics and uses*. Seconde édition. Cambridge : Cambridge University Press, 1927, 83 p.
- FORDHAM Herbert George. *Studies in carto-bibliography, British and French, and in the bibliography of itineraries and road-books*. Oxford : Clarendon Press, 1914, 180 p.
- HARVEY P. D. A. *The History of topographical maps : symbols, pictures and surveys*. Londres : Thames & Hudson, 1980.
- HODGKISS Alan Geoffrey. *Understanding maps : a systematic history of their use and development*. Folkestone : Dawson, 1981
- IMHOF Eduard. Beiträge zur Geschichte der Kartographie im Wandel. *International Yearbook of Cartography*, 1964, 4, p. 129-153.
- KEATES J. S. *Understanding maps*. Londres : Longman, 1982, 139 p.
- KISH Georges. *La carte : image des civilisations*. Paris : Seuil, 1980, 287 p.
- KUPCIK Ivan. *Cartes géographiques anciennes : évolution de la représentation cartographique du monde de l'antiquité à la fin du XIXe siècle*. Paris : Gründ, 1981, 240 p.
- LASSALLE Thierry. *Cartographie : 4 000 ans d'aventures et de passion*. Paris : Nathan, 1990.
- LIBAULT André. *Histoire de la cartographie*. Paris : Chaix, 1959, 88 p.
- MARGOT-DUCLOT Jean-Luc. *La France à l'échelle : histoire de la cartographie*. Paris : Solar, 1978.
- SKELTON Raleigh Ashlin. *Maps : a historical survey of their study and collecting*. Chicago : The University of Chicago Press, 1972.
- THROWER Norman J. W. *Maps and man : an examination of cartography in relation to culture and civilization*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1972, 184 p.
- TOOLEY Ronald Vere. *Maps and map-makers*. Londres : B.T. Batsford, 1972.
- WILFORD John Noble. *The mapmakers*. Londres : Junction Books, 1981, 414 p.

Le renouveau théorique des années soixante-dix et quatre-vingt

ANDREWS John Harwood. Map and language : a metaphor extended. *Cartographica*, 1974, 27 : 1, p. 1-19

- ANDREWS John Harwood. Meaning, knowledge and power in the map philosophy of J. B. Harley. *Trinity papers in geography*, 1994, 6, p. 7
- ANDREWS John Harwood. Medium and message in early six-inch Irish Ordnance maps : the case of Dublin City. *Irish geography*, 1969-1973, 6, p. 579-593.
- BAILLY Antoine éd., GOULD Pierre éd., *Le Pouvoir des cartes : Brian Harley et la cartographie*. Paris : Anthropos-Economica, 1995.
- BLAKEMORE Michael J., HARLEY John Brian. Concepts in the history of cartography : a review and perspective. *Cartographica Monograph*, 26. Toronto : University of Toronto Press, 1980, 120 p.
- BOARD Christopher. Maps as models. In CHORLEY Richard J. éd., HAGGET Peter éd. *Models in geography*. Londres : Methuen, 1967, p. 671-725.
- Cartes et figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, 479 p.
- CERNY J. W., WILSON John. The effet of orientation on the recognition of simple maps. *Canadian Cartographer*, 1976, 31 : 2, p. 132-138
- COSGROVE Denis éd., DANIELS Stephen éd. *The Iconography of landscape : essays on the symbolic representation design and use of past environments* Cambridge : Cambridge University Press, 1988, 318 p.
- DAINVILLE Père François de. *Le Langage des géographes : termes, signes, couleurs des cartes anciennes 1500-1800*. Paris : Picard, 1964, 385 p.
- DESMARAIS Gaëtan. Quelques conditions pour une sémiotique de la cartographie. *Mappemonde*, 1986, 2, p. 18-25.
- GUELKE Leonard éd. The nature of cartographic communication. Toronto : University of Toronto press, 1977, 147 p. (Cartographica Monographs, 19)
- HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. T.1, *Cartography in prehistoric, ancient and medieval Europe and the Mediterranean*. Chicago : University of Chicago Press, 1987, 599 p.
- HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 1. *Cartography in the traditional Islamic and South Asian societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1992, 579 p.
- HARLEY John Brian éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 2. *Cartography in the traditional East and Southeast Asian societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1994, 970 p.
- HARLEY John Brian, « The new history of cartography », *UNESCO Courier*, juin 1991, ?, p. 10-15.
- HARLEY John Brian, WOODWARD David. Why cartography needs its history. *The American Cartographer*, 1989, 16/1, p. 5-15.
- HARLEY John Brian. Can there be cartographic ethics. *Cartographic perspectives*, 1991, 10, p. 9-16.
- HARLEY John Brian. Cartography, ethics and social theory. *Cartographica*, 1990, 27 : 2, p. 1-23.
- HARLEY John Brian. Deconstructing the map. *Cartographica*, 1989, 26 : 2, p. 1-20

- HARLEY John Brian. Déconstruire la carte. In BAILLY Antoine éd., GOULD Pierre éd., *Le Pouvoir des cartes : Brian Harley et la cartographie*. Paris : Anthropos-Economica, 1995, p. 63-64 et 67.
- HARLEY John Brian. Maps, knowledge and power. In COSGROVE Denis éd., DANIELS Stephen éd. *The Iconography of landscape : essays on the symbolic representation, design and use of past environments*. Cambridge : Cambridge University Press, 1988, p. 227-312
- HARLEY John Brian. Silences and secrecy : the hidden agend of cartography in early modern Europe. *Imago Mundi*, 1988, 40, p. 57-76
- HARLEY John Brian. The evaluation of early maps : towards a methodology. *Imago Mundi*, 1968, 22, p. 62-74.
- HARLEY John Brian. The iconology of early maps. *Imago et mensura mundi. Atti del IX congresso internazionale di storia della cartografia*, 1985, 1, p. 29-38.
- HEAD C. G. The map as natural language : a paradigm for understanding. *Cartographica*, 1984, 21 : 1, p.. 1-32.
- KOEMAN C. The application of photography to map printing and the transition to offset lithography. In WOODWARD David éd., *Five centuries of map printing*. Chicago : University of Chicago Press, 1975, p. 137-155.
- KOEMAN Cornelis. The principle of communication in cartography. *International yearbook of cartography*, 1971, p. 169-171
- LEWIS G. Malcolm éd., WOODWARD David éd. *The History of cartography*. Vol. 2, tome 3. *Cartography in the traditional African, American, Arctic, Australian and Pacific societies*. Chicago : University of Chicago Press, 1998, 639 p.
- LLOYD Robert. Visual search processes used in map reading. *Cartographica*, 1997, 34 : 1, p. 11-32
- MONTELLO Daniel R., SULLIVAN Catherine N. Recall memory of topographic map and natural terrain : effects of experience and task performance. *Cartographica*, 1994, 31 : 3, p. 18-36.
- OLSON Judy M. Cognitive cartographic experimentation. *The Canadian Cartographer*, 1979, 16, p. 34-44.
- PETCHENIK Barbara Bartz. A map maker's perspective on map design research, 1950-1980. In TAYLOR D. R. Fraser. *Graphic communication and design in contemporary cartography*. New York : Wiley, 1983, p. 37-70
- PETCHENIK Barbara Bartz, ROBINSON Arthur H. *The Nature of maps : essays toward understanding maps and mapping*. Chicago : The University of Chicago Press, 1976, 138 p.
- ROBINSON Arthur Howard. *Elements of cartography*. New York : Wiley, 1960, 343 p.
- ROBINSON Arthur H. *The look of maps. An examination of cartographic design*. Madison : The University of Wisconsin Press, 1985, 105 p.
- ROBINSON Arthur H., PETCHENIK Barbara Bartz. *The nature of maps : essays toward understanding maps and mapmaking*. Chicago : The University of Chicago Press, 1976.

- SCHLICHTMANN Hansgeorg. Characteristic traits of the semiotic system « map symbolism ». *Cartographic Journal*, 1985, 22, p. 23-30.
- SCHLICHTMANN Hansgeorg. Codes in map communication. *The Canadian Cartographer*, 1970, 16, p. 81-97
- WOODWARD David éd. *Five centuries of map printing*. Chicago : University of Chicago Press, 1975, 177 p.
- WOODWARD David. *Art and cartography : six historical essays*. Chicago : University of Chicago Press, 1987, 249 p.
- WOODWARD David. The form of maps : an introductory framework. *AB Bokkman's Yearbook*, 1976, 1, p. 11-20
- WOODWARD David. The study of the history of cartography : a suggested framework. *American Cartographer*, 1974, 1, p. 101-115.

Nouvelles interrogations et nouveaux axes de recherche

- BADARIOTTI Dominique. Histoire de la cartographie. Une approche quantitative. *Mappemonde*, 1989, 4, p. 42-45.
- BELYEA Barbara. Images of power : Derrida, Foucault, Harley. *Cartographica*, 1992, 29 : 2, p. 1-9.
- BELYEA Barbara. Review article of Denis Wood's *The power of maps* and the author's reply. *Cartographica*, 1992, 29/3-4, p. 94-99.
- DELANO SMITH Catherine. Why theory in the history of cartography ? *Imago Mundi*, 1996, 48, p. 198-203.
- EDNEY Matthew H. Theory and the history of cartography. *Imago Mundi*, 1996, 48, p. 185-191
- JACOB Christian éd. *Arts et légendes d'espace : figures du voyage et rhétorique du monde (colloque, Paris, 1979)*. Paris : Presses de l'ENS, 1981.
- JACOB Christian. *Géographie et ethnographie en Grèce ancienne*. Paris : Armand Colin, 1991, 183 p.
- JACOB Christian. *L'Empire des Cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*. Paris : Albin Michel, 1992, 537 p.
- JACOB Christian. Les marges de la carte (à propos du texte de J. B. Harley, Deconstructing the map). *Cartographica*, 1989, 26/3-4, p. 101-108.
- JACOB Christian. Toward a cultural history of cartography. *Imago Mundi*, 1996, 48, p. 191-198.
- L'oeil du cartographe et la représentation géographique du Moyen-Age à nos jours. (Colloque européen - la cartographie topographique, 1992, Paris)*. Paris : CTHS, 1995, 283 p.
- PALSKY Gilles. *Des Chiffres et des Cartes, naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siècle*. Paris : CTHS, 1996, 333 p.

- TYNER Judith. The hidden cartographers. Women in mapmaking. *Mercator's world*, 1997, 2/6, p. 46-51.
- WOOD Denis, FELS John. Designs on signs : myth and meaning in maps. *Cartographica*, 1986, 23 : 3, p. 57-104.
- WOOD Denis. Cultured symbols : thoughts on the cultural contexts of cartographic symbols. *Cartographica*, 1984, 21 : 4, p. 7-37
- WOOD Denis. How maps work. *Cartographica*, 1992, 29/3-4, p. 66-74.
- WOOD Denis. The fine line between mapping and mapmaking. *Cartographica*, 1993, 30 : 4, p. 50-60.
- WOOD Denis. *The Power of maps*. Londres : Routledge, 1993, 248 p.
- WOOD Denis. What makes a map a map. *Cartographica*, 1993, 30/2-3, p. 81-86.

Histoire de la cartographie

Techniques et pratiques.

- BARBOUR Michael. The use of maps : the topographical and thematic traditions contrasted. *The cartographic journal*, décembre 1983, 20 : 2, p. 76-86.
- BOUTIER Jean. L'affirmation de la cartographie urbaine à grande échelle dans l'Europe de la Renaissance. In IACHELLO Enrico éd., SALVEMINI Biagio(éd. *Per un atlante storico del Mezzogiorno e della Sicilia in età moderna. Omaggio a Bernard Lepetit*. Naples : Liguori, 1998, p. 107-127.
- CUENIN René. Evolution des techniques cartographiques. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 25 mars 1974, 25, p. 25-31.
- HUND A. M. *A history of engraving and etching from the fifteenth century to the year 1914*. New York : Dover Publications, 1963.
- MONMONIER Mark Stephen. *Technological transition in cartography*. Madison : The University of Wisconsin Press, 1985, 282 p.
- PEARSON Karen S. The 19th century colour revolution : maps in geographical journals. *Imago Mundi*, 1980, 32, p. 9-20.
- POULS H. C. Mieux vaut voir que courir 2. In *Cartes et Figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 248-251.
- RISTOW Walter W. Lithography and maps, 1796-1850. In WOODWARD David éd. *Five centuries of map printing*. Chicago : University of Chicago Press, 1975, p. 77-112.
- ROBIC Marie-Claire. Carte et topographie : quand pédagogues, savants et militaires définissent l'intelligence du terrain (1870-1914). In *L'oeil du cartographe et la représentation géographique du Moyen-Age à nos jours*, 1995, p. 245-265.
- VAGNETTI Luigi. Mieux vaut voir que courir 1. In *Cartes et figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 242-247.

Acteurs et institutions de la cartographie française

- BACCHUS Michel. L'établissement des plans directeurs pendant la guerre de 1914-1918. In In VILLELE Marie-Anne (de) dir., BEYLOT Agnès dir., MORGAT Alain dir. *Du Paysage à la carte, trois siècles de cartographie militaire de la France*. Vincennes : Ministère de la Défense – Services historiques des armées, 2002, p. 128-134.
- BERTHAUT Colonel. *La Carte de France, 1750-1898. Etude historique*. Paris : Imprimerie du Service géographique, 1898, 2 vol.
- BERTHAUT Colonel. *Les Ingénieurs-géographes militaires, 1624-1831 : étude historique*. Paris : Imprimerie du Service géographique de l'armée, 1898-1902. 2 vol.
- BLANCHARD Anne. *Les Ingénieurs du Roy, de Louis XIV à Louis XVI. Etude du corps des fortifications*. Montpellier : A. Blanchard, 1979, 635 p.
- BRET Patrice. Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830). In HAL-SHS [en ligne]. Paris : CNRS – Centre pour la communication scientifique directe. Disponible sur : http://halshs.ccsd.cnrs.fr/docs/00/02/59/01/PDF/Bret_formation_scientifique.pdf (Communication présentée le 2 août 1989 au XVIIIe Congrès International d'Histoire des Sciences à Hambourg, dans le cadre du symposium *Mathematics and French Revolution : Decades of Change*, organisé par I. Grattan-Guinness et J. Dhombres).
- HOLLANDER Raymond d', « L'oeuvre cartographique du Dépôt de la Guerre », *Revue historique des Armées*, juin 1988, 15/2 (171), p. 43-52.
- La boîte de Pandore : autres souvenirs retrouvés des derniers arpenteurs de l'IGN*. Saint-Mandé : Edition APRIGN, 1995, 363 p.
- La Petite compagnie. Au hasard des souvenirs des derniers arpenteurs de l'IGN*. Paris : Le Théodolite – Editions APRIGN, 1992, 284 p.
- Mémoire de l'armée, 1688-1988 : tricentenaire de la création du « Dépôt de la Guerre » (exposition au Château de Vincennes, juin-novembre 1998, organisée par le Service historique de l'armée de terre)*. Vincennes : Service historique de l'armée de terre, 1988, 48 p.
- PELLETIER Monique. Formation et mission de l'ingénieur géographe militaire au XVIIIe siècle. In *L'oeil du cartographe et la représentation géographique du Moyen-Age à nos jours*, 1995, p. 73-92
- PELLETIER Monique. Science et cartographie au Siècle des Lumières. *Cartographie de la France et du monde, de la Renaissance au Siècle des lumières*. Paris : Bibliothèque Nationale de France, 2001, p. 82-105.
- RACT Patrice. *Les Ingénieurs géographes des camps et armées du roi, de la guerre de Sept Ans à la Révolution (1756-1791) : étude institutionnelle, prosopographique et sociale*. Thèse de l'Ecole nationale des Chartes. Paris : Ecole nationale des Chartes, 2002.
- SINOIR Alain. *1940-1990 : une histoire mouvementée*. Paris : Institut géographique national, avril 1999, 148 p. (Collection Les cahiers historiques de l'IGN, n°1).

