

THESE

Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Lumière Lyon 2
Discipline : Géographie, Aménagement et Urbanisme

Présentée et soutenue publiquement par

Frédéric Liébault

Le 1^{er} décembre 2003

Les rivières torrentielles des montagnes drômoises : évolution contemporaine et fonctionnement géomorphologique actuel (massifs du Diois et des Baronnies)

Directeurs de Thèse :

M. Pierre Clément

Professeur émérite de Géographie à l'Université Lumière Lyon 2

M. Hervé Piégay

Chargé de recherche au CNRS, UMR 5600 Environnement-Ville-Société

JURY :

M. Jean-Paul Bravard, Professeur de Géographie à l'Université Lumière Lyon 2

M. Pierre Clément, Professeur émérite de Géographie à l'Université Lumière Lyon 2

M. Michel Goueffon, Ingénieur en Chef du Génie Rural des Eaux et Forêts, Service RTM de Grenoble, adjoint au délégué national RTM

M. G. Mathias Kondolf, Professeur de Géographie à l'Université de Californie-Berkeley (rapporteur)

M. Jonathan B. Laronne, Professeur de Géographie à l'Université Ben Gurion du Negev

M. François Petit, Professeur de Géographie à l'Université de Liège (rapporteur)

M. Hervé Piégay, Chargé de recherche au CNRS-UMR 5600 Environnement-Ville-Société

| SOMMAIRE | Pages |
|---|--------------|
| <i>Remerciements</i> | 6 |
| <i>Résumé</i> | 12 |
| Introduction générale | 15 |
| 1. Le cadre conceptuel | 19 |
| <i>1.1. Système fluvial et hydrosystèmes: deux concepts complémentaires</i> | 19 |
| 1.1.1. Généralités et définitions | 19 |
| 1.1.2. Le changement morphologique : mode de fonctionnement du système fluvial | 22 |
| <i>1.2. Le cours d'eau de montagne : un système fluvial original</i> | 25 |
| 1.2.1. Terminologie | 25 |
| 1.2.2. Le fonctionnement morphologique des rivières torrentielles | 27 |
| 1.2.2.1. Le versant « source » | 27 |
| 1.2.2.2. Le versant « contrainte » | 33 |
| 1.2.3. La charge de fond des rivières torrentielles | 34 |
| 2. Le cadre géographique | 39 |
| <i>2.1. Diois et Baronnies : présentation générale</i> | 39 |
| 2.1.1. Le cadre morphostructural, les héritages quaternaires et holocènes | 39 |
| 2.1.2. Le cadre climatique et hydrologique | 44 |
| 2.1.2.1. Le cadre climatique | 44 |
| 2.1.2.2. Le cadre hydrologique | 46 |
| <i>2.2. Les rivières torrentielles des montagnes drômoises et leurs émissaires</i> | 53 |
| 2.2.1. La Drôme, l'Eygues et le Roubion : des rivières en cours d'incision | 53 |
| 2.2.2. Caractéristiques des petites rivières torrentielles des montagnes drômoises | 55 |
| 3. Le cadre méthodologique | 63 |
| <i>3.1. Les sources d'information</i> | 63 |
| 3.1.1. Les sources documentaires | 63 |
| 3.1.2. Les informations de terrain | 64 |
| <i>3.2. Les procédures d'échantillonnage</i> | 65 |
| <i>3.3. Les outils de traitement de l'information</i> | 67 |
| 3.3.1. Les outils statistiques | 67 |
| 3.3.2. Les outils cartographiques | 69 |
| Première Partie : | |
| les changements fluviaux contemporains dans leur environnement | 71 |
| Introduction | 72 |
| 1. Les changements fluviaux contemporains | 73 |
| <i>1.1. Approches méthodologiques</i> | 73 |
| 1.1.1. Analyses diachroniques documentaires des bandes actives | 73 |
| 1.1.1.1. Les anciens documents topographiques et cartographiques des Ponts et Chaussées | 73 |
| 1.1.1.2. Les photographies aériennes | 74 |
| 1.1.2. Relevés de terrain des formes fluviales résiduelles | 84 |
| 1.1.2.1. Les relevés topographiques | 84 |
| 1.1.2.2. Les techniques de datation | 85 |
| <i>1.2. La rétraction des bandes actives</i> | 89 |
| 1.2.1. Les tendances générales d'évolution | 89 |
| 1.2.1.1. La période 1948-1991(96) | 89 |
| 1.2.1.2. Evolutions depuis 1850 | 97 |
| 1.2.2. L'organisation géographique du changement fluvial | 101 |
| 1.2.2.1. Comparaisons régionales | 101 |
| 1.2.2.2. Structures longitudinales du changement | 104 |

