

*Je cherche quand je veux ;  
Je trouve quand je peux.*  
Albert Einstein.

La première partie de notre thèse avait pour but d'introduire les problématiques liées à l'origine du langage et aux changements linguistiques. Elles insistent de plus sur l'intérêt de la modélisation informatique comme outil de recherche vis à vis de ces problématiques. Les premières conclusions ont été un ensemble de postulats qui permettent de définir le contexte général des études suivantes.

Le chapitre 4 tente d'aborder la question du mode d'émergence des langues et de la diversité linguistique sous-jacente. Notre travail repose ici principalement sur une évaluation des hypothèses de monogénèse ou de polygénèse des langues, question souvent abordée de façon biaisée par les linguistes.

Dans le chapitre 5, nous tentons dans le cadre de l'évolution ancienne des langues de déterminer par des arguments paléo-anthropologiques quand celles-ci acquièrent leur forme contemporaine. Nous nous plaçons pour cela sur le cadre des migrations humaines qui trouvèrent vraisemblablement leur source il y a près de 100,000 ans en Afrique de l'est. Nous envisageons plus particulièrement les traversées maritimes comme le signe d'un développement linguistique important.

Dans le chapitre 6 enfin, nous nous attardons sur l'évolution des langues anciennes en comparaison avec celle des langues modernes grâce à un modèle informatique. Nous tentons de mettre en valeur les dimensions du langage introduites au chapitre 2, et présentons une évaluation de leur influence sur les dynamiques d'évolution linguistique.



## Chapitre 4

# Emergence des langues et diversité linguistique

大器晚成

Le grand vase est long à parfaire.

Lao Zi.

Le chapitre 2 nous a permis d'aborder la question de l'évolution des langues selon une approche systémique. Nous avons en particulier soulevé la question de la diversité des langues, et celle des contraintes qui, par le biais des mécanismes de changement linguistique, viennent peser sur cette diversité.

Au cours de ce chapitre, nous souhaitons nous interroger sur la façon dont la diversité linguistique a pu évoluer au cours du temps depuis l'origine du langage jusqu'à l'époque contemporaine. Pour cela, il semble nécessaire d'examiner l'évolution des capacités et des comportements de nos ancêtres, afin de pouvoir construire un cadre pertinent pour l'apparition et le développement des langues et des structures linguistiques qui les composent.

Nous nous appuyons dans ce chapitre sur la terminologie que nous avons mise en place au chapitre 2, et sur les notions de dimensions distribuée et structurelle du "système langage". Dans une première partie, nous introduisons quelques postulats et une série de questions relatives à l'évolution de la diversité linguistique sous ses différents aspects. Nous nous attardons dans les deux sections suivantes sur deux problématiques fondamentales liées à l'émergence des langues et à la diversité précédente. Nous examinons tout d'abord la question de l'émergence des langues et de leurs composantes à travers l'opposition classique entre monogénèse et polygénèse. Nous tentons alors d'évaluer l'impact des facteurs cognitifs et sociaux sur le développement des langues et des structures linguistiques.

## 4.1 Problématiques de l'origine des langues et de l'évolution de la diversité linguistique

### 4.1.1 Remarques introductives et définitions

#### Émergence du langage et existence de la diversité linguistique et des langues

Il semble parfois difficile de tracer la frontière entre langues et langage à la lecture des ouvrages et articles qui portent sur leur évolution. D'un côté, les études sur l'émergence du langage ne se préoccupent que très rarement, et à juste titre, de la diversité linguistique, puisque le but visé est l'explication de l'apparition d'une faculté individuelle (en fait, une partie des études, comme celles des chercheurs en intelligence artificielle, permet l'observation de différences inter-individuelles, mais l'étude de la diversité n'est généralement pas le sujet d'étude de ces modèles qui sont centrés sur le problème de l'émergence de conventions). A l'opposé, les études sur les langues supposent le plus souvent qu'il est impossible de reconstruire les langues avant un seuil d'environ 8,000 BP, et un flou important règne sur les périodes antérieures (voir chapitre 1). Rares sont les tentatives, comme celles de Merritt Ruhlen [Ruhlen, 1994] ou Johanna Nichols [Nichols, 1992] de dépasser la frontière des 8,000 dernières années, et de tenter de lier émergence de l'espèce, migrations humaines et histoire des langues<sup>30</sup>.

Rappelons ici que nous avons défini le langage comme un système dynamique complexe. D'une part, sa distinction avec d'autres systèmes dynamiques complexes repose sur un ensemble de spécificités telles que : son aspect distribué, la spécificité de ses dimensions naturelle et structurelle, son utilisation à des fins sociales et de communication. . . D'autre part, il se différencie des autres systèmes de communication par la complexité de ses structures internes et les particularismes des éléments qui fondent sa dimension naturelle. Les idiolectes des différents locuteurs sont tous des *instanciations* du système précédent, et par extension, nous pouvons considérer que les langues ou les dialectes en sont également.