Les cartes de France

- BOUTIER Jean. Mesures et triangulation de l'espace urbain. Le lever des plans de Paris à l'époque moderne (XVIe-XVIIIe siècles) [en ligne]. *Le Monde des cartes. Revue du Comité Français de Cartographie*, mars 2002, 172, p. 6-18. Format PDF. Disponible sur : <http://www.vcharite.univ-mrs.fr/shadyc/bocarto.pdf>
- DURANTHON Marc. *La Carte de France. Son histoire. 1678-1978*. Paris : IGN-Solar, 1978, 64 p.
- HUGUENIN M. *Historique de la cartographie de la nouvelle carte de France*. Paris : Imprimerie de l'Institut géographique national, 1948, 191 p.
- KONVITZ Josef W. *Cartography in France, 1660-1848 : science, engineering and statecraft*. Chicago : The University of Chicago Press, 1987, 294 p.
- PELLETIER Monique, OZANNE Henriette. *Portraits de la France : les cartes, témoins de l'histoire*. Paris : Hachette, 1995, 259 p.
- PELLETIER Monique. *La Carte de Cassini : l'extraordinaire aventure de la Carte de France*. Paris : Presse de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 1990, 263 p.
- PELLETIER Monique. La Carte de France. *Bulletin du Comité français de cartographie*, septembre 1987, 113, p. 7-15.
- Tours et contours de la Terre. Itinéraires d'une femme au cœur de la cartographie*. Paris : Presses de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 1999, 297 p.
- VAYSSIERE Bruno-Henri. « La » Carte de France. In *Cartes et Figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 252-265.
- VAYSSIERE Bruno-Henri. Cadastres. *Cartes et figures de la terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 408.
- VILLELE Marie-Anne (de) dir., BEYLOT Agnès dir., MORGAT Alain dir. *Du Paysage à la carte, trois siècles de cartographie militaire de la France*. Vincennes : Ministère de la Défense – Services Historiques des Armées, 2002, 164 p.

Découverte et représentation de la montagne

Les représentations non cartographiques

- BALLU Yves. *Les Alpes à l'affiche*. Grenoble : Glénat, 1987, 192 p.
- BROC Numa. *Les Montagnes vues par les géographes et les naturalistes de langue française au XVIIIe siècle. Contribution à l'histoire de la géographie*. Paris : Bibliothèque nationale – CTHS – Mémoires de la section de géographie n° 4, 1969, 299 p.
- Découverte et sentiment de la montagne : 1740-1840. Exposition, Annecy, Conservatoire d'art et d'histoire de la Haute-Savoie, 15 juillet – 31 décembre 1986*. Annecy : Conservatoire d'art et d'histoire de la Haute-Savoie, 1986.

- ENGEL C.-E. *La littérature alpestre en France et en Angleterre au XVIIIe et XIXe siècle*. Paris : [sn], 1931.
- ENGEL Claire Eliane. *La Littérature alpestre en France et en Angleterre aux XVIIIe et XIXe siècles*. Chambéry : Librairie Dardel, 1930.
- GUICHONNET Paul, JOUTARD Phillipe, LEBAILLY Hugues, VELLOZZI Marie-Christine, VERCKEN Marie-Thérèse. *Mont-Blanc, conquête de l'imaginaire*. Montmélian : La Fontaine de Siloé, 2002, 423 p.
- La Montagne et ses images : du peintre d'Akrésilas à Thomas Cole (actes du 116e Congrès national des sociétés savantes, Chambéry, 1991, Section d'archéologie et d'histoire de l'art, Section de géographie physique et humaine)*. Paris : CTHS, 1991, 422 p.
- MORNET Daniel. *Le Sentiment de la nature en France de Jean-Jacques Rousseau à Bernadin de Saint-Pierre : essai sur les rapports de la littérature et des mœurs*. Paris : Hachette, 1907.
- VALLOT Guillaume. Le Chemin qui n'existait pas. *L'Alpes*, 2000, 7, p. 14-22.

La découverte scientifique

- ADAMS-REILLY A., GUTHRIE Peter, SHAIRP John Campbell. *Life and letters of James David Forbes*. Londres : Macmillan, 1873, 578 p.
- CUNNINGHAM Frank F. *James David Forbes : Pioneer Scottish Glaciologist*. Edimbourg : Scottish Acad. Press, 1990.
- CUNNINGHAM Frank F James David Forbes on the Mer de Glace in 1842 : early quantification in glaciology. In TINKLER K. J. éd., *History of Geomorphology, from Hutton to Hack*. Boston : Unwin Hyman, 1989, p. 109-126.
- DEBARBIEUX Bernard. La nomination des espaces géographiques dans les Alpes entre 1880 et 1930. In CLAVAL Paul dir. *Autour de Vidal de la Blache. La formation de l'Ecole française de géographie*. Paris : CNRS Edition, 1993, p. 109-122.
- LACOSTE Yves. Je t'aime, moi non plus. *Les Alpes*, 2000, 7, p. 6-10.
- Les Scientifiques et la montagne (actes du 116e Congrès national des sociétés savantes, Chambéry, 29 avril-4 mai 1991, Section d'histoire des sciences et des techniques)*. Paris : Edition du CTHS, 1993, 293 p.

L'alpinisme

- BONINGTON Chris. *Deux siècles d'histoire de l'Alpinisme*. Paris ; Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1992, 285 p.
- CHAUBET Daniel. *L'Alpinisme : les grandes lignes de l'évolution, de l'Antiquité à 1990*. Chambéry : D. Chaubet, 1992, 168 p.
- GOS Charles. *L'Epopée alpestre : histoire abrégée de la montagne et de l'alpinisme de l'Antiquité à nos jours*. Neuchâtel : V. Attinger, 1944, 186 p.

HOIBIAN Olivier. *Les Alpinistes en France, 1870-1950 : une histoire culturelle*. Paris : L'Harmattan, 2000, 338 p.

LEJEUNE Dominique. *Les Alpinistes en France à la fin du XIXe et au début du XXe siècle : vers 1875 – vers 1919, étude d'histoire sociale, étude de mentalité*. Paris : CTHS, 1988, 271 p.

MESTRE Michel. *Histoire de l'alpinisme. Les Alpes*. Aix-en-Provence : Edisud, 1996, 191 p.

RAYMANN A. *L'Evolution de l'alpinisme dans les Alpes françaises*. Edition de la thèse soutenue en 1912 à la faculté des lettres de l'université de Grenoble. Genève : Slatkine, 1979.

Les représentations cartographiques

ALINHAC Georges. Histoire de la cartographie des montagnes. *Bulletin d'information de l'Institut Géographique National*, 1983, 48, p. 3-8.

ELEB-BAILLY Anne. La 3^{ème} dimension, l'altitude. In *Cartes et figures de la terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 335-345.

DIXON-GOUGH Robert W. An examination of the technological developments influencing the portrayal of terrain representation on maps up to the nineteenth century. *Imago et mensura mundi. Atti del IX congresso internazionale di storia della cartografia*, 1985, 2, p. 455-462.

GRISEL Denis. Le Jura au XVIIIe siècle à travers la cartographie militaire. In VILLELE Marie-Anne (de) dir., BEYLOT Agnès dir., MORGAT Alain dir. *Du Paysage à la carte, trois siècles de cartographie militaire de la France*. Vincennes : Ministère de la Défense – Services Historiques des Armées, 2002, p. 96-105.

Images de la montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur. Paris : Bibliothèque nationale, 1984, 129 p.

IMHOF Eduard, STEWARD Harry éd. *Cartographic relief representation*. Berlin : Walter de Gruyter, 1982, 389 p.

MAHONEY Patricia, CARSTENSEN L. W. Effects of technological change on relief representation on USGS topographic maps/ *Cartographica*, 1991, 28 : 4, p. 9-31.

NARDY Jean-Pierre. Cartographies de la montagne, de l'édifice divin au bas-relief terrestre. In *Images de la montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur*. Paris : Bibliothèque nationale, 1984, p. 77-79.

NARDY Jean-Pierre. Réflexions sur l'évolution historique de la perception géographique du relief terrestre. *L'Espace géographique*, 1982, 3, p. 224-232

NEUGEBAUER G. Topographic maps of high mountain regions for Alpinism and research. *Kartographische Nachrichten*, 1988, 38 : 6, p. 241-247.

PELLETIER Monique. La représentation du relief au XVIe siècle. L'œuvre de Jean de Beins (1577-1651). *Bulletin de la Bibliothèque nationale*, 1980, 3, p. 104-106.

PELLETIER Monique. Photographie et méthodes de lever du relief. L'exemple des Vallot dans le massif du Mont-Blanc. In *Tours et contours de la Terre. Itinéraires d'une femme au cœur de la cartographie*. Paris : Presses de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 1999, p. 143-153.

ROBINSON Arthur H., FREMLIN Gerald. Relief representation. *Cartographica Monographs*, 1998, 51, p. 55-72.

Histoire de la représentation cartographique des Alpes

ALIPRANDI L., ALIPRANDI G., POMELLA M. *Le Grandi Alpi nella cartografia dei secoli passati 1492-1865*. Ivrea : Priuli & Verlucca, 1974, 469 p.

ALIPRANDI Laura et Giorgio, Le relief des Alpes sur la carte de « Madama Reale » réalisée par le cartographe G. T. Borgonio en 1680. *Images de la montagne*. Paris : Bibliothèque Nationale de France, 1984, p. 95-104.

ALIPRANDI Laura et Giorgio. *La Découverte du Mont-Blanc par les cartographes, 1515-1925*. Turin : Priuli & Verlucca, 2000, 165 p. (Collection : Art dans les Alpes)

BROC Numa. La montagne, la carte et l'alpinisme (1815-1925). In *Images de la montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur*. Paris : Bibliothèque nationale, 1984, p. 111-124.

CARNAC Roger. Durand du Pelvoux. Clermont-Ferrand : De Borée, 2001, 215 p.

COÛTEAUX Michel. La face cachée de Helbronner. *L'Alpe*, 2000, 7, p. 62.

DAINVILLE Père François de. *Le Dauphiné et ses confins vus par l'ingénieur d'Henri IV, Jean de Beins*. Paris : Minard, 1968, 95 p.

DUPUIS Jean-Claude. La carte du Mont-Blanc à 1 :10 000. *Echanger le mensuel – journal interne de l'IGN*, octobre 1990, p. 1-2.

FELDMANN Hans-Uli. Official survey and first national map series of Switzerland, 19th century. In *La cartografia dels països de parla alemanya - Alemanya, Austria i Suïssa, 20-24 de febrer 1995*, 1997, p. 211-220.

SAULE-SORBE Helène dir. *Franz Schrader (1844-1924) : l'homme des paysages rares*. Pau : Pin à crochets, 1997, 2 vol.

SAULE-SORBE Helène. A quoi tient la beauté des montagnes. *L'Alpe*, 2000, 7, p. 75-81

SIESTRUNCK René. Les débuts de la cartographie militaire des Alpes, XVIIe-XIXe siècles. *Hérodote*, 1979, 13, p. 116-126.

SIESTRUNCK René. Tourisme, patriotisme et topographie. In *Cartes et figures de la Terre*, Paris : Centre Georges Pompidou, 1980, p. 345-346.

VAYSSIERE Bruno-Henri. Paul Helbronner, de Genève à Nice, 1900-1938. In *Images de la montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur*. Paris : Bibliothèque nationale, 1984, p. 125-129

Annexe 1. Glossaire des termes techniques.

- Alidade

Toute règle munie d'un dispositif servant à viser et à tracer des directions en la plaçant sur une planchette topographique. La règle de l'alidade porte un biseau, généralement gradué, le long duquel on trace le trait relatif à la direction de l'objet sur lequel on a assuré le pointé. La visée est observée au moyen d'une lunette dans l'*alidade holométrique* et la règle à *éclimètre*, ou par un dispositif à pinnules dans l'*alidade nivelatrice*.

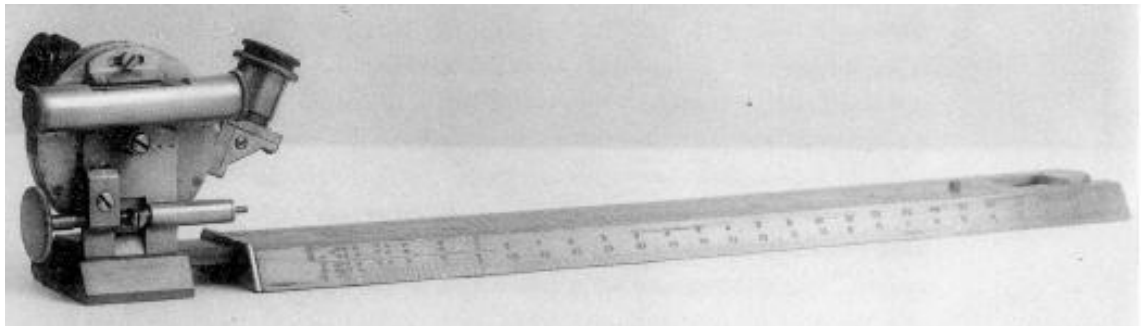


Figure 6 : Règle à éclimètre.

Source Berthaut. La carte de France. T.2. Op. cit.

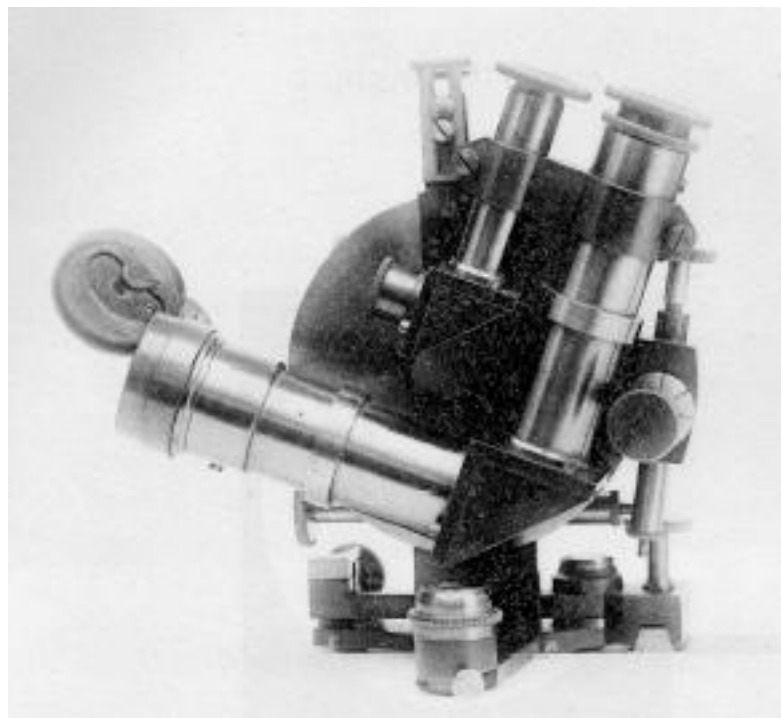


Figure 7 : Alidade holométrique.

Source Berthaut. La carte de France. T.2. Op. cit.

- **Arrachage sur couche** (ou **pelliculage** ; anglais : *strip-mask*)

Procédé de rédaction sur couche pour les planches de teinte. Une couche d'enduit spécial se tannant à la lumière est insolée à travers un masque portant les contours des zones de teinte, généralement un positif de la planche de trait. L'image négative obtenue est ainsi découpée par les contours où le plastique est à nu : la couche d'enduit est alors *arrachée* sur les seules zones de teinte, donnant un négatif qui, une fois transformé en positif, sert de masque pour l'héliogravure directe des planches de teinte. Il est possible d'arracher les zones destinées à rester sans teinte pour obtenir un positif, mais les surfaces de teintes étant généralement moins étendues, le premier procédé est plus économique. (Voir partie 4, chapitre 4.1.2.3)

- **Assemblage**

Opération consistant à établir une *maquette* en assemblant les documents utilisés pour la rédaction cartographique.

- **Azimut**

Angle formé par le méridien magnétique et l'horizontale reliant l'instrument au point visé.

- **Base (géodésique)**

Distance entre deux points, mesurée directement sur le terrain et rattachée par des triangles à un côté de la triangulation de géodésie primordiale, permettant la mise à l'échelle du réseau de triangles et donc la détermination de la position de leur sommet par mesure d'angles.

- **Boussole nivelante** (ou **boussole à éclimètre**)

Instrument combinant une boussole pour la mesure des azimuts et un éclimètre pour la mesure des angles zénithaux.

- **Canevas géodésique** (ou géométrique)

Ensemble des points déterminés par la triangulation.

- **Carte**

D'un point de vue éditoriale, ce terme désigne une production cartographique formant un ensemble cohérent pouvant comporter de nombreux documents, à l'image de la carte de France au 1 : 50 000 qui compte mille cent *feuilles*. (Voir « Historiographie », 2.1.3)

- **Coupure**

D'un point de vue éditoriale, ce terme désigne la sous-division d'une *feuille* pour les besoins de publication à des échelles supérieures. Par exemple, une feuille de la carte de France au 1 : 50 000 est divisée en huit coupures au 1 : 20 000. (Voir « Historiographie », 2.1.3)

- **Courbes maîtresse**

Courbes de niveau spécialement mises en valeur, par une impression en gras ou des indications d'altitudes par exemple, à intervalle régulier, par exemple toutes les cinq courbes (si l'équidistance des courbes de niveau normales est de vingt mètres, celles des courbes maîtresses est alors de cent mètres).