Sommaire

| | |
|---|------------|
| 1.2.3. Analyses morphologiques et datations des changements fluviaux | 109 |
| 1.2.3.1. Morphologies anciennes et actuelles | 109 |
| 1.2.3.2. Les datations dendrochronologiques | 121 |
| 1.2.3.3. Les datations radiométriques | 125 |
| 1.3. Synthèse sur les changements fluviaux contemporains | 127 |
| 2. Les changements de l'environnement | 131 |
| 2.1. Correction torrentielle et changements de l'occupation du sol | 131 |
| 2.1.1. Historique et bilan de la Restauration des Terrains en Montagne | 131 |
| 2.1.1.1. Etat de la question | 133 |
| 2.1.1.2. Approches méthodologiques | 135 |
| 2.1.1.3. Les différents types de travaux réalisés | 138 |
| 2.1.1.4. Chronologie des travaux | 142 |
| 2.1.1.5. Répartition spatiale des travaux | 144 |
| 2.1.1.6. Travaux RTM et extinction torrentielle | 146 |
| 2.1.2. Les changements de l'occupation du sol et le tarissement des sources sédimentaires | 147 |
| 2.1.2.1. Etat de la question | 147 |
| 2.1.2.2. Approches méthodologiques | 148 |
| 2.1.2.3. Tendances générales d'évolution et disparités régionales | 153 |
| 2.1.2.4. La reconquête forestière et la stabilisation des sources sédimentaires | 158 |
| 2.1.3. La nature et l'influence des changements de l'occupation du sol | 161 |
| 2.2. Changements hydrologiques séculaires | 163 |
| 2.2.1. Etat de la question | 163 |
| 2.2.2. Approches méthodologiques | 165 |
| 2.2.3. Evolution des crues de la Drôme à Luc-en-Diois depuis 1907 | 165 |
| 2.2.4. La nature et l'influence des changements hydrologiques | 168 |
| 3. Synthèse explicative des changements fluviaux contemporains | 173 |
| 3.1. La période 1850-1950 | 173 |
| 3.2. La période 1950-2000 | 174 |
| Deuxième Partie : | |
| Morphologies fluviales et bassins versants | 179 |
| Introduction | 180 |
| 1. Approches méthodologiques | 183 |
| 1.1. Identification visuelle des types morphologiques | 183 |
| 1.2. Les relevés morpho-sédimentaires | 185 |
| 1.3. Détermination des caractéristiques des bassins versants | 187 |
| 1.3.1. Les indicateurs morphométriques | 187 |
| 1.3.2. Les indicateurs de relief et d'exposition | 189 |
| 1.3.3. Les indicateurs géologiques | 191 |
| 1.3.4. Les indicateurs de l'occupation du sol | 193 |
| 1.3.5. Les indicateurs géomorphologiques | 194 |
| 1.4. Approches statistiques | 198 |
| 2. Typologie morphologique | 199 |
| 2.1. Les lits à fond rocheux (morphotype E) | 199 |
| 2.2. Les lits à blocs (morphotype D) | 199 |
| 2.3. Les lits à fond plat grossier (morphotype C) | 200 |
| 2.4. Les lits à fond plat caillouteux (morphotype B) | 201 |
| 2.5. Les lits à nappes caillouteuses (morphotype A) | 201 |
| 3. Discrimination des morphotypes à partir des caractéristiques du tronçon | 207 |
| 3.1. Descriptions statistiques élémentaires | 207 |
| 3.1.1. Les indicateurs morphologiques | 207 |
| 3.1.2. Les indicateurs granulométriques | 211 |
| 3.1.3. Les indicateurs dynamiques | 213 |