Nous pensons que langues et langage sont concomitants, dans le sens où la diversité linguistique est inséparable de l'existence d'une capacité de langage chez les individus. En d'autres termes, si des formes de langages ont pu exister il y a plusieurs millions d'années, alors des langues ou des dialectes différents existaient probablement à ces époques, même si ils étaient très différents dans leur forme des langues contemporaines. L'existence de locuteurs induit nécessairement celle de différences dans leur système de communication : cette proposition est un constat de la sociolinguistique pour les périodes actuelles. La question est de savoir s'il est possible de projeter ce constat dans le passé [Naccache, 2002].

L'un de nos postulats est le caractère fondamental du langage humain en tant qu'outil social. Cette utilisation a selon nous été constante depuis l'émergence du langage jusqu'à aujourd'hui. La constance de l'organisation sociale structurée de nos populations (comme celle des sociétés de primates), en créant des interactions tantôt attractives tantôt répulsives entre les individus, implique selon nous que des différences inter-individuelles ont existé dès l'émergence des premières formes du langage humain, afin de participer à cette structuration des communautés humaines (en termes d'alliances, de proximités ou d'oppositions entre les individus. . .).

Sur cette base, nous pensons qu'il est pertinent de ne pas nécessairement dissocier les études

---

<sup>30</sup>Notons ici la tentative de Pagel de déterminer le nombre de langues qui ont été parlées jusqu'à nos jours, selon différents scénarios d'émergence du langage [Pagel, 2000]

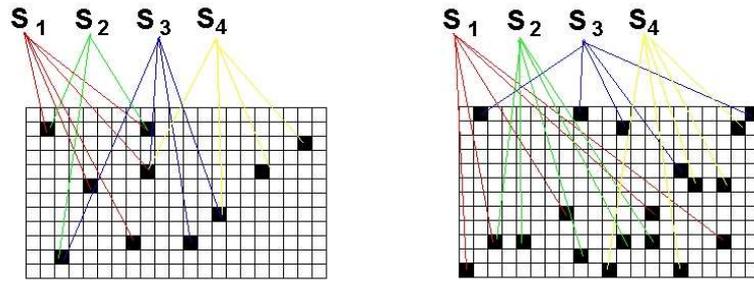


FIG. 4.1 – Diversité des états possibles et diversité des états réels

sur l'origine des langues et de la diversité linguistique de celles sur l'origine du langage. S'il n'est pas possible de connaître la structure exacte des langues dans un passé lointain, il est néanmoins légitime de s'interroger sur les structures *possibles* qui pouvaient composer les langues de la préhistoire. A cette fin, une approche pluridisciplinaire est indispensable pour franchir la limite imposée par les reconstructions linguistiques, et s'intéresser aux schémas de diversité des langues du passé.

### Diversités linguistiques

Dans le paragraphe précédent, nous rapprochons l'origine des langues de celle de la diversité linguistique, mais un certain flou demeure entre ces deux notions.

Dans le chapitre 2, nous avons défini la diversité linguistique à partir des différences *structurelles* qui peuvent exister entre deux systèmes linguistiques. Comme pour les notions de lignées et d'espèces en biologie, la relation entre langues et systèmes de structures différentes n'est pas directe, puisque tout comme la définition d'espèce se base sur l'inter-fécondité, celle de langue se base sur celle d'inter-compréhension. Toutefois, malgré quelques cas problématiques comme les chaînes dialectales... de nombreuses différences structurelles séparent généralement deux langues différentes, et un abus de langage peut nous permettre de rapprocher raisonnablement la diversité des langues de la diversité linguistique telle que nous l'avons définie au chapitre 2.

La notion d'espace des possibles a également été mise en valeur il y a deux chapitres, et la diversité linguistique repose sur une certaine structuration de cet espace.

Nous allons opérer ici une distinction supplémentaire au niveau de la diversité linguistique, sur la base de celle qui existe entre les états *possibles* et les *états* réalisés d'un ensemble de systèmes linguistiques. Le nombre d'items possibles pour composer les structures de systèmes linguistiques peut être plus ou moins important, mais les systèmes linguistiques peuvent n'être composés que d'un nombre restreint d'entre eux, et être très voisins les uns des autres. Autrement dit, il n'existe pas de lien *a priori* entre le nombre d'items disponibles pour composer les langues et la diversité de celles-ci. Notons ici qu'en conséquence, la diversité des langues à une époque donnée ne renseigne que partiellement sur l'ensemble des items possibles à cette époque.

La figure 4.1 résume la situation : dans le premier cas (schéma de gauche), les systèmes linguistiques sont composés d'un ensemble d'items restreint par rapport à l'ensemble des items possibles, tandis que dans le second cas (schéma de droite), ils font un plus grand usage de l'ensemble des éléments disponibles.

Nous nous proposons donc de distinguer deux diversités de natures différentes : la première, baptisée **diversité des états possibles**, se rapporte à la diversité des items et structures linguistiques qui peuvent être mis à profit pour la construction des systèmes linguistiques. La seconde, dénommée **diversité des systèmes** ou **diversité des états réels**, concerne quant à elle la diversité des systèmes réels qui existent à un instant donné. Nous parlerons par la suite de diversités linguistiques, et considérerons les liens qu'elles entretiennent.