- Crayon lithographique

« Pendant longtemps, la planche d'estompage a été faite au crayon lithographique sur un zinc ayant un grain spécial ; ce grain décomposant naturellement le frottis de crayon en une surface teintée formée d'éléments discontinus, de densité plus ou moins forte suivant l'intensité des ombres, il était possible de reproduire toutes les variations de teinte. »¹⁷³⁵

- Déclinatoire

Boîtier rectangulaire contenant une aiguille aimantée fixé sur une planchette topographique pour la décliner.

- Diapason

Modèle utilisé pour le tracé des hachures normalisées, afin de moduler leur écartement théorique en fonction de l'importance de la pente pour éviter de donner des teintes trop claires ou trop sombres.

- Eclimètre

Instrument permettant la mesure des angles verticaux (parfois qualifiés d'*angle de pente* dans les textes anciens). Par extension, fonction de mesure des angles verticaux dans les instruments complexes comme le théodolite ou le tachéomètre.

- Erreur graphique

1) Ecart entre le report d'un point sur une minute et sa position vraie.

2) Ecart entre une longueur reportée ou mesurée graphiquement sur une minute et la longueur vraie correspondante.

- Estompage photographique

Méthode de réalisation de la planche d'estompage par photographie d'un plan relief. (Voir partie 4, chapitre 4.2.2.1)

- Expédiés (levés)

1) Levés topographiques exécutés avec moins de précision que les levés *réguliers* ou *de détails*, généralement en acceptant une marge d'erreur dans la mise en place des détails supérieure à l'erreur graphique définie pour l'échelle.

2) Dans le cadre des levés de précision dans les Alpes, la méthode expédiée consistait à lever les fonds de vallées avec autant de précision que les levés réguliers, mais à se contenter pour les crêtes et les sommets rocheux de détermination par des intersections à longues distances ou de simples croquis perspectifs. (Voir partie 3, chapitre 2.2.2)

- Faisceaux anharmoniques

Méthode de restitution de photographies aériennes utilisée quand la densité du canevas planimétrique était insuffisante. Elle se basait sur la propriété géométrique de conservation du rapport anharmonique¹⁷³⁶ dans une projection centrale pour placer un point à partir de faisceaux de droites passant par quatre points connus, appelés repères, et le point à placer.

¹⁷³⁵ « Etablissement d'une feuille de la carte de France au 50.000^e en couleurs, type 1922 », Paris, Imprimerie du Service Géographique de l'Armée, 1936, p. 7.

¹⁷³⁶ Si a, b, c, d sont quatre points alignés, le birapport ou rapport anharmonique est égal au quotient des deux rapports de section de c et d sur ab, soit $(ca/cb)/(da/db)$.

Les repères devaient être situés à peu près dans le même plan horizontal, c'est-à-dire à la même altitude.

- Faux-décalque

Impression sur une planche par procédé photographique remplaçant un décalque à la main, et permettant notamment d'assurer un repérage plus précis des planches de couleurs.

- Feuille

D'un point de vue éditoriale, ce terme désigne une unité de l'ensemble formé par une carte, c'est-à-dire ce qui est traditionnellement appelé « carte » au sens physique de l'objet matériel. (Voir « Historiographie... », 2.1.3)

- Filage (des courbes de niveau)

Levé des courbes de niveau par nivellement direct en suivant ces courbes sur le terrain par la détermination de points successifs de même altitude, suffisamment rapprochés et généralement choisis aux endroits où la courbe change de direction afin de pouvoir être reliés sans erreur d'interprétation.

- Galvanoplastie

Procédé permettant de déposer du métal sur un objet par électrolyse dans un liquide contenant des sels métalliques.

- Généralisation

Opération topographique ou cartographique permettant de passer d'un plan (ou d'une carte) à un autre plan (ou une autre carte) à plus petite échelle par allègement du nombre de détails, simplification des tracés, symbolisation plus poussée.

- Goniomètre

Instrument servant à mesurer les angles.

- Glace blanchie (procédé de la)

Procédé de rédaction cartographique sur une glace recouverte d'une solution aqueuse de gomme arabique et de céruse. « Après séchage de la couche et décalque du dessin, on procédait au traçage à l'aide de pointes de grosseurs différentes [...]. On noircissait ensuite la planche par exposition à des vapeurs sulfureuses qui transformaient le carbonate de plomb, blanc, en sulfure de plomb, noir ; on obtenait ainsi un négatif à l'endroit dont on tirait par contact un positif à l'envers prêt pour la copie sur zinc. Ce procédé, rapide et donnant une image d'excellente qualité, n'a cependant jamais été employé que pour les courbes de niveau, et aucun instrument n'a été construit pour le traçage des lignes doubles, cercles et autres figures entrant dans la composition des signes conventionnels »¹⁷³⁷. Utilisé pour le tracé des courbes de niveau de la carte de France type 1900, puis abandonné avec l'adoption du type 1922. (Voir partie 3, chapitre 4.1.3.1)

- Habillage

Ensemble des éléments graphiques extérieures au dessin topographiques lui-même : titre, cadre, échelle, légende, tableaux d'assemblage, cartouches, etc.

¹⁷³⁷ ALINHAC Georges, *Cartographie théorique et technique. Deuxième fascicule : Méthodes générales de rédaction cartographique.*, Paris, Institut Géographique National, avril 1962, p. 80.

- Héliogravure

Gravure en creux d'une planche de zinc par morsure avec une solution d'acide des parties dénudée après une insolation à travers un cliché photographique. (Voir encadré 3, partie 2, chapitre 3.1.3.2)

- Inactinique (ou non photogénique)

Dont l'action chimique, en particulier sur les surfaces sensibles, est insignifiante. En rédaction cartographique, se dit d'une couleur réfléchissant ou laissant traverser à peu près autant de rayons actifs que le support, et disparaissant donc à la photographie ou à la copie. Elle permet ainsi de travailler sur un tirage disposant d'un fond topographique qui ne sera pas reproduit lors de la photographie.

- Intersection

Procédé permettant la détermination des coordonnées rectangulaires d'un point non stationné, à partir d'au moins deux visées se recoupant, dites « visées d'intersection ». (Voir partie 1, chapitre 1.2.2.2)

- Lavis

Encre de Chine plus ou moins coupé d'eau. Cette technique était notamment utilisé pour les planches d'estompage, obtenue par un dessin au lavis sur un fond orohydrographique portant en bleu actinique l'hydrographie et les courbes de niveau.

- Levé topographique

Ensemble des opérations topographiques destinées à recueillir sur le terrain les éléments nécessaire à l'établissement d'un plan ou d'une carte.

- Limbe

Bord gradué du cercle d'un instrument de mesure.

- Maquette

Voir Assemblage.

- Masque lithographique

Dans les procédés de reproduction photomécanique, cliché photographique à travers lequel une planche de métal est insolée afin de reproduire le dessin qu'il porte sur celle-ci.

- Masque sur astralon

Procédé similaire au masque lithographique utilisé pour établir des planches de teinte, à la place du procédé plus ancien de la réserve à la gomme. Pour chaque signe conventionnel, un masque est établi avec une trame spécifique, à l'échelle de rédaction et à l'envers, sur des feuilles d'astralon portant en bleu actinique l'impression repérée des planches de noir et de bleu¹⁷³⁸. Le tracé des trames suivait ainsi les limites des zones de teinte dessinées sur la planche de trait, qui restait elle sur papier Rives. Il était reproduit par métallographie directe et successive de chaque masque sur une même planche de zinc. Même si elle nécessitait d'attendre que les planches de noir et de bleu soient terminées, cette méthode s'avérait plus souple et plus rapide que la réserve à la gomme, à la fois parce qu'elle pouvait être utilisée

¹⁷³⁸ ALINHAC Georges, *Rédaction cartographique. Deuxième fascicule : Techniques appliquées.*, Paris, I.G.N., janvier 1955, p. 53.

pour des cartes qui n'étaient pas rédigées directement d'après des levés, et à la fois parce qu'elle facilitait singulièrement les corrections. (Voir partie 4, chapitre 4.1.2.2)

- Métrophotographie.

Voir photogrammétrie.

- Minute

Le terme « minute » désigne l'original d'un levé, c'est-à-dire la feuille de papier (puis de matière plastique à partir des années cinquantes) sur laquelle sont tracés sur le terrain (ou au moment de la restitution) les éléments nécessaires à la construction de la représentation du terrain et la représentation elle-même.

- Mise à jour

Opération d'entretien d'une feuille qui consiste à *actualiser* les informations planimétriques contenues sans modifier le fonds topographique lui-même.

- Mise au net

Opération consistant à passer à l'encre le dessin au crayon figurant sur la minute (il ne s'agit pas de la rédaction cartographique, seulement de la clarification de la minute sur laquelle demeurent parfois des traces de construction par exemple).

- Orthophotographie

Technique d'obtention des orthophotoplans.

- Orthophotoplan

Image photographique complète du terrain, obtenue par transformation d'une perspective conique oblique (photographie aérienne) en une projection cylindrique verticale à une échelle définie, afin de la rendre superposable à un plan et donc de permettre des mesures.

- Papier armé, ou papier invar

« Support constitué d'une feuille d'aluminium collée entre deux feuilles de papier fort, qu'on emploie notamment pour l'établissement des minutes et stéréominutes. »¹⁷³⁹ (Voir Zinc habillé)

- Papier Rives

Un papier « très blanc, très homogène, assez mince, à grain très serré, et qui ne peluche pas », permettant « un travail très fin, aussi bien au tire-ligne qu'à la plume », mais difficile à corriger car se grattant mal¹⁷⁴⁰.

- Pelliculage

Voir Arrachage sur couche.

- Photogrammétrie

¹⁷³⁹ ALINHAC Georges, *Rédaction cartographique. Premier fascicule : Eléments de base et techniques générales*, Paris, I.G.N., octobre 1954, p. 84.

¹⁷⁴⁰ ALINHAC Georges, *Rédaction cartographique. Premier fascicule : Eléments de base et techniques générales*, Paris, I.G.N., octobre 1954, p. 83.

Technique permettant de déterminer les dimensions, les positions et la forme d'objet à partir de clichés photographiques pris dans des chambres métriques. Utilisée en topographie pour lever le terrain à partir de photographies (généralement stéréoscopiques) terrestres ou aériennes. (Voir partie 3, chapitre 3)

- Photographie tramée

Procédé de photographie consistant en « l'interposition entre l'objectif et la plaque sensible d'un réseau appelé "trame" qui transforme automatiquement les teintes dégradées en points de différentes grandeurs, les plus fins correspondant aux parties les mieux éclairées et les plus gros aux parties les plus sombres. Vues à distance les surfaces ainsi ponctuées apparaissent continues »¹⁷⁴¹.

Utilisé pour la réalisation de la planche d'estompage : l'estompage est d'abord établi en lavis au pinceau sur une épreuve en bleu non photogénique comportant l'orographie et l'hydrographie, puis le modèle est reproduit par photographie tramée, traitée de façon à dégager les blancs de toute trace de trame, puis reporté sur zinc par héliogravure, donnant ainsi une planche de tirage.

- Phototopographie

Voir photogrammétrie.

- Pinnules

Plaques percées de trous placées aux extrémités d'une alidade pour servir aux visées topographiques.

- Planchette topographique

Planche à dessin montée sur un trépied, sur laquelle on fixe une mappe comportant la minute de levé ou la stéréominute à compléter ou à réviser.

- Planchette déclinée

Méthode de levé topographique dans laquelle le levé s'effectue sur une planchette constamment déclinée, c'est-à-dire orientée par rapport au nord magnétique par l'emploi d'un déclinatoire, boîtier rectangulaire contenant une aiguille aimantée fixé sur la planchette.

- Polycentrique (projection)

« Système de projection [...] dans lequel chaque feuille est la projection, réduite à l'échelle, du terrain sur le plan tangent au sphéroïde, mené par le centre de cette feuille »¹⁷⁴². (Voir partie 3, chapitre 4.1.1.2)

- Quart de cercle

« Sorte de graphomètre dont le limbe était réduit à 90 ou 100 degrés, quelquefois 110, au lieu de 180 ; ce qui permettait, sans augmenter le poids et les dimensions totales de

¹⁷⁴¹ « Etablissement d'une feuille de la carte de France au 50.000^e en couleurs, type 1922 », Paris, Imprimerie du Service Géographique de l'Armée, 1936, p. 7.

¹⁷⁴² VALLOT Henri, « Troisième note sur la carte au 20.000^e du Massif du Mont-Blanc », *Annales du Club Alpin Français*, 30, 1903, p. 386.

l'instrument, de doubler le rayon du cercle, de manière à obtenir une approximation plus grande dans la lecture des angles »¹⁷⁴³. (Voir partie 1, chapitre 1.1.1.2)

· Rayonnement planimétrique

Opération qui consiste à déterminer la position planimétrique d'un point M à partir d'un point A connu en position et en altitude, par la mesure d'un angle et d'une distance AM réduite à l'horizon. Le rayonnement direct s'effectue à partir du point connu, le rayonnement indirect à partir du point à déterminer.

· Réciproque

Mesure effectuée d'un premier sommet en visant un deuxième, puis réciproquement du deuxième sommet en visant le premier.

· Réduction à l'horizon

Opération délicate que nécessitait l'emploi des anciens instruments géodésiques (graphomètre, quart de cercle) quand la mesure de l'angle azimutal se faisait avec un cercle trop incliné à cause de la différence d'altitude entre les points visés. Le théodolite fut spécialement développé pour la rendre inutile. (Voir partie 1, chapitre 1.4.3.2)

· Réfection

Opération d'entretien d'une carte qui consiste à effectuer de nouveaux levés et une nouvelle rédaction d'une feuille, c'est-à-dire d'en publier une version *entièrement* nouvelle.

· Réitération

Méthode consistant à effectuer plusieurs mesures indépendantes d'un même angle, à partir de traits équidistants sur le limbe. (Voir partie 2, chapitre 4.2.2.1)

· Relèvement

Procédé de détermination graphique de la position et de l'altitude d'un point par le tracé sur la minute des directions indiquées par l'alidade, à partir de quatre points d'appui.

· Répétition

Méthode consistant à porter plusieurs fois la mesure d'un angle sur le limbe, puis à calculer la valeur de l'angle par la division de la mesure finale par le nombre de répétition. (Voir partie 1, chapitre 1.4.3.2)

· Report (tirage en)

Méthode évitant le dessin à l'envers sur les planches destinées à la reproduction, par l'utilisation d'un papier report sur lequel le dessin est effectué à l'endroit dans une encre chimique, puis transférer sur la planche de pierre ou de zinc. (Voir partie 2, chapitre 3.1.3)

· Réserve à la gomme

Procédé d'établissement des signes de végétation. Sur un faux-décalque (généralement en zinc), le graveur trace légèrement à la pointe les contours des zones qui doivent comporter le signe, puis il recouvre la planche d'une couche de gomme protectrice, en réservant seulement les parties où doit figurer le signe. L'imprimeur tire une épreuve à report de la planche dite *de poncifs*, entièrement couverte par les signes, et décalque cette épreuve sur

¹⁷⁴³ BERTHAUT Colonel, *La Carte de France, op. cit.*, tome 1, p. 8.

la planche préparée à la gomme. Celle-ci est ensuite lavée : la gomme est dissoute et le décalque ne subsiste que dans les parties qui ont été réservées¹⁷⁴⁴.

- Restitution

Ensemble d'opérations permettant de déterminer les coordonnées géographiques de points à partir d'observations et de mesures sur plusieurs clichés photographiques.

- Réticule

Monture perpendiculaire à l'axe de visée d'un instrument optique, portant un système de traits orthogonaux gravés généralement sur une plaque de verre.

- Révision

Opération d'entretien de la carte qui consiste à *actualiser* le fond topographique et l'image cartographique d'une feuille, de façon plus ou moins poussée, à partir d'informations révisées provenant de nouveaux levés, d'une révision sur le terrain ou de diverses sources indirectes (données administratives, cartes étrangères, etc.).

- Rocher à l'effet

Procédé de représentation des zones rocheuses fortement déclives par un dessin perspectif en *projection horizontale*, reproduisant la structure particulière du rocher. (Voir partie 3, chapitre 4.2)

- Stadia

Instrument de mesure des distances, formé d'une mire graduée, observée par un instrument d'optique muni d'un réticule.

- Stéréominute

Minute obtenue par restitution de clichés stéréotopographiques.

- Stéréophotographie

Procédé de photographie dans lequel deux vues jumelées sont prises avec la même orientation depuis les extrémités d'une base, permettant d'obtenir une impression de relief lors de leur observation simultanée avec un binoculaire.