Sommaire

| | |
|--|------------|
| 3.2. Discrimination à partir de relations statistiques élémentaires | 216 |
| 3.3. Discrimination multivariée | 223 |
| 3.4. Interprétation fonctionnelle | 227 |
| 4. Discrimination des morphotypes à partir des caractéristiques du bassin versant | 233 |
| 4.1. Discrimination par analyse inter-classe | 233 |
| 4.2. Interprétation fonctionnelle | 239 |
| 5. Conclusion | 243 |
| | 245 |
| Troisième Partie : | |
| Le transport de la charge de fond | |
| Introduction | 247 |
| 1. Les sites d'étude | 249 |
| 1.1. Présentation générale des bassins versants | 249 |
| 1.1.1. Contexte morphostructural et implications géomorphologiques | 249 |
| 1.1.2. Contexte hydrologique | 256 |
| 1.1.3. Contexte historique | 256 |
| 1.2. Présentation des tronçons de mesure | 260 |
| 2. Le dispositif de suivi | 263 |
| 2.1. Le suivi de la charge de fond | 263 |
| 2.1.1. Principes de mesure | 263 |
| 2.1.2. Le dispositif de mesure | 266 |
| 2.1.3. Evaluation de la précision des mesures | 269 |
| 2.2. Le suivi hydrologique des crues | 272 |
| 2.2.1. Les sites de mesure | 272 |
| 2.2.2. Le dispositif de mesure | 273 |
| 2.3. Le suivi des précipitations | 277 |
| 3. Les fréquences et seuils de mise en mouvement de la charge de fond | 279 |
| 3.1. Fréquences inter-annuelles et occurrence saisonnière du charriage | 279 |
| 3.2. Seuils de mise en mouvement de la charge de fond | 282 |
| 3.3. Synthèse | 292 |
| 4. Les distances de transport de la charge de fond | 295 |
| 4.1. Approche événementielle | 295 |
| 4.2. Distances annuelles de transport | 305 |
| 4.3. Synthèse | 308 |
| 5. Les volumes charriés | 311 |
| 5.1. Approche événementielle | 311 |
| 5.2. Charriages annuels | 316 |
| 5.3. Synthèse | 321 |
| 6. Estimation de la recharge sédimentaire à l'échelle régionale | 323 |
| 7. Conclusion | 329 |
| | |
| Conclusion générale | 333 |
| | |
| <i>Bibliographie</i> | 341 |
| <i>Liste des figures</i> | 359 |
| <i>Liste des tableaux</i> | 371 |

Remerciements

Cette thèse représente l'aboutissement d'un travail de recherche et d'un cursus universitaire de longue durée dédiés à l'apprentissage de la géographie. Elle fut surtout une riche expérience humaine, tant sur le plan des rencontres et des échanges que sur celui de la vie au quotidien dans une région exceptionnelle à laquelle je suis très attaché : les montagnes de la Drôme. Je dois admettre que la proximité géographique avec mon terrain d'étude fut un atout considérable, dont bénéficient peu de chercheurs. L'expérience acquise en DEA m'avait appris qu'elle est parfois une nécessité sur le plan de l'observation scientifique. Les années passées sous le ciel du Diois me l'ont confirmé. Sans cette proximité, nous aurions dû renoncer à certaines des approches proposées dans ce travail.