- Tachéomètre

Théodolite à deux cercles dont le cercle horizontal est muni d'un déclinatoire pour pouvoir l'orienter, et le cercle vertical d'une lunette stadimétrique.

¹⁷⁴⁴ « Etablissement d'une feuille de la carte de France au 50.000^e en couleurs, type 1922 », Paris, Imprimerie du Service Géographique de l'Armée, 1936, p. 6.

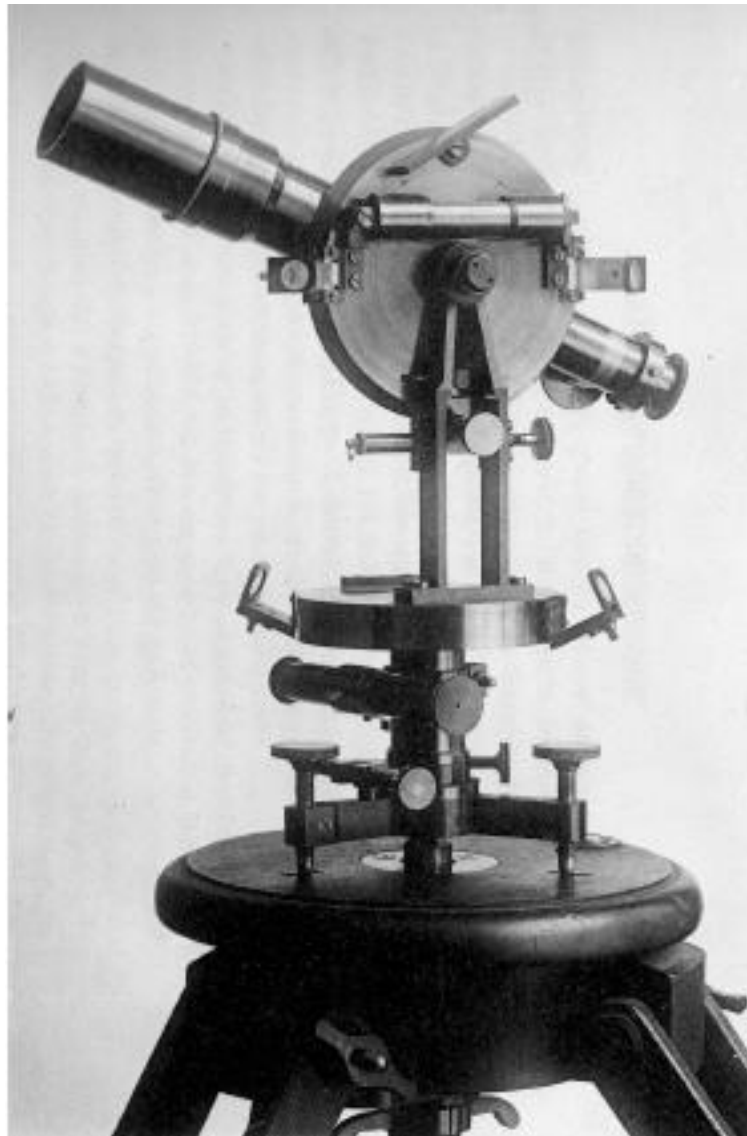


Figure 8 : Tachéomètre Goulier.

Source Berthaut. La carte de France. T.2. Op. cit.

- Taille-douce

Procédé de gravure en creux, avec des pointes à l'eau-forte, des points sèches ou des burins. Désigne spécialement la gravure sur cuivre au burin et le tirage effectué à partir de la planche ainsi gravée.

- Théodolite

Instrument de géodésie et de topométrie permettant la mesure des angles azimutaux sans réduction à l'horizon. Constitué d'une lunette et d'un (pour les premiers modèles) ou deux cercles gradués : un cercle horizontal pour mesurer les angles azimutaux, et un cercle vertical pour mesurer des angles verticaux. (Voir partie 1, chapitre 1.4.3.3)

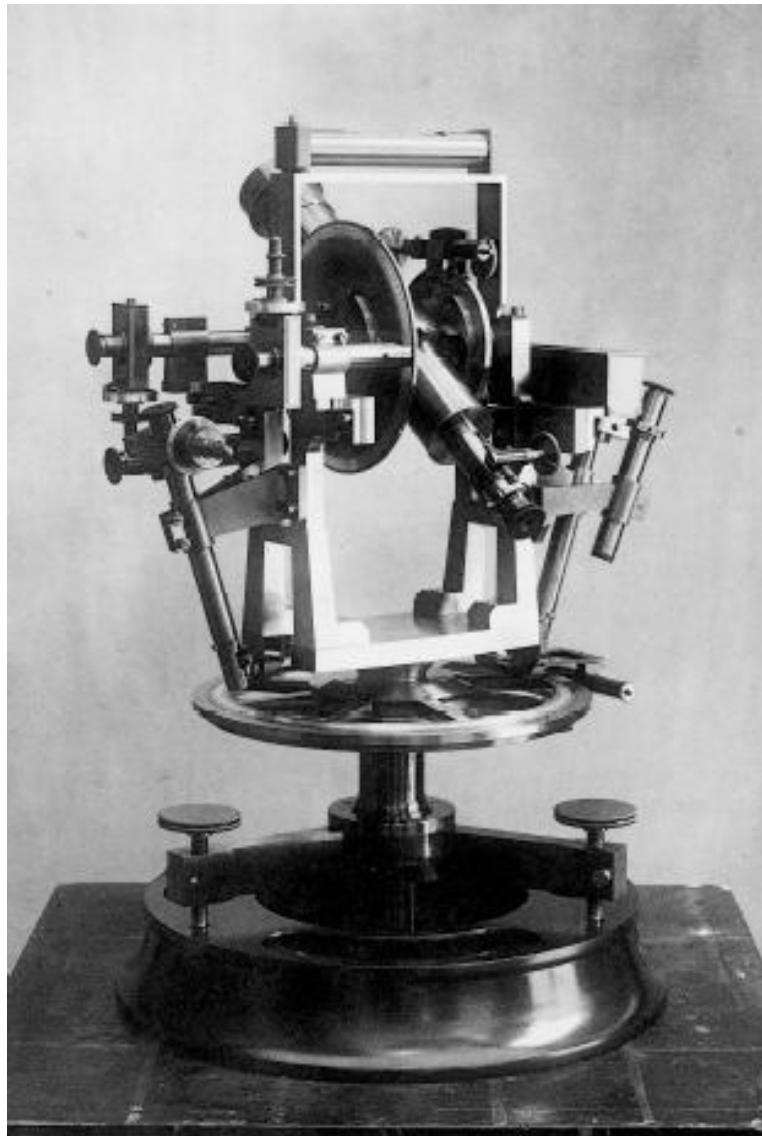


Figure 9 : Théodolite réitérateur du SGA.

Source Berthaut. La carte de France. T.2. Op. cit.

- **Tracé sur couche (anglais : *scribing-mask*)**

Procédé de rédaction cartographique dérivé du procédé de la glace blanchie. « [II] consiste à dégager les traits à l'outil sur une glace ou une feuille plastique préalablement recouverte d'un enduit spécial appelé couche à tracer. On obtient ainsi, directement, un faux cliché négatif à l'échelle de publication »¹⁷⁴⁵. (Voir partie 4, chapitre 4.1.2.3)

- **Triangulation**

La triangulation est l'ensemble des opérations permettant de déterminer la position d'un système de points formant un *canevas géométrique*, par la détermination des triangles dont ils sont les sommets, à partir d'une base mesurée sur le terrain et de mesures angulaires. (Voir partie 1, chapitre 1.1)

¹⁷⁴⁵ ALINHAC Georges, *Cartographie théorique et technique. Deuxième fascicule : Méthodes générales de rédaction cartographique.*, Paris, Institut Géographique National, avril 1962, p. 80.

- Vertical (angle)

Voir zénithal.

- Zénithal (angle ou distance)

Angle mesuré entre deux directions situées dans le même plan vertical.

- Zinc habillé

Papier collé sur une feuille de zinc pour éviter les déformations dues aux variations du degré hygrométrique, et contrecollé à l'envers avec une feuille de papier ordinaire pour éviter une courbure du zinc liée au travail du papier. Utilisé pour le dessin cartographique. (Voir Papier armé)

Annexe 2. Reproductions.

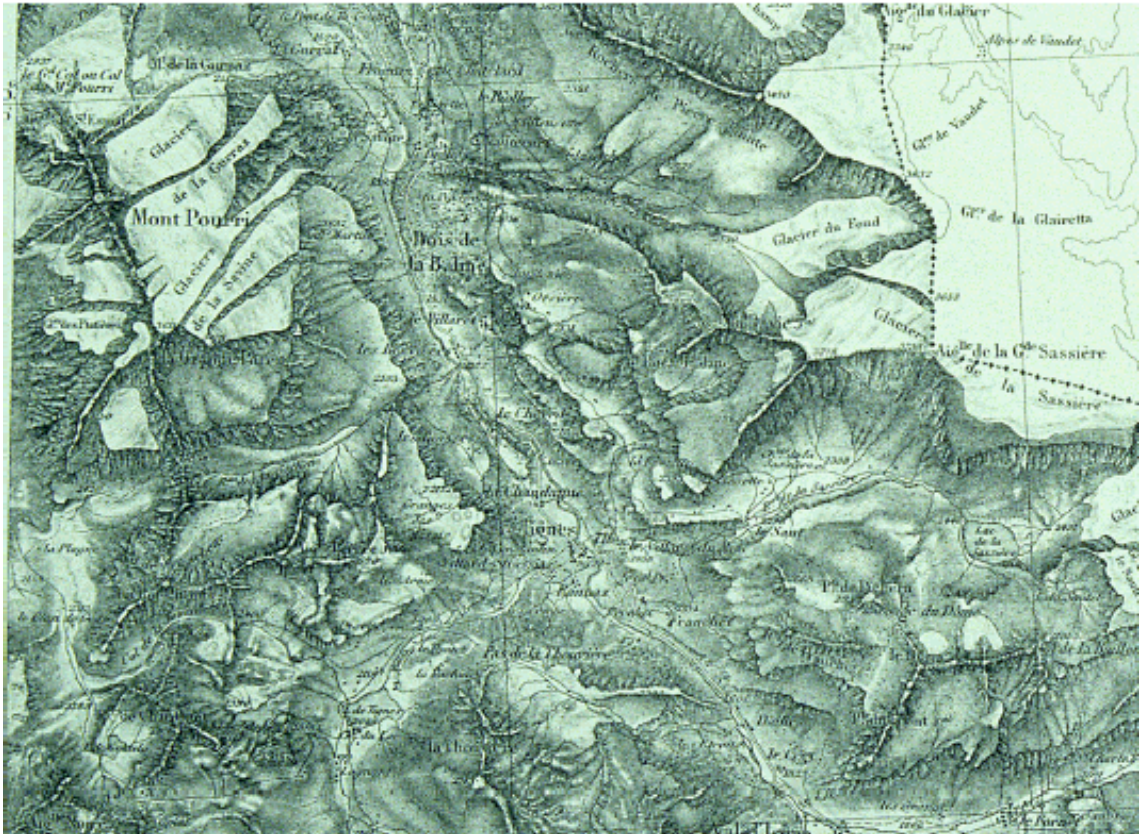


Figure 10 : Détail de la feuille Tignes SO, amplification au 1 : 50 000 de la carte d'état-major.



Figure 11 : Détail de la feuille Argentière, carte Vallot du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000.



Figure 12 : Détail de la feuille Tignes (1911), carte de France au 1 : 50 000 type 1900.

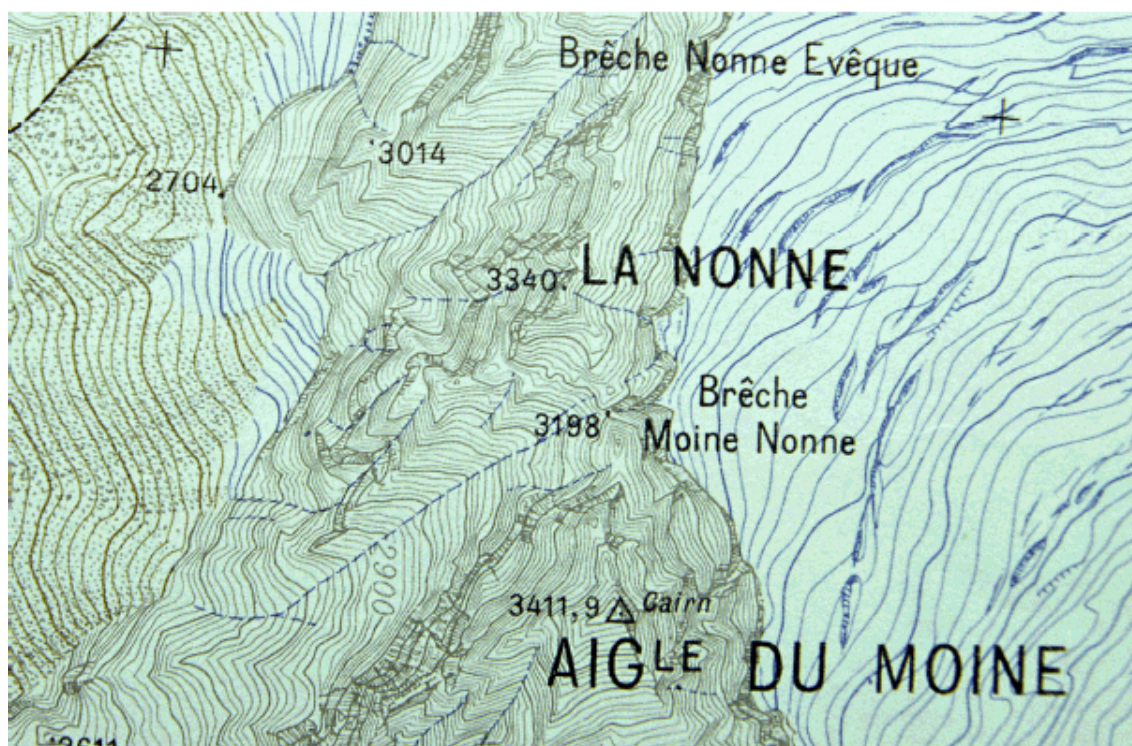


Figure 13 : Détail de la feuille Chamonix 5-6 (1959), carte de France au 1 : 20 000.



Figure 14 : Détail de la feuille Mont Blanc 1-2 (1958), carte de France au 1 : 20 000.

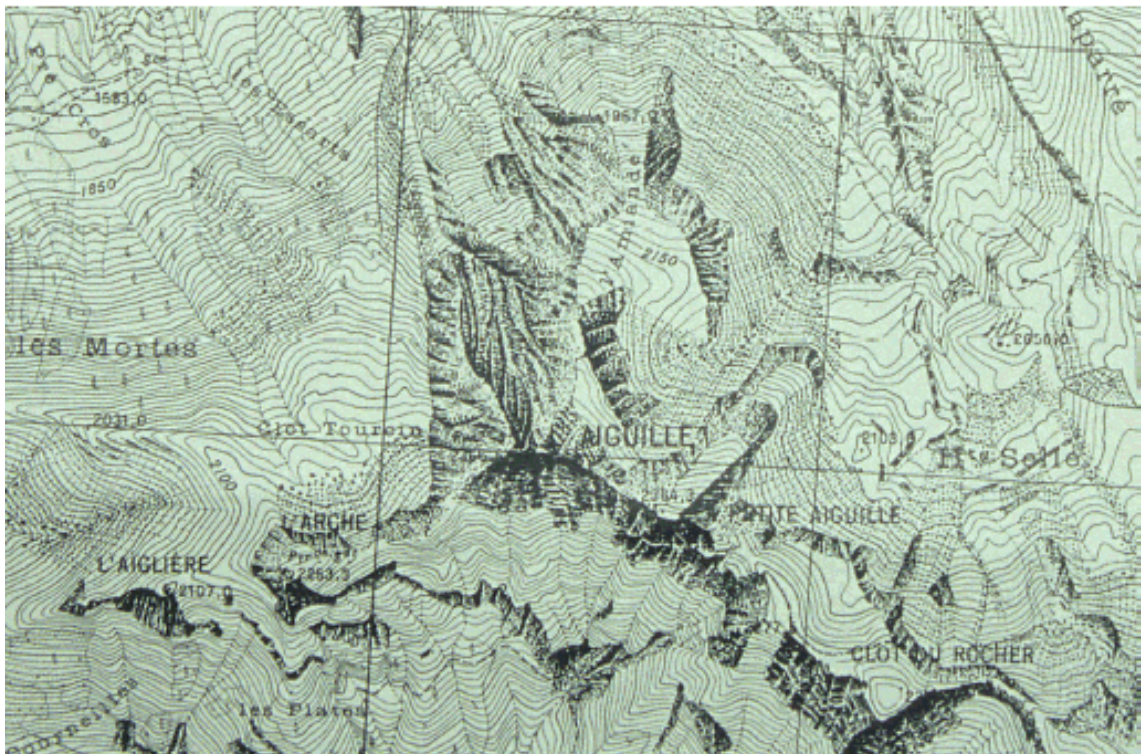


Figure 15 : Détail de la feuille Chorges 1-2 (1939), plans directeurs au 1 : 20 000.



Figure 16 : Détail de la feuille Chorges 1-2 (1956), carte de France au 1 : 20 000.

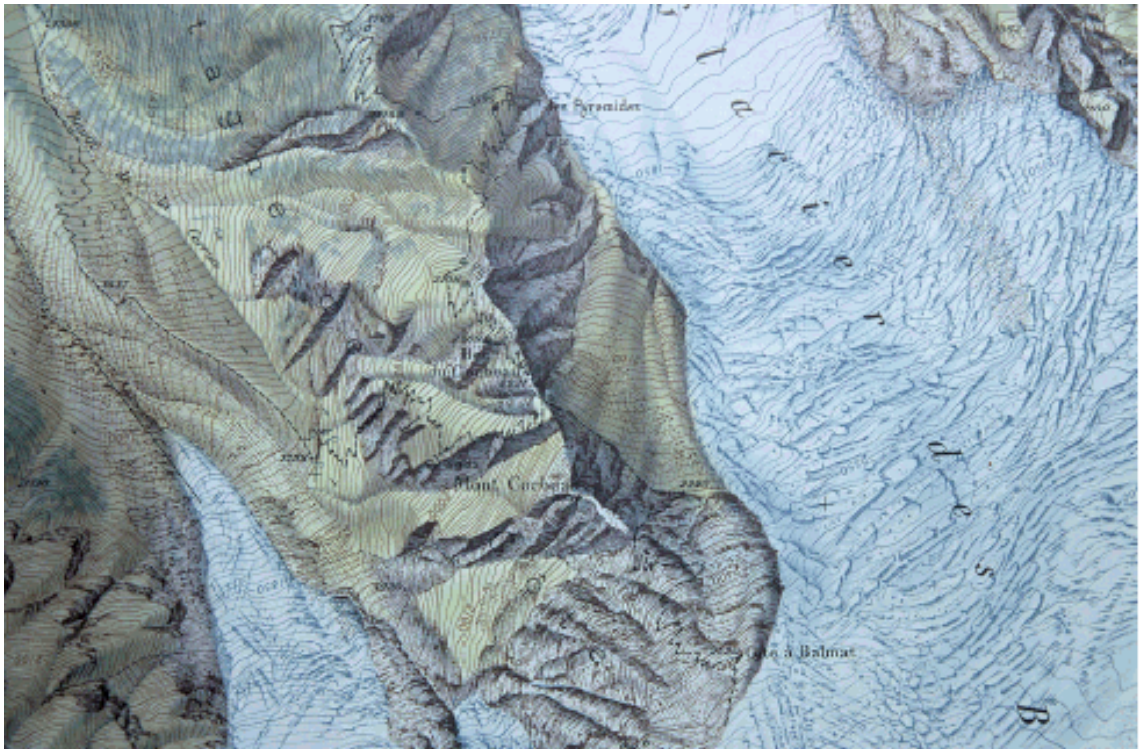


Figure 17 : Détail de la feuille Aiguille du Midi (1952),
carte du massif du Mont Blanc au 1 : 10 000 de l'IGN.



Figure 18 : Détail de l'édition spéciale Massif
du Mont Blanc (1973) au 1 : 25 000 de l'IGN.

Annexe 3. Structure de la base de données informatisées.

Cette annexe présente le schéma logique Entité / Association de ma base de données, sa traduction en schéma relationnel, et le détail des commandes SQL créant la base.

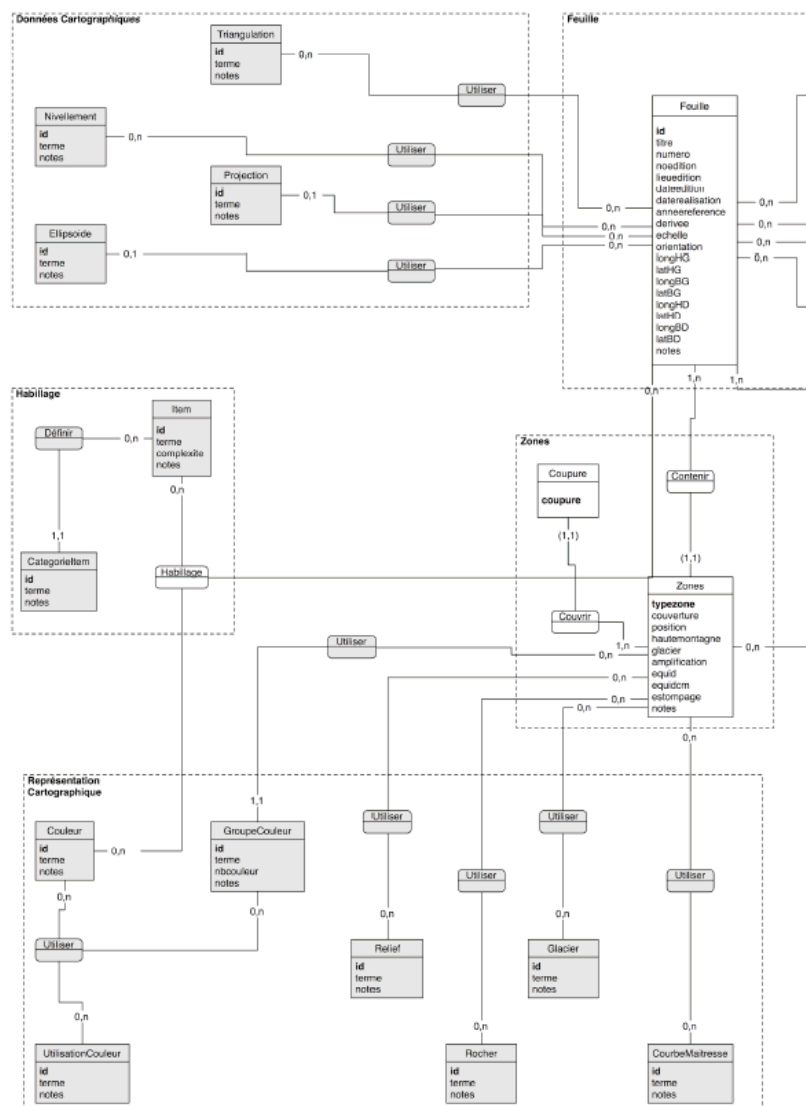


Figure 19 : Schéma Entité / Association

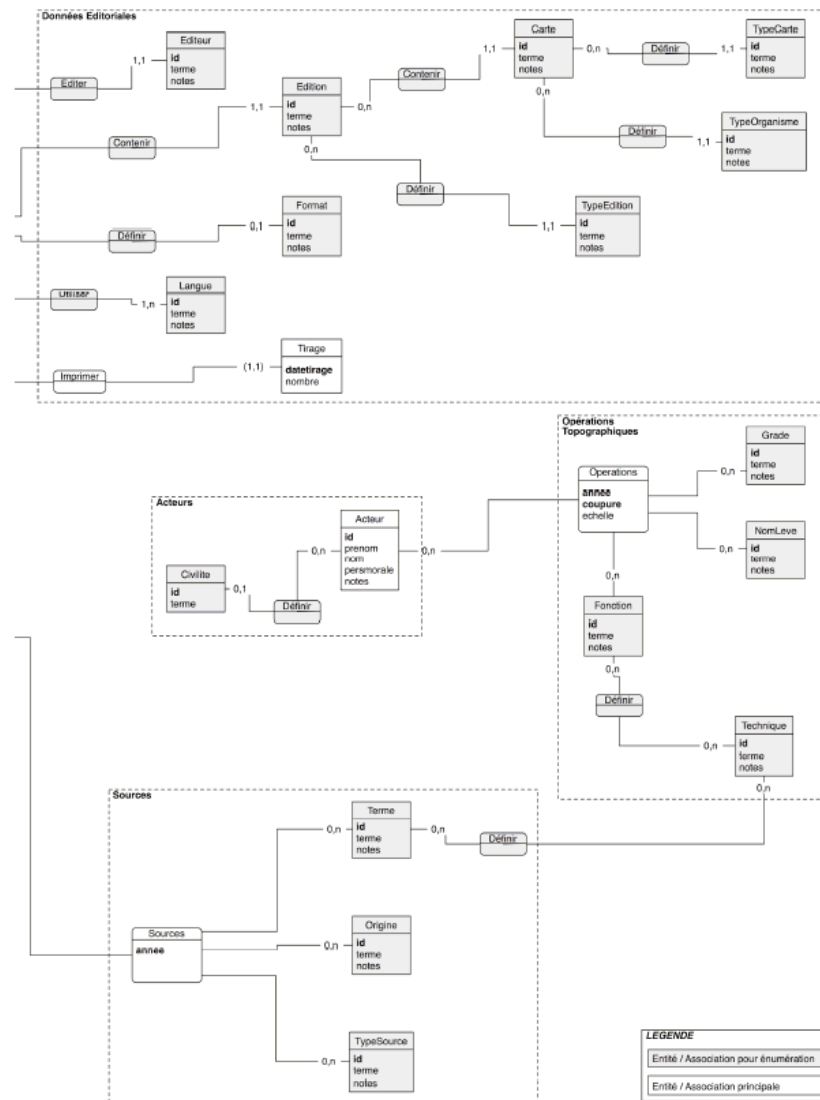


Figure 20 : Schéma relationnel.

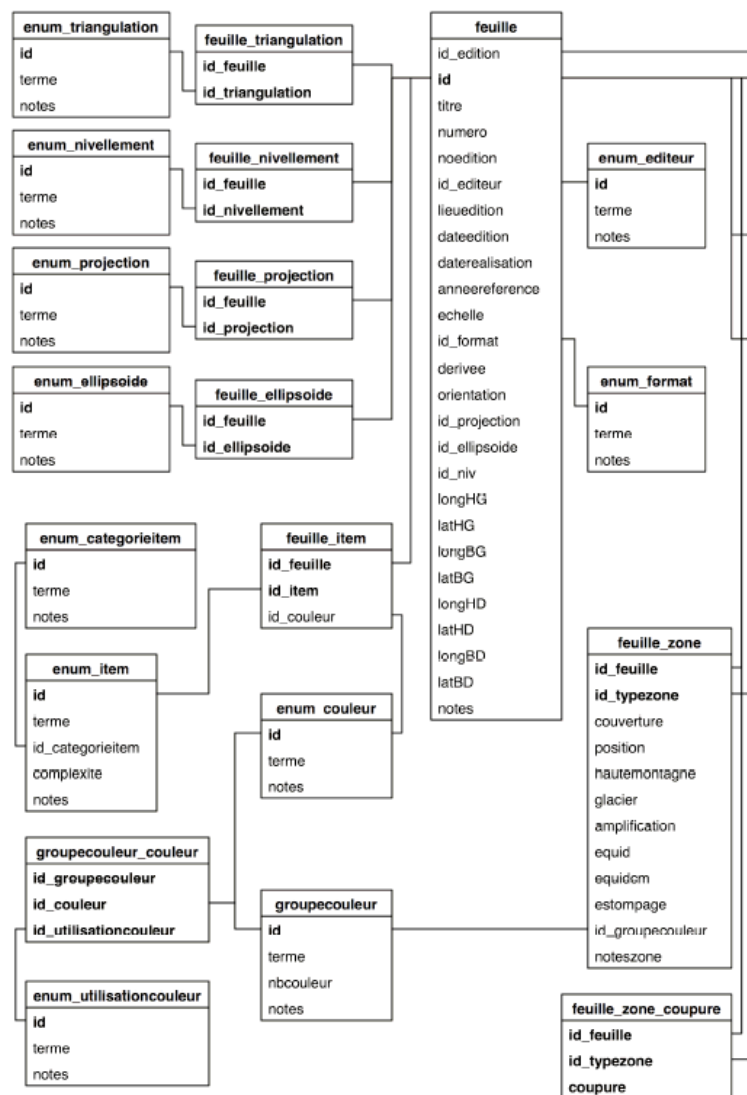
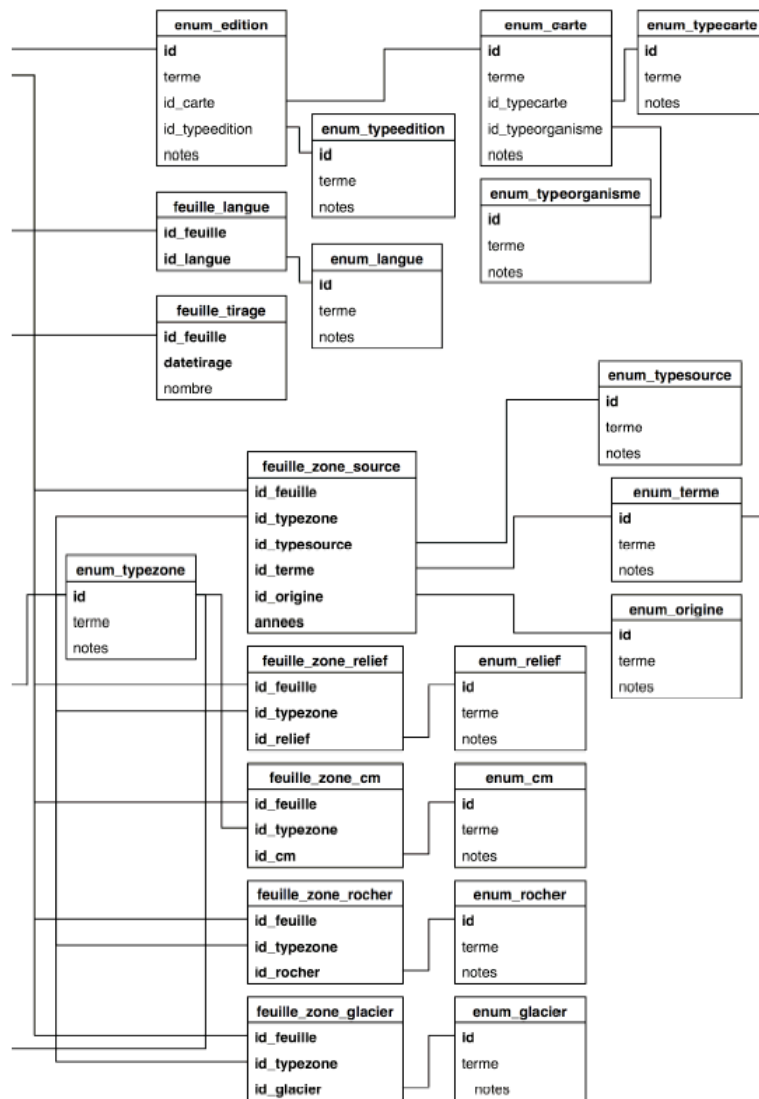
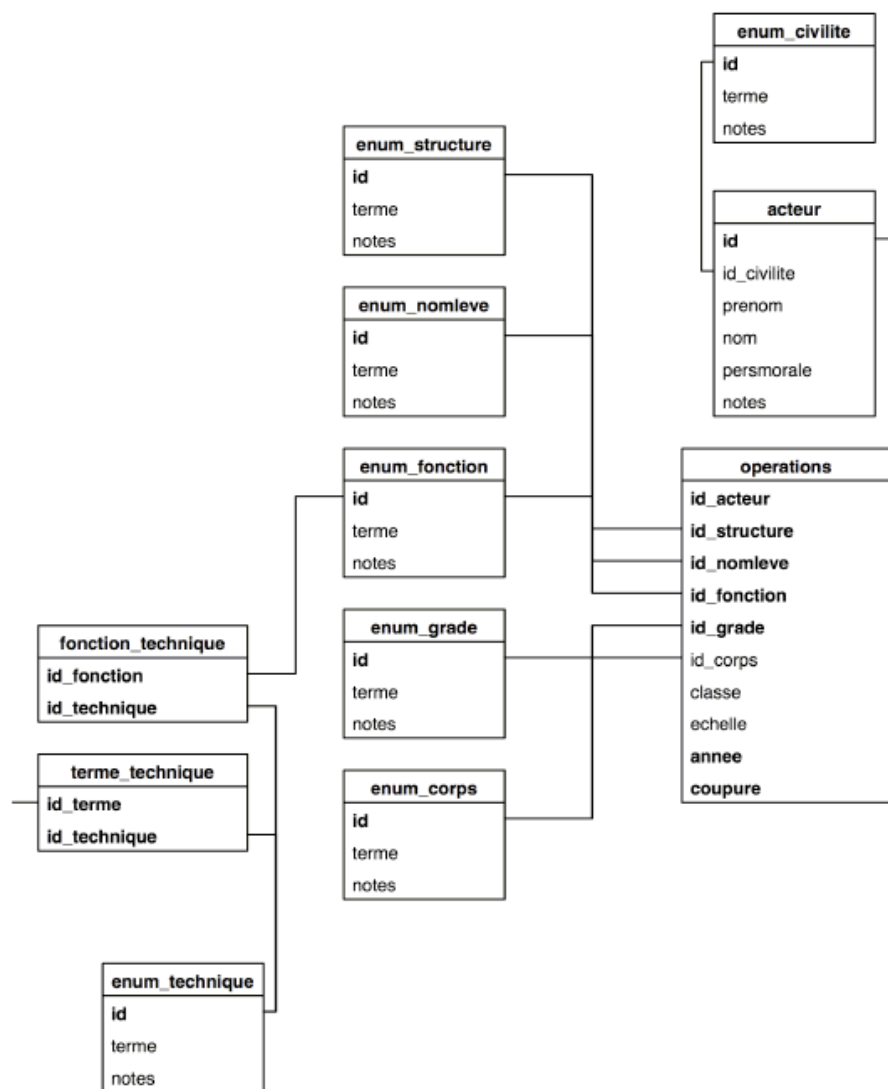


Figure 20 : Schéma relationnel.