Il m'est agréable de commencer par remercier **M. Pierre Clément**, Professeur émérite à l'Université Lumière Lyon 2, qui a dirigé ce travail. La première fois que nous avons discuté ensemble des torrents du Diois, ce fut en septembre 1995, dans les locaux de l'ancien Laboratoire Rhodanien de Géomorphologie à Bron. Je n'avais à l'époque qu'une idée assez vague du thème de recherche qui allait occuper mon année de DEA et je lui suis fort reconnaissant de m'avoir lancé sur cette thématique. Tout part de là. Ce furent ensuite de nombreuses discussions devant l'écran d'ordinateur, autour d'une simple feuille de papier, ou encore les pieds dans l'eau, qui nous ont amené à construire ensemble des hypothèses, interpréter des résultats, mettre au point une technique de mesure... Ces échanges m'ont beaucoup appris et j'ai toujours apprécié l'atmosphère informel et chaleureux de nos rencontres.

C'est avec un grand plaisir que je tiens à remercier **M. Hervé Piégay**, chargé de recherche au CNRS, qui a également pris part à la direction scientifique de cette thèse. C'est aussi avec lui que j'ai appris l'art de la méthode scientifique, la rigueur du traitement statistique, l'importance de la quantification des phénomènes en géomorphologie. Nous avons passé de longs moments à discuter ensemble les résultats, à confronter nos points de vue. Il en est toujours ressorti quelque chose de positif. Je salue également le soutien, la bonne humeur et la disponibilité dont il a fait preuve pendant ses quelques années où nous avons travaillé ensemble.

Cette thèse n'aurait pu voir le jour sans le soutien politique et logistique de l'Office National des Forêts (Agence Drôme-Ardèche). Je dois remercier à ce titre **M. Etienne Zahnd**, aujourd'hui Directeur de l'Agence ONF d'Alsace, mais qui occupait les fonctions de chef de la Division Die-Nyonsais lorsque ce projet a démarré. C'est en qualité de responsable de la mission RTM drômoise qu'il s'est engagé à de multiples reprises en notre faveur, même si parfois le vent ne nous était pas favorable. Je dois rendre hommage à ce travail de soutien inconditionnel, qui a été ensuite favorablement relayé par les directeurs successifs de l'ancien Service Départemental de La Drôme, Messieurs **François Bland** et **Philippe Demarck**, par les délégués nationaux successifs aux actions RTM, Messieurs **Jean-Claude Charry** et **Yves Cassayre**, ainsi que par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse et par **M. Jean Serret**, Président de la Commission de l'Eau du SAGE Drôme. J'ai également découvert, au sein des bureaux de l'ONF à Die, une équipe chaleureuse avec qui j'ai eu beaucoup de plai-

Remerciements

sir à travailler. Que toutes ces personnes trouvent ici mes plus sincères remerciements.

Ce travail a également bénéficié des conseils de **M. Jonathan B. Laronne** (Université Ben-Gurion du Negev, Beer-Sheva) avec qui nous avons évoqué à plusieurs reprises le problème de la mesure de la charge de fond. Je lui suis très reconnaissant de l'intérêt qu'il a porté à ce travail. Je tiens également à remercier **M. François Petit** (Université de Liège) et **M. G. Mathias Kondolf** (Université de Californie Berkeley) pour leur participation en tant que rapporteurs de thèse, ainsi que **M. Jean-Paul Bravard** (Université Lumière Lyon 2) et **M. Michel Goueffon** (Service RTM Grenoble) pour avoir bien voulu prendre part au jury.

Les nombreuses discussions que j'ai pu avoir avec plusieurs géographes, fins connaisseurs des montagnes drômoises, m'ont été d'un grand secours. Je pense tout particulièrement à **Fabrice Taillefumier** (Université Lumière Lyon 2), qui travaille sur la dynamique du couvert végétal à l'échelle de temps historique, ainsi qu'à **Norbert Landon** (Université Lumière Lyon 2), dont la thèse sur l'évolution du profil en long des affluents du Rhône moyen constitue le point de départ de la réflexion qui a été engagée sur les affluents.