Annexe 3. Structure de la base de données informatisées.





Commandes SQL de création de la base de données.

[guilhot_n_code_php.pdf](#)

Annexe 4. Code PHP des fonctions de cartographie automatique.

[guilhot_n_commandes_sql.pdf](#)

Annexe 5. Sigles et abréviations.

CAF	Club Alpin Français
CAI	Club alpino italiano
CAS	Club Alpin Suisse
CDPA	Centre de documentation de photographie aérienne
DAV	Deutscher Alpenverein
DÖAV	Deutscher Österreichischer Alpenverein
Exp. IGN	Exposé des travaux (<i>IGN</i>)
ENSG	Ecole nationale des sciences géographiques
GCT	Groupe de canevas de tir
GEP	Groupe des escadrilles photographiques (<i>IGN</i>)
IGM	Istituto geografico militare (<i>italien</i>)
IGN	Institut géographique national
ÖAV	Österreichischer Alpenverein
PV Com. Topo.	Procès-verbaux des séances de la Commission de topographie du Club alpin français
Rapp. IGN	Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national
Rapp. 4 ^e dir. IGN	Institut géographique national, 4 ^{ème} direction. Rapport sur les travaux exécutées au cours de l'année...
Rapp. SGA	Cahiers du Service géographique de l'armée. Rapport sur les travaux exécutés en ...
SAA	Service des activités aériennes (<i>IGN</i>)
SGA	Service géographique de l'armée
SHAT	Service historique de l'armée de terre
SOM	Société d'optique et de mécanique de haute précision
STF	Service topographique fédéral (<i>suisse</i>)
USGS	United states geological survey

Index des noms de personnes.

- Achin, 126
- Adams-Reilly, 338, 341, 342, 343, 345, 348, 349, 350, 351, 353, 360, 364, 416, 921
- Agassiz, 307, 308, 312
- Alinhac, 103, 131, 140, 152, 674, 885, 886, 891, 895, 910, 914, 918, 941, 952
- Aliprandi, 345
- Allix, 316
- Anaximandre, 38
- Arago, 425, 612, 768
- Arçon (d'), 133, 136, 137
- Aristote, 611
- Arlaut, 298
- Attinger, 324, 328, 1038
- Auradé, 861
- Baby, 920
- Bacler d'Albe, 138, 148, 149, 151, 152, 166, 180, 185, 186, 300
- Bagley, 772
- Bagrow, 41, 42, 43, 45, 46, 52, 53
- Bailly, 296
- Ball, 258
- Balmat, 322, 325
- Barbey, 340, 543
- Barrère, 374, 517, 527, 528, 534, 550, 551, 554, 593, 652, 812, 1004, 1005, 1008, 1009, 1016, 1018, 1020
- Barthes, 47
- Bartz, 46, 1032
- Bassot, 425, 426, 458, 661, 669
- Batavus, 114
- Batut, 769, 786
- Batz, 47, 1032
- Baudry, 317, 339, 1007, 1024
- Baulig, 316
- Bausch, 855
- Beaumont, 300
- Beautemps-Beaupré, 611
- Beins, 130, 131, 1040

- Belleyme, 125
- Belloc, 360, 532
- Bellot, 435, 436, 568, 569, 602, 679, 702, 717, 720, 739, 749, 750, 780, 790, 798, 806, 815, 816, 817, 825, 840, 9
- Belyea, 56, 58
- Béraldi, 248, 253, 256, 257, 259, 261, 262, 357, 359
- Berget, 619, 620, 621, 775
- Bernadin, 297, 1038
- Bernard, 113, 316, 547, 1027, 1034, 1038
- Berthaut, 103, 131, 140, 151, 152, 153, 157, 176, 177, 194, 195, 208, 209, 216, 244, 260, 278, 279, 318, 381, 38
- Berthier, 133, 137, 178
- Billot, 386
- Billy, 330
- Biot, 425
- Birache, 143
- Biskra, 388
- Blache, 315, 316, 1026, 1038
- Blakemore, 47, 52
- Blanchard, 316, 600, 1027, 1035
- Blondel, 188, 413
- Blottière, 135
- Bobynet, 115
- Boell, 553, 554
- Boileau, 329
- Bonaparte, 138, 163, 180, 181, 183, 284, 540, 563, 983
- Bonington, 324, 325
- Bonne, 142, 146, 156, 166, 168, 169, 171, 173, 183, 186, 214, 229, 230, 231, 232, 234, 235, 237, 238, 239, 240,
- Borda, 153, 155, 156, 157, 204, 251
- Bordier, 306, 308
- Borgonio, 21, 1040
- Borson, 269, 270, 273, 274, 281, 282, 284, 286, 341, 396, 416
- Bouasse, 620, 621
- Bougard, 801
- Bouguer, 140, 142
- Boulanger, 303
- Bourcet, 136
- Bourdalouë, 423, 452, 453, 454, 466
- Bourgeois, 429, 432, 433, 435, 513, 516, 532, 540, 559, 560, 562, 602, 608, 786, 790
- Bourrit, 299, 310, 321, 322, 325, 363
- Boutin, 125

-
- Brégeault,365,374,629
 - Bregnot,388
 - Bret,142,166,177,189,191,1035
 - Broc,296,359,535,537,539,545
 - Brossée,544
 - Brosset,445,532
 - Brossier,167,168,171,184,192,249,265,386,667
 - Brousseau,204,250
 - Brown,42,337,1006,1011
 - Bruegel,296
 - Brun,554,1009
 - Brunner,457,461
 - Buache,301,314
 - Buffon,301,306
 - Bugnot,206,384,385,388,423
 - Buisson,537,542,546,550
 - Burnet,301
 - Capetownl,640
 - Carlier,771,777,799
 - Cassaigne,590
 - Cassier,593
 - Cassini,19,24,30,110,116,117,119,120,121,122,123,124,125,126,128,133,134,136,137,138,139,141,14
 - Cassini: Cassini de Thury,120,121,122,125,151,162
 - Certeau,768
 - Chabassier,861
 - Chappart,32,68,493,987
 - Charlet,593,594
 - Chrestien,230
 - Clarke,184,425,456,596,597,665
 - Clerc,565,771,776,778,781,788
 - Colbert,19,115,116,117,118,119,120,122,380
 - Colson,731
 - Coolidge,327,329,352
 - Coraboeuf,212,213,251,265
 - Corbin,375
 - Cosquin,280
 - Coulon,577,590,593,646,779
 - Coutagne,547
 - Coûteaux,540

- Crone,42,51
- Cruset,853,855
- Cuenin,902,960
- Cunningham,307
- Cuvier,303
- Dahl,46
- Dainville,49
- Dale,313,1028
- Danfrie,114,150
- Daniel,48,297,324,809,873,881,1032,1038
- David,26,37,38,47,49,51,52,53,57,60,69,71,307,308,310,311,590,593,634,1006,1011,1021,1025,10
- Davis,302,313,314,315,1026
- Dawson,42,43,1029
- Debarbieux,316
- Delachaux,324,1038
- Delambre,142,155,163,168,204,208,424,425
- Delcassé,429
- Delcros,259
- Delisle,121
- Deluc,320,321
- Demarçay,196,197
- Denaix,167,314
- Derrécagaix,386
- Derrida,54,56,57,1033
- Desmarest,303
- Desprez,234,235
- Devies,694,952
- Deville,632,638,639,700
- Doin,770,1021
- Doire,342
- Dübi,694
- Dufour,680
- Duhamel,339,344,349,351,352,514,521,522,525,554,565,1009
- Dupont,181,191
- Dupuis,32,68
- Durand,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,272,326,327,464,594,1020,1040
- Duranthon,103,121,881
- Dürer,296
- Durier,285,344

- Dussert,779
- Duvotenay,280
- Eckert,42
- Eco,47
- Edgerton,634
- Eiffel,343
- Engelbach,517,547,637
- Erhard,535,549
- Euclide,112,611
- Flamsteed,142,143,169
- Flusin,542,543,637
- Forbes,306,307,308,310,311,336,337,340,341,342,343,344,348,349,350,353,360,366,375,1038
- Forhdam,41
- Fortin,809,861
- Foucault,54,55,56,57,102,1033
- Fraser,46,1032
- Frossard,731
- Gaillard,517,533,554,600,1004
- Gallus-Ferber,807,809
- Gendre,566,652,702
- Gentil,516,543
- Geoffrey,43,314,1027,1029
- Girardin,514,517,519,534,547,699
- Giscard d'Estaing,762
- Godefroy,517,523,533,560
- Goethe,312,323
- Goulier,15,360,363,373,441,442,446,448,449,450,455,477,485,507,527,532,564,585,599,627,631,651
- Gourdon,360
- Grout,780
- Gruyter,42,1029,1039
- Guéret,458
- Guettard,302
- Guillemin,339
- Guilleminot,173,214,233
- Hack,302,1027,1028,1038
- Hackert,299
- Harley,28,37,39,42,43,47,52,53,54,55,56,58,59,60,102,109,126,127,470,563,978,979,980,1030,1031,1032
- Harvey,57
- Haxo,144,168,441

- Heïd,637,812,813
- Helbronner,262,367,369,459,463,466,513,517,521,522,523,526,529,532,533,535,537,538,539,540,
- Hérodote,38,1040
- Hoïbian,320,328,332,333,334,514,979
- Hooke,611
- Hossard,188,239,241,251,252,264,265,279
- Hubel,593
- Hübl,640
- Huchtinson,42,1029
- Hudson,337,341,1029
- Hegershoff,801
- Humboldt,313,314
- Hurault,717,720,721,722,723,724,725,726,727,730,731,732,733,743,744,749,750,754,765,766,817
- Hutton,302,303,304,312,313,314,1027,1028,1038
- Huygens,116
- Imfeld,340,342,343,345,346,347,348,349,351,352,364,376,525,535,543,668
- Imhof,51
- Isachsen,516,544
- Jacob,23,26,37,53,55,58,59,60,61,62,68,69,73,102,297,542,543,768,896
- Jalabert,299
- Jameson,312
- Janssen,343,366
- Jardinet,645
- Jardou,937
- Javary,612,613,614,615,616,617,618,621,624,630,631,632,638,643,657,1007,1009
- Jeune,358
- Johnston,311,337,338,344,348
- Jomard,40
- Joséphine,323
- Jouvét,584
- Kammerer,771,773,776,777
- Kater,310
- Kennedy,337,341
- Kilian,699
- Koeman,51,391,678
- Koëppelin,388
- Kuhn,50,54,127,471,807,978,979
- Kurz,340,343,345,353,543,668,694
- Lachasse,168

- Laclavère,753,952,960
- Lacroix,142
- Læderich,339
- Lallemand,453,454,467
- Lapie,167,188,218,234,265
- Laplace,166,167,168,171,173,174,175,201,202,203,212,250,386
- Lapparent,315
- Larminat,374,375,520,555,560,812,813,814,1008,1017
- Larousse,304,619,1021
- Lathuille,183
- Lattré,121,1008
- Laussedat,5,372,497,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628
- Laveur,324,527,1011,1012
- Le Méné,920
- Lear,262
- Lebrun,731
- Lecarme,374,629
- Leclerc,256,258,259
- Lecoq,279,280
- Lecuellié,594,809
- Leduc,320,321
- Legros,622
- Lehmann,146
- Leibniz,301
- Lejeune,331
- Lemercier,330
- Lenoir,155,156
- Lepelletier,780
- Lepetit,113,1034
- Lequeutre,360
- Leslie,328
- Lestoquoy,280
- Levasseur,262,324,355
- Lhermitte,861
- Liabeuf,786
- Littré,20,1025
- Lloyd,42,1029
- Loreilhe,253,254,259,264
- Lory,594

- Lostende,214,449
- Lourde-Rocheblave,359,360
- Louvois,119,132,190
- Lyell,304
- Machault,121,122,1008
- Macmillan,307,1038
- Magnin,532,538,559
- Mahaud,280
- Malte-Brun,314
- Malvoisine,117
- Maraldi,120,121,152
- Marchis,32,493,987
- Margerie (de),315,317,360,514,517,519,533,559,699
- Marquardt,300
- Martel,305,309,321
- Martner,188
- Martonne (de),315,316,517,533,620,621,623,634,643,699,774,777
- Masson,307,315,1022
- Mati,809
- Maugiron,321
- Maury,363,517,519,520,545,559,691,699
- Mausselin,800
- Maya,258,1025
- Mayer,154,326,938
- McAllister,82
- McArthur,618
- Méchain,142,163,204,208,424,425
- Meillon,812,813,1017,1018
- Mercator,39,1015,1034
- Merton,50
- Messiat,445
- Mestre,324
- Mettrier,517,533,547,600
- Meydenbauer,618,622
- Michaud,823
- Mieulet,266,285,341,342,346,351,355,412,416,418,421,1020
- Milly,274,277
- Minard,131,1040
- Moïse,296

-
- Moreau,808
 - Morrison,47
 - Mouchet,870
 - Mourand,587,590,593
 - Mummery,324,327,333
 - Mureau,185
 - Murray,324,338,344,1007,1012,1013
 - Nadar,768
 - Napoléon,125,148,161,166,182,184,185,283,323,540
 - Nardy,131,139,482,483,1026
 - Necker,307
 - Newton,119,120,297
 - Niepce,391,392,612
 - Noë (de la),315,317,392,405,423,426,442,448,631,689
 - Noirel,601,699
 - Norwood,114
 - Nouet,156,249
 - Offner,542,543
 - Orcières,598,653
 - Örel,641,652,799
 - Orry,120,122
 - Orteig,261
 - Oulianoff,375
 - Outhier,121
 - Paccard,322,325
 - Packe,261,323,326,357
 - Paillon,324,517,521,522,523,524,533,553,554,1012
 - Palassou,304
 - Palmerston,299
 - Palsky,32,37,493,987
 - Panofsky,49,54
 - Parent,445
 - Pars,299,300
 - Pelet,174,188,194,197,198,220,241,244,723
 - Pelletier,123,138,493,987
 - Penck,312
 - Penel,425
 - Perret,319,514,517,518,519,533,535,536,537,544,546,550,551,599,602,637,699,1018,1019
 - Perrier,206,384,385,386,387,423,425,427,435,443,457,459,620,621,645,723

- Pétain,730,731,742
- Petchenik,47
- Pétrarque,325
- Petri,113
- Peutinger,40
- Peytier,188,208,251,252,257,258,259,264,265
- Picard,49,116,117,118,119,120,122,149,150,151,152,464,465,1031
- Picon,50
- Picquet,157,207,213,219,229,236,1010,1015
- Pictet,309,348
- Pinchemel,52
- Piquet,173,1015
- Placidus,325
- Playfair,302,313
- Plessis,142
- Poincaré,568
- Poivilliers,12,15,504,507,800,801,802,803,804,807,808,809,810,816,820,833,839,842,849,850,851,
- Pompadour,124
- Powell,312
- Prédhumeau,652,801,805
- Prévot,861
- Proust,206,273
- Prudent,338,360,362,423,442,513,514,516,524,526,528,529,532,559,564
- Prudhon,469
- Ptolémée,38,39,112,129
- Puiseux,332,352,594
- Puissant,166,168,173,184,188,201,208,209,214,230,231,232,240,265,466,840
- Pulfrich,639,641,645,646,648,650,653,658
- Querret,121
- Ract,177,257
- Raleigh,39,42,49,1029,1030
- Ramond,261,304,309,319,322,325,326,327
- Ramsay,312
- Ramsden,154,156,157
- Ramunni,32,493,987
- Randegger,339,1006
- Randon,416
- Raymann,324
- Raymond,138,149,310,335,834,1036

-
- Reclus,359
 - Recordon,590,593,594,652,698,1013
 - Régaud,519
 - Rendu,307,308,336,348,349
 - Reymond,540
 - Ritter,313,314
 - Robinsn,47,310
 - Rochefoucauld,299,321
 - Romieux,586
 - Rosier,445
 - Rouillard,280
 - Rousseau,297,298,1038
 - Roussel,135
 - Roussilhe,774,788,790,794,795,799
 - Royen,114
 - Rozet,254
 - Rubel,678
 - Russel-Killough,252,323,326,357
 - Russel-Kilough,326
 - Saconney,770,771
 - Sage,50,1026
 - Saget,383,384,416
 - Saint-Saud,360,363,514,527
 - Salneuve,188
 - Salvain,554
 - Sanson,116,117,118,140,142,182,184,187,212
 - Santarém,38
 - Sasportès,785,869
 - Saupin,590,593
 - Saur,44
 - Saussure,213,299,300,306,309,319,320,321,322,323,325,327,334,348,363,366
 - Scheimpflug,773,800
 - Scheuchzer,297,305,306
 - Schrader,262,319,323,327,353,358,359,360,361,362,363,364,365,366,369,370,371,372,373,376,512,515
 - Scweisguth,787,805
 - Ségogne,561,593,594
 - Senefelder,388
 - Senouque,374,629
 - Shakespeare,262

- Siegfried,681,685,692,693
- Siestrunck,74,356,564
- Siloé,297,1037
- Sinoir,715,726,745,747,753,763,895,916,935,938,939,941,966
- Skelton,49,51
- Slatkine,324,1029,1039
- Smyth,327
- Snellius,114,122
- Stanley,73
- Steinheil,527,1020
- Stolze,622
- Taffin,273
- Talbot,391
- Talon,433,586
- Tavernier,130
- Testu,188,251,264
- Thalès,111
- Thiélé,770
- Tiercin,587,590,593
- Tissandier,769
- Tobie,154
- Toutain,629
- Toutan,594,809,861
- Tranchot,149,156,201,206
- Trinquier,690
- Triolet,341
- Trudaine,122
- Tuquerouye,322
- Tyndall,306,308,328
- Usher,303
- Vallongues,211
- Vallot,4,6,15,90,319,336,346,353,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,466,496,
- Vallot:
Joseph,4,90,319,336,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,376,466,496,512,513,521,525
- Vanssay,805
- Vauban,133,178
- Vault,132,133
- Vavon,787,790,794,806
- Vayssière,539

- Verger,533,535,536,546,549,560
- Versigny,425
- Veyret,316,952
- Victor-Emmanuel,283
- Vidal de la Blache,315,316,645,1026,1038
- Vignolle,813
- Vinci,113,296,611
- Viollet-le-Duc,317,339,342,343,345,349,350,353,364,370,525,668,684,921
- Vivier,118
- Viviez,262,717,720
- wagner,442
- Walker,327
- Wallis,47
- Wallon,360,363,527
- Walter,42,1029,1035,1039
- Wandel,52,1029
- Weil,280
- Wener,301,314
- Wenz,769,771
- Weygand,731
- Whymper,324,327
- Wild,618,858
- Windham,297,298,305,321
- Wocher,300
- Wollaston,611,612
- Wood,49,51,56,57,58,684,1033
- Woodward,26,37,47,49,51,52,59,60,69,71

Index des noms de lieux.

- Adriatique,283
- Afrique,425,559,571,742,743,745,824,939
- Aiguilles-Rouges,367,1019
- Aix-en-Provence,324,939,1039
- Aix-les-Bains,250,1006
- Albertville,273,277,416,417,443,485,577,604,741,826,828,943
- Algérie,406,425,426,429,446,448,456,457,543,670,671,672,717,718,742,753,820,887,889
- Allemagne,73,146,153,170,314,329,379,386,419,429,610,611,618,622,638,639,657,748,770,771
- Allevard,272,277,355,538,554,1004,1017
- Alpes-Maritimes,539,617
- Alsace-Lorraine,379,397,568,676,677
- Angleterre,50,114,153,154,245,297,327,328,329,425,456,1037
- Annecy,272,277,297,346,355,416,417,462,464,594,653,742,826,828,1006,1007,1037
- Aquitaine,740
- Argentière,15,310,507,533,534,535,546,549,681,1001,1005,1011,1059
- Arizona,693
- Arves,539
- Autriche,136,245,283,329,386,419,771
- Autriche-Hongrie,770
- Avignon,458,459,463
- Balaïtous,249,250,252,255,256,257,258,260,261,262,326,812,1011,1017
- Baltique,148
- Barcelone,140
- Barcelonnette,136
- Basses-Alpes,256
- Bauges,250,464,580
- Bayeux,121
- Bayonne,251,458
- Beaufort,1005
- Beaufortain,543,828
- Belfort,615,618
- Belgique,180,330,459,748
- Bellachat,462
- Belledone,251,538,547,553,1004,1006,1007

- Berlin,40,42,43,45,645,658,1029,1039
- Berne,340,343,1005
- Besançon,769
- Bicêtre,612
- Bigorre,322,325
- Bologne,116
- Bonnant,342
- Bonneval,273,277,355,417
- Bonneville,249,464,742
- Bordeaux,458,728,731,732,742,938,940,1009
- Bourgogne,121,124,1008
- Bresse,125
- Brest,120,379
- Bretagne,125,266,748
- Briançon,198,277,355,409,443,485,561,565,577,604,964,1005
- Buet,321,363
- Bugey,125
- Californie,693
- Canada,330,611,618,637,638,639,657,770,798
- Castellane,253,413
- Caucase,324,1012
- Cauterets,812,813
- Cervin,327,329
- Chalklands,304
- Chambéry,93,249,250,263,266,272,276,277,297,324,336,464,741,828,1004,1005,1006,1007,1011,102
- Chamonix,15,247,252,297,298,299,305,309,311,320,321,322,323,326,327,329,336,337,344,365,366,3
- Champsaur,543,826,828
- Charpenne,462
- Chartreuse,250,542,543,546,550,1004,1016
- Cherbourg,570
- Clermont-Ferrand,258,1040
- Cluses,598,653,828
- Colmar,249
- Corse,145,149,156,170,198,201,206,244,246,266,277,539,540
- Courmayeur,344
- Creil,748,853
- Cujela-Palas,252,261
- Curtillard,554
- Dauphiné: Haut-Dauphiné,134,136,138,179,339,344,351,355,1006,1011

- Dévoluy,828
- Draguignan,69
- Drus,329
- Dufourspitze,327
- Dunkerque,118,140,154,155,163,167,169,250,251
- Durance,316
- Dvina,148
- Ecrins,256,267,329,343,344,351,352,376,418,539,543,553,650,658,940,956,964,1018
- Egypte,181
- Epernay,872,873
- Espagne,330,362,425
- Etats-Unis,245,312,314,330,621,637,678,748,772,798,855,889,899
- Europe,38,52,54,113,148,154,212,250,282,286,296,300,306,315,320,322,323,328,329,333,418,419
- Faucigny,320,543,553,756,828,1018
- Faverges,615,617
- Fère-en-Tardenois,872,873
- Ferney,275
- Fontainebleau,538,560,693
- Gap,253,277,278,280
- Genève,204,212,249,306,309,321,324,462,463,539,826,1005,1007,1008,1012,1029,1039,1041
- Glasgow,307
- Grand Bornand,963
- Grand Colombier,212,250,462
- Grande-Bretagne,307
- Grandes-Rousses,826
- Grand-Pelvoux,464
- Granier,212,250,462
- Grapillon,283
- Grèce,38,252,1033
- Grenelle,732
- Grenoble,266,275,277,324,339,409,417,443,464,466,485,522,577,594,604,613,614,617,943,963,1000
- Greyzivaudan,130
- Gries,338,1007,1012
- Grindelwald,323
- Grisons,325
- Grossglockner,325
- Guyenne,125
- Hambourg,142,1035
- Hanovre,170

- Haut-Dauphiné,134,136,138,179,339,344,351,355,1006,1011
- Hautes-Alpes,65
- Himalaya,325,917
- Hollande,51
- Italie,51,110,112,114,116,138,149,159,163,173,180,181,245,249,250,266,271,283,284,285,287,289,300
- Japon,330
- Jungfrau,326
- Jura,137,1011,1039
- La Mure,653,954
- Languedoc,125
- Lanslebourg,673
- Laponie,120
- Larche,277
- Léman,156,212,249,274,298,321,539,578,756,828,965
- Liban,421,764,939
- Lisbonne,748,1014
- Loire,854
- Lorraine,655,806,808
- Luxembourg,764,939
- Luz,354,355
- Lyon,1,257,259,430,458,459,461,462,463,464,493,522,939,987,1007
- Madagascar,797
- Mandchourie,770
- Marne,1,433,493,779,987
- Maroc,516,543,717,718,742,770,797,824
- Marseille,259,277,453,459
- Maudits (monts),357,1008
- Maurienne,266,316,443,586,1017
- Maurienne: Haute-Maurienne,577,584
- Méditerranée,52,251,253,260,416,425,539,965
- Mégève,1005
- Meije,329
- Melun,204,240
- Metz,229,230
- Milan,612
- Milet,185
- Monaco,519
- Mont
Blanc,15,22,31,64,90,93,156,212,213,249,250,266,272,274,283,284,285,297,298,299,300,305,306,300

- Montauban,728,732
- Mont-Dore,250
- Montenvers,305,311,323
- Montmélian,297,756,1037
- Mont-Perdu,261,322,325,359,369,534,535,545,549,556,627,1009
- Morgins,598
- Moustiers-Sainte-Marie,808
- Mulets,322,366
- Nancy,20,939,1025
- Nantes,939
- Nantua,263,266,272,277
- Neuchâtel,306,307,324,1020,1038
- Névache,914,964
- Nice,134,136,138,179,201,206,226,263,266,269,271,272,273,277,283,284,458,539,541,1041
- Nouvelle-Zélande,330
- Oisans,256,261,316,329,464,466,467,541,577,604,646,653,826
- Ossauc, pic d',252,261
- Ottawa,632,1021
- Pacifique,296
- Palaiseau,612
- Panthéon,665
- Paris,20,21,23,28,37,38,40,43,47,48,49,50,63,73,74,75,103,113,116,117,118,119,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173,174,175,176,177,178,179,180,181,182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198,199,200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229,230,231,232,233,234,235,236,237,238,239,240,241,242,243,244,245,246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276,277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320,321,322,323,324,325,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,345,346,347,348,349,350,351,352,353,354,355,356,357,358,359,360,361,362,363,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,377,378,379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390,391,392,393,394,395,396,397,398,399,400,401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,425,426,427,428,429,430,431,432,433,434,435,436,437,438,439,440,441,442,443,444,445,446,447,448,449,450,451,452,453,454,455,456,457,458,459,460,461,462,463,464,465,466,467,468,469,470,471,472,473,474,475,476,477,478,479,480,481,482,483,484,485,486,487,488,489,490,491,492,493,494,495,496,497,498,499,500,501,502,503,504,505,506,507,508,509,510,511,512,513,514,515,516,517,518,519,520,521,522,523,524,525,526,527,528,529,530,531,532,533,534,535,536,537,538,539,540,541,542,543,544,545,546,547,548,549,550,551,552,553,554,555,556,557,558,559,560,561,562,563,564,565,566,567,568,569,570,571,572,573,574,575,576,577,578,579,580,581,582,583,584,585,586,587,588,589,590,591,592,593,594,595,596,597,598,599,600,601,602,603,604,605,606,607,608,609,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628,629,630,631,632,633,634,635,636,637,638,639,640,641,642,643,644,645,646,647,648,649,650,651,652,653,654,655,656,657,658,659,660,661,662,663,664,665,666,667,668,669,670,671,672,673,674,675,676,677,678,679,680,681,682,683,684,685,686,687,688,689,690,691,692,693,694,695,696,697,698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,710,711,712,713,714,715,716,717,718,719,720,721,722,723,724,725,726,727,728,729,730,731,732,733,734,735,736,737,738,739,740,741,742,743,744,745,746,747,748,749,750,751,752,753,754,755,756,757,758,759,760,761,762,763,764,765,766,767,768,769,770,771,772,773,774,775,776,777,778,779,780,781,782,783,784,785,786,787,788,789,790,791,792,793,794,795,796,797,798,799,800,801,802,803,804,805,806,807,808,809,810,811,812,813,814,815,816,817,818,819,820,821,822,823,824,825,826,827,828,829,830,831,832,833,834,835,836,837,838,839,840,841,842,843,844,845,846,847,848,849,850,851,852,853,854,855,856,857,858,859,860,861,862,863,864,865,866,867,868,869,870,871,872,873,874,875,876,877,878,879,880,881,882,883,884,885,886,887,888,889,890,891,892,893,894,895,896,897,898,899,900,901,902,903,904,905,906,907,908,909,910,911,912,913,914,915,916,917,918,919,920,921,922,923,924,925,926,927,928,929,930,931,932,933,934,935,936,937,938,939,940,941,942,943,944,945,946,947,948,949,950,951,952,953,954,955,956,957,958,959,960,961,962,963,964,965,966,967,968,969,970,971,972,973,974,975,976,977,978,979,980,981,982,983,984,985,986,987,988,989,990,991,992,993,994,995,996,997,998,999,1000
- Pas-de-Calais,425
- Pas-de-Morin,756
- Pasumot,304
- Pau,321,358,813,1018,1040
- Pays-Bas,110,113,148,159,289,748
- Péclet,554,1005
- Peisey-Nancroix,553
- Pelvoux,249,250,252,255,256,257,258,260,261,262,325,326,327,338,339,344,352,463,467,538,553
- Pennine,308,338,344,1006,1011,1012
- Pérou,120,140
- Perpignan,118
- Petit-Saint-Bernard,673
- Philippeville,571
- Piémont,130,283,284,338,462,1012
- Polset,517
- Pontarlier,137
- Posets,357

- Pourri (mont),523
- Pralognan-la-Vanoise,547,553,554
- Praz,310,1007
- Provence,136,137,266,743,808,816
- Pyrénées,4,109,135,138,204,244,247,248,251,253,254,255,257,260,261,265,266,271,275,277,279,28
- Queyras,964
- Rambouillet,137,139
- Rheinwaldhorn,325
- Rhin,148,379,459,622
- Rhône,260,743
- Roche-Chevrière,251
- Rochefort,458
- Rochelle,458
- Rochette,215,741
- Rodez,253,256,277,458
- Rognes,808,809
- Rome,112,776
- Rosny,613,665
- Rumilly,742
- Russie,148,330,386,637,657,770,798
- Sahara,435,717
- Saint-Bazaille,728
- Saint-Bonnet,598
- Saint-Christophe-en-Oisans,594,653,905
- Saint-Claude,263,266
- Saint-Cyr,229
- Saint-Étienne,257
- Saint-Florentin,124
- Saint-Gervais-les-Bains,341,344,345,555,646,742,828,832,913
- Saint-Jean-de-Maurienne,198,266,273,277,355,417,741
- Saint-Julien-en-Genevois,469,828
- Saint-Mandé,732,748,1010,1036
- Saint-Martin-Vésubie,266
- Salon,808,809,816,872
- Samoëns,653,756
- Sardaigne,283
- Savoie,65,173,201,204,206,212,226,249,250,263,266,269,271,272,273,277,283,284,286,287,305,306
- Savoie: Haute-Savoie,65,297,455,1005,1037
- Sept-Laux,533,534,535,549,554

- Seyssel,469,756,828
- Shetland,425
- Simplon,322
- Sinai,296
- Sixt,320,1004
- Sorbonne,315,316,366
- Souabe,148,156,170,278
- Sourdon,117
- Spitzberg,516
- Strasbourg,39,120,204,249
- Suez,452
- Suisse,51,145,156,170,182,249,272,298,299,306,323,329,416,462,463,618,637,638,657,748,889,1
- Suze,130
- Taillefer,256,462,467,539
- Talèfre,374
- Tanneverge,517
- Tarentaise,316,338,586,1006,1007,1012
- Tarentaise: Haute-Tarentaise,577,584
- Thabor (mont),251
- Thonon,272,275,277,417,464,653,792,826,828,1005
- Tignes,15,273,277,355,409,417,507,517,533,673,686,691,692,1001,1016,1058,1059
- Tines,310,370
- Toulon,277,463
- Toulouse,326,358,458,939,1008,1012
- Tournette,462
- Trient,310
- Tunisie,426,429,456,670,717,870,887
- Turin,1,22,250,274,283,284,493,987,1040
- Tyrol,148
- Ubaye,316
- Unteraar,307
- Valgaudemar,554,1004,1009
- Vallorcine,273,277,346,355,416,417,553,1004
- Val-Monjoie,555
- Vanoise,464,543,553,580,940,956,964,1004
- Var,256,260
- Ventoux,259
- Verdon,808,873
- Versailles,137,676

- Vicentin,302
- Vienne,641,652
- Vignemale,354,812,813,814,1008,1017,1018
- Villaret,136
- Vincennes,69,137,732,1035,1036,1037,1039
- Vivarais,302
- Vizille,277,604,742
- Voiron,954
- Washington,40
- Weimar,323
- Wetterhorn,327
- Wiesbaden,732

Index des termes techniques.