Certaines des analyses présentées dans ce travail ont bénéficié de la participation de chercheurs extérieurs à l'Université Lyon 2. Je dois remercier **Crane Rogers** (Université Jean Monnet, Saint-Etienne) pour sa collaboration active dans la constitution des bases de données cartographiques relatives aux sous bassins versants de la Drôme, de l'Eygues et du Roubion. **Michel Pourchet** (Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble) a effectué les datations radiométriques à partir d'échantillons prélevés sur certaines basses terrasses torrentielles.

Jean-Claude Dumas, Professeur d'histoire-géographie au lycée de Die, m'a été d'un grand secours dans la recherche documentaire des articles et travaux divers publiés sur les montagnes drômoises. **Rodolphe Montagnon**, ancien étudiant de maîtrise, s'est lancé dans une navigation aérienne au-dessus des ruisseaux avec son parapente motorisé et j'ai bénéficié ainsi de prises de vues exceptionnelles. **Mohamed Ali Fredj** a passé de longues heures à carotter les pins sylvestres de la Sure dans le cadre d'un travail de maîtrise sous la direction conjointe de **Laurent Astrade** (Université Joseph Fourier, Grenoble) et de moi-même. J'ai bénéficié de la mise à disposition de données hydrologiques par **François Dols** (DIREN Valence). Que toutes ces personnes soient vivement remerciées.

Je dois également exprimer toute ma reconnaissance vis à vis des nombreuses personnes qui ont bien voulu me venir en aide lors des nombreux relevés de terrain. Une mention toute particulière doit être dédiée aux agents de l'Office National des Forêts **Bernard Chante**, **Jean-Marc Roux** et **Angelo Vivenzio** avec qui j'ai passé de longues heures à lever des profils en travers, creuser dans les bancs de graviers à la recherche des chaînes ou guetter la présence de cailloux rouges, bleus ou verts le long de la Barnavette, de l'Esconavette et de la Béoux. Voici également la longue liste des assistants de terrain impliqués dans ce dur labeur : **Éric Ancey**, **Denis Beullens**, **Fabrice Bueno**, **Stéphane**

Remerciements

Caviglia, Manu Chapron, Christelle Colangelo, Roland Dutel, Catherine Emmeriau, Daniel Eyraud, Cendrine Haillant et Mariane Néel, Béatrice Labat, Neil Lassetre, Vincent et Anthony Liébault, Frédéric Marais, Maurine Margain, Frédéric Minier, Jérémie Patonnier, Damiens Saulnier et Matt Smeltzer. Un grand merci à toutes ces personnes. Je n'oublierai pas non plus **Fabien Mascilongo**, ainsi que le personnel de l'Atelier fer de l'ONF à Die, dont l'ingéniosité dans le manie- ment du fer à souder m'a été d'un grand secours.

L'assistance logistique est également un aspect important lorsque l'on travaille loin du laboratoire de rattachement. Je remercie vivement **Franck Bourdelin, Serge Martin et Maxence Prouvot** pour leurs conseils et assistances techniques en informatique. J'ai beaucoup apprécié leur dévouement amical à la cause du thésard en déroute face aux mystères de l'informatique.

Les longues discussions du 18 rue Chevreul avec **Anne Citterio, Mélanie Cossin, Bertrand Moulin, Anne-Julia Rollet et Simon Dufour** m'ont été également utiles et agréables et je leur souhaite bien du courage dans leurs thèses respectives.

Je souhaite également saluer ici ma famille, qui a toujours su respecter mes choix. Je suivrai l'exem- ple.

Enfin, je garde le meilleur pour la fin. Comment aurais-je pu mener à bien ce travail sans le dévoue- ment inconditionnel et bienveillant de ma meilleure alliée, celle qui a bien voulu me suivre dans ce pays au relief tourmenté, qu'elle contribue aujourd'hui à promouvoir et à faire connaître au sein de l'Office de Tourisme de Die ? Si un jour un géographe des rivières se présente au comptoir, tu pour- ras lui indiquer où se trouvent les plus beaux ruisseaux du Diois. Merci à toi, **Virginie Liébault**.