- actinique,888,904,1048
- aérographe,904
- aéronautique,435,651,768,772,773,774,778,796,797,799,801,804,805,808,814,815,823,841,853,855
- aéroplane,775
- agrandissement,392,394,750,773,819,946
- alidade,114,135,210,221,373,406,445,446,447,448,455,468,469,470,526,529,530,531,532,564,579
- alidade:
 - holométrique,15,373,445,446,447,448,455,468,470,507,530,579,600,630,631,805,1001,1042;
 - nivelatrice,213,214,407,446,447,448,450,454,529,531,532,564,1042,1043
- altimétrie,19,146,452,453,754,869,870,871,872,906
- amorce,850
- amplificateur-redresseur,788
- amplification,15,99,101,379,393,416,419,422,443,475,507,728,836,1001,1058,1077
- anaglyphique,801
- anamorphose,361
- anéroïde,357
- anharmonique,785,1045,1046
- apairage,811,843,855,871
- Aquilor,855,856,858
- architectonique,112
- arrachage,889,890,891,893,922,951
- arrachage: strip-mask,889,1043
- astrafoil,887
- astralon,887,888,1048
- astrolabe,112,114
- astronomie,110,114,116,117,118,121,156,157,159,174,310,362,425,459,540
- autocartographe,801
- automatisation,6,29,498,610,638,641,642,657,658,661,692,694,695,696,702,704,707,767,855,979,
- aviation,520,768,769,771,780,781,791,797,813,820,823,841
- avion,652,772,774,780,782,796,805,810,815,823,843,853,854,859
- azimut,156,214,457,460,461,615,630,631,665,1052,1055
- azotique,390,391
- B-17 (avion),854,855
- baromètre,144,211,213,320,356,357,358,550
- Beechcraft,859

- bimoteur,853,854,859
- binoculaire,638,639,640,1054
- boussole,114,134,214,221,270,357,406,445,446,447,449,532,1022,1043
- boussole: boussole-pince,564
- brochage,957
- cadastre,128,141,142,149,163,164,167,168,169,170,171,172,173,174,176,183,191,192,197,216,238,2
- canevas,109,121,123,128,134,136,146,147,166,169,175,176,220,245,269,271,433,435,454,455,458,4
- cartes-croquis,67,101,357,681
- cartes-esquisses,67,546,553,554
- catastrophisme,301,303
- cheminement,37,59,271,285,406,442,447,453,454,455,468,469,532,541,551,579,613,615,621,806,83
- chorographique,20,129,135
- chromatique,673,842
- chromium-gum,392
- clisimètre,550
- collimateurs,457
- collodion,392,616
- complètement,56,72,74,87,92,116,153,166,171,240,322,341,361,390,394,401,405,423,431,452,453,45
- coordinatographe,805,811,852,876,884
- couche,421,883,884,885,886,889,890,891,892,893,894,895,908,922,944,945,951,1043,1047,1050,10
- courbes: habillées,913,914,918; isohypses,143,147;
maîtresses,225,338,340,352,534,535,549,550,551,675,686,687,876,949,1044;
nues,913,914,916,917,918,923
- cuivre,124,125,136,141,144,148,154,241,242,244,379,388,389,390,392,395,401,406,421,563,666,889
- daguerréotype,612,1020
- diapason,146,219,220,225,229,235,236,237,238,239,241,242,243,279,417,419,669,905
- diaphragme,842
- dioptrique,668
- distorsion,772,774,808,810,842,843,855,871,873
- eau-forte,124,241,242,243,392,1055
- éclairage,126,130,135,145,149,219,227,228,229,230,231,232,233,235,236,237,238,240,281,309,338,3
- éclimètre,15,196,213,214,215,216,221,225,265,271,362,373,445,446,448,449,455,507,527,529,530,53
- ellipsoïde,425,456,467,596,597,662,665
- équidistance,13,86,143,144,215,216,217,219,221,225,229,235,237,289,338,339,340,352,414,416,419
- érosion,303,304,312,316,478,482,520,601,689
- escadrille,741,783,790,818,821,823,824,832,835,841,844,849,853,879
- estompage,10,13,123,139,350,351,414,417,419,485,502,505,525,533,536,549,550,551,661,668,669,6
- excursionnisme,4,262,298,299,305,319,320,321,322,327,328,329,331,332,333,334,335,353,356,358,3
- faisceaux,785,810,1046

- focale,630,631,786,803,811,831,833,840,841,842,852,853,855,858
- fuseaux,900
- galvanoplastie,244
- gélatino-bromure,392,769
- géoïde,456
- goniomètre,112,114,615,630
- graphomètre,114,134,150,155,156,1052
- graticulage,784,785,787,794,795,815
- habillage,12,76,77,339,350,410,465,504,525,671,896,897,898,899,901,902,903,904,912,943,946,9
- héliogravure,391,392,417,422,586,661,666,668,671,672,703,886,890,908,1043,1051
- héliotropique,457
- hydrographie,97,191,241,337,338,339,348,416,417,535,549,550,551,676,679,888,895,902,904,920
- informatique,27,77,968
- informatisation,27,64,102
- insolation,391,1047
- instrumentation,5,289,406,407,438,440,442,445,447,477,485,497,599,640,650,708,749,786,798,80
- interpolation,794
- isohypses (courbes),143,147
- jalon-mire,447,532
- jonction,425,456,462,464,539,541,820
- Judée (bitume de),390,391
- Lambert (projection),664,665,676,735,753,899,900,901
- latitude,19,63,119,123,127,221,259,289,540,661,663
- Leo (avion),41,42,43,46,52,53,1029
- limbe,114,154,155,214,457,1052,1053
- lithographie,389,390,391,671,1044,1048
- lithologie,535,551
- longitude,19,39,63,116,117,118,123,127,181,191,250,289,322,384,424,540,661,663
- lunette,114,155,214,342,361,446,447,448,615,631,640,1042,1055
- magnétique,134,214,1043,1051
- maîtresses
(courbes),225,338,340,352,534,535,549,550,551,675,686,687,833,876,949,1044
- Mercator (projection),39,1015,1034
- méridien,19,114,117,120,127,140,142,163,169,170,203,214,458,664,665,1043
- méridienne,118,119,120,121,140,142,150,153,155,163,167,169,204,208,250,251,253,424,425,426,
- méridiens,142,662,663
- métallique,343,391,631
- métallographie,666,671,673,886,891,1049
- Metrogon,855

- métrophotographie,5,497,610,611,618,621,637,657,991
- minéralogie,304,310,335
- minute: stéréominute,811,874,875,876,883,885,888,894,913,919,1050,1051
- mire,144,206,214,418,461,873,1054
- miroir,461
- modelé,130,136,139,148,152,351,364,482,484,485,536,551,669,883
- monochromie,21,144,238,348,351,389,569,668,679,682,753,902,913,949
- moraine,306
- morphologie,147,312,418,535
- morsure,390,1047
- Mystere 20,859
- neptunisme,301,303
- nivelatrice (alidade),213,214,407,446,447,448,450,454,529,531,532,564,1042,1043
- nivellement,3,123,128,132,143,144,146,147,149,150,157,158,159,196,201,210,211,213,214,215,216,217
- nomenclature,343,600,602,609,937,1017
- Nouvelle triangulation de la France,152,167,208,371,426,458,459,486,541,595,596,597,598,665,868,900,901,1015
- obturateur,772,782
- offset,391,392,678,893,1032
- Olor,811,842,843
- optique,112,214,305,434,435,450,457,541,585,611,614,631,640,733,772,773,782,783,792,800,802,803
- orogénèse,139,300,301,303,334
- orographe,358,361,362,363,372,373,599,625,626,627,644,1019
- orographie,97,123,131,135,136,138,148,241,301,317,337,338,397,416,417,422,521,523,536,553,894,900
- orohydrographique,554,670,678,904,1005,1048
- orthophotocarte,967,1014
- orthophotographie,903,967
- orthoplan,967,968,977
- panorama,139,298,321,359,361,538,539,547,631
- panstéréoscope,787
- pantographe,216
- paradigme,5,7,28,29,50,54,127,147,152,159,209,289,295,304,368,440,470,486,489,497,499,610,725,726
- parallaxe,639,640
- parallèle,25,26,50,110,120,125,142,170,204,212,249,250,251,253,254,256,272,359,439,458,459,461,462,463
- pelliculage,890,944,1043
- perchlorure,390,391
- perspective cavalière,129,130,131,135,136,138,143,310,311,335,336,346,347
- photocarte,776
- photocomposition,944,945

- photogénique,672,678,1047,1051
- photogrammétrie,5,88,497,610,621,622,623,633,638,643,644,645,646,649,650,652,700,713,717,72
- photogrammétrie: stéréophotogrammétrie,639,646,650,844,881,1014,1018
- photographie: stéréophotographie,88,623,638,639,695,773,775,782;
téléphotographie,771
- photo-identification,895
- photo-interprétation,838,937,942,1023
- photolithographie,390,421
- photomécanique,391,392,671,1048
- photoperspectographe,773
- photorestitution,799
- phototachéomètre,373,630,631,632,635,658
- photothéodolite,615,626,630,631,638,648,649,652,804,829
- phototopographie,621,820,824,828,841
- photo-topographiques,790,791,793,805
- photozincographie,421
- pinnule,446
- planche-mère,245,379,388,390,397,401,679,765,893
- planchette,103,114,134,135,210,221,342,361,373,407,441,445,455,469,485,526,528,529,531,541,5
- planchette: carton-planchette,406
- planimétrie,3,11,19,21,22,97,110,111,112,123,127,138,141,143,147,150,164,169,176,210,220,238,2
- plastique,145,148,236,308,413,414,471,480,484,673,810,883,884,887,888,890,893,922,925,945,10
- Pleogon,858
- plutonisme,301,303
- polycentrique,661,662,663,664,665,676
- polychromie,348,667,668,671,673,754
- polyédrique,661,662
- polyester,857,887
- polystyrène,887
- polyvinyle,887
- poncifs,944,1053
- Porro-Koppe,810
- porte-cliché,788
- porte-mire,937
- Potez (avion),832,841,853
- préparation,355,379,388,406,468,469,471,486,489,566,591,594,616,648,656,665,673,674,721,722,
- préparation: stéréopréparateur,875;
stéréopréparation,14,506,764,820,867,868,869,871,872,873,877,880,1000,1014
- Presa,858,859

- projection,20,21,22,136,138,139,141,142,143,144,169,182,228,236,241,242,283,309,310,348,349,351
- projection: Flamsteed,142,143,169; Lambert,664,665,676,735,753,899,900,901; Mercator,39,1015,1034; polycentrique,661,662,663,664,665,676; polyédrique,661,662
- pyrénéisme,261,262,264,304,319,322,325,326,353,354,355,357,358,360,362,363,376,512,513,527,54
- quadrilatère,175,203,212,256,260,785
- quadrillage,12,504,663,664,665,753,795,897,898,899,900,901,965,967,998,1081
- quadrimoteur,854
- raccordement,463
- radio,853
- redressement,772,773,774,776,778,783,787,788,789,794,795,796,800,801,802,814,815,967
- réfection,164,409,426,427,428,436,438,463,467,521,541,666,790,913,934,943
- rehaut,135,138,139,144,145,149,227,228,276,277,338,350,417,419,483,536,661,669
- réitération,15,426,456,457,460,461,507,1001,1056
- repère,215,296,371,427,453,454,522,640,773,780,785,787,788,794,795,796,802,867,868,869,870,87
- répétiteur,151,155,157,158,206,207,252,630,631
- répétition,151,154,155,156,157,158,206,207,208,211,230,251,264,371,457,460,630,631,1053
- report,242,245,388,389,391,412,414,417,418,616,678,785,949,1045,1053
- réseau,48,120,122,123,125,147,162,164,204,206,207,208,256,341,370,371,372,396,425,452,453,454
- restitution,6,11,12,72,75,80,87,186,374,498,503,504,547,614,615,627,629,632,634,637,638,639,640,6
- restitution:
restituteur,12,504,594,642,655,724,807,809,811,816,831,861,862,863,864,865,866,867,874,877,881,9
- stéréorestituteur,801
- réticule,214,631,1054
- révicarte,878
- révision,4,9,14,52,56,72,87,95,101,125,162,164,165,186,194,198,200,274,287,333,337,340,378,382,3
- révision: réviseur,394,402,405,406,407,409,586; stéréoréviseur,878
- Rives (papier),672,677,678,883,887,888,945,1049,1050
- signal,140,203,206,208,248,251,252,254,255,256,259,261,270,426,455,457,458,459,460,461,462,464
- signes
conventionnels,141,229,233,235,236,283,286,535,536,550,586,661,667,668,675,676,681,688,691,695
- stabilène,891
- stadia,214,373,449,631
- stadimétrie,446,447,615,639,648,1055
- station,135,206,207,251,252,255,256,263,265,270,271,341,360,374,425,426,454,460,461,462,463,46
- sténopé,611
- stéroautographe,641,642,643,645,652,655,695,696,697,699,700,701,702,704,799,800,802,803,804,8
- stéréocomparateur,639,640,641,645,648,649,650,651,658,801
- stéréogrammétrie,787,806
- stéréominute,811,874,875,876,883,885,888,894,913,919,1050,1051
- stéréophotogrammétrie,639,646,650,844,881,1014,1018

- stéréophotographie,88,623,638,639,695,773,775,782
- stéréopréparation,14,506,764,820,867,868,869,871,872,873,877,880,1000,1014
- stéréopréparation: stéréopréparateur,875
- stéréorévision,878
- stéréoscope,784,785,787,811,814,852,876
- stéréoscopie,87,623,639,640,641,648,656,658,770,784,787,796,800,801,802,809,814,852,873,1014
- stéréothéodolite,802,803
- stéréotopographe,12,504,802,803,804,806,807,808,809,810,811,812,816,820,825,828,830,831,833,
- stéréotopographie,10,79,502,623,637,638,639,641,642,644,646,651,652,653,654,655,656,658,660,
- stéréotopomètre,801
- strip-mask,889,1043
- surcharge,146,279,667,697,946,949,953,956,960,961,962,965,967,975
- tachéomètre,447,448,454,455,456,468,470,600,615,631,1045
- tachéométrie,366,446,447,454,468,469,613,794,868,871
- taille-douce,238,388,389,390,391,421,481,484,666
- tectonique,313
- télémètre,639
- téléobjectif,786
- téléphotographie,771
- télescope,322
- thalweg,216,224,269,461,549
- théodolite,114,151,155,156,157,158,206,207,211,264,265,310,370,371,446,447,456,457,460,461,549
- topologie,312,316,317,479,909
- topologique,312,334,471,687,980
- topométrie,7,471,477,478,479,480,485,486,489,499,585,645,695,696,697,698,699,701,702,705,707,
- toponymie,72,122,256,281,305,309,310,337,338,339,352,354,355,356,357,358,361,369,396,416,417,
- tour
d'horizon,265,359,361,362,363,526,531,538,539,543,546,547,549,553,600,629,636,782,871
- trame,670,671,678,681,904,1048,1050,1051
- trépied,773,1051
- triangulation,111,113,117,120,121,175,206,207,208,212,215,248,249,250,251,252,263,264,272,339
- trigonométrie,111,113,134,175,183,203,215,242,250,270,361,370,371,372,425,451,452,454,465,467,
- Trimetrogon,772
- typographie,678
- uniformitarisme,302,303,304,313
- UTM,753,899,900,901,965
- vernier,154,155,310
- zénithal,145,150,155,156,157,207,211,215,225,229,230,237,251,256,265,361,417,419,458,461,615,
- zinc,388,389,390,392,417,421,661,666,670,671,672,677,678,883,886,889,892,893,908,1044,1047,

- zincographie,245,388,389,390,391,401,409,421,670,678,886
- zincographie,390,391