Rappelons ici qu'il existe une différence entre les items et les structures linguistiques. En effet, des items composent une structure par le biais de liens qu'ils établissent entre eux pour former un tout cohérent. Ainsi, selon la nature des items linguistiques, un jeu plus ou moins important et diversifié de structures linguistiques sera possible, mais nous reviendrons sur ce point important par la suite.

Dans le cas des systèmes linguistiques, la décomposition de l'espace des possibles selon les axes syntagmatique et paradigmatic des différentes structures enchâssées induit une distribution des items linguistiques selon les axes paradigmatic des différentes composantes des structures.

#### 4.1.2 Complexité des langues et des structures linguistiques

Les structures linguistiques se composent d'un ensemble d'items linguistiques. Une approche de ces éléments repose sur l'estimation de leur complexité.

Un débat de la linguistique repose sur la question de la complexification ou de la simplification des langues au cours du temps. Cette problématique plonge ses racines profondément dans le passé, puisque Rousseau émettait déjà l'idée que le langage s'était complexifié au cours du temps depuis des formes originelles chantées (voir chapitre 1).

Comme nous l'avons déjà souligné au chapitre 2, il est difficile de définir clairement la complexité d'un système ou d'une structure linguistique. Une approche possible est celle de la théorie de la *complexité algorithmique*. Selon cette approche, la complexité d'une structure est définie comme la longueur d'un algorithme (d'un programme) permettant d'engendrer et/ou d'interpréter cette structure<sup>31</sup> (se reporter à [Gell-Mann, 1992] pour plus de détails).

Cette notion est assez intuitive : plus il est difficile de décrire ou de comprendre un problème, plus celui-ci peut-être jugé "difficile" ou "compliqué". Intuitivement encore, des phrases mettant en œuvre des propositions relatives ou coordonnées sont des structures plus complexes que des phrases ne comportant aucune subordination ou coordination de prédicats. Ceci peut-être évalué à la fois par la mesure de temps de réaction des sujets, ou par les efforts des syntacticiens pour produire des modèles cognitifs explicatifs.

Le problème de la complexité algorithmique est qu'elle est théorique, et que donc toute estimation est limitée ou repose sur des approximations. Pour les deux mesures précédentes par exemple, il est possible d'argumenter que le temps de réaction des sujets est biaisé par les structures psychologiques et cognitives mises en œuvre, ou que les modèles des syntacticiens ne sont que des approches partielles et très éloignées de la description la plus performante. Néanmoins, pour les besoins de notre argumentation, il n'est pas nécessaire de résoudre ces problèmes, et nous envisagerons donc la complexité selon une approche intuitive et générale.

Comme pour la notion de la diversité, il est possible de distinguer la complexité des items et des structures linguistiques disponibles pour former un système linguistique de celle des structures et des systèmes qui existent effectivement dans un contexte donné. Nous parlerons donc

---

<sup>31</sup>Pour une application de la complexité algorithmique (selon le principe de *Minimum Description Length* de Rissanen) à la comparaison de systèmes phonologiques, on pourra se reporter à [Patrick et al., 1997]

de complexités, en détaillant une **complexité des états possibles** et une **complexité des systèmes** ou **complexité des états réels**.

### 4.1.3 Problématiques et questions relatives à l'origine des langues et des diversités linguistiques

Nous souhaitons juste ici soulever plusieurs questions relatives à l'émergence des langues ainsi qu'à l'évolution *des* diversités et complexités linguistiques au cours de la préhistoire.

#### Complexités et diversités

Une première problématique est celle de l'évolution des complexités et des diversités linguistiques au cours du temps et de l'évolution humaine. A partir des définitions des paragraphes précédents, différentes questions se posent naturellement, entre autres :

- comment a évolué la diversité des langues au cours du temps ?
- comment caractériser le lien entre la diversité des états possibles et diversité réelle ?
- comment s'est opéré l'accroissement de complexité des états possibles au cours du temps, et comment cela s'est-il reflété dans la complexité des systèmes réels ? Quelles ont été les forces ayant conduit à cette accroissement ?

Répondre à ces questions nécessite de se pencher sur l'évolution humaine de façon générale, et en particulier sur celle des structures sociales et des capacités cognitives et physiologiques. Etablir des liens entre ces différents domaines fera partie de nos objectifs aux sections 2 et 5 de ce chapitre.

#### Emergence des langues et de la diversité

S'intéresser à l'origine des langues et à celle de la diversité linguistique nécessite de s'intéresser à la fois au développement de ces éléments au cours de la préhistoire, mais également à leur mode d'émergence. Il s'agit donc de s'intéresser ici à l'*émergence* du langage et des langues, comme l'ont fait de nombreux scientifiques, mais selon un angle systémique et structurel, dans le prolongement de l'approche introduite au second chapitre. La mise en perspective des dimensions structurelle, distribuée et naturelle du "système langage" dans une perspective d'émergence conduit naturellement aux questions suivantes :

- Comment et quand les éléments qui composent la dimension structurelle du langage sont-ils apparus dans les communautés formées par nos ancêtres ? Ces éléments ont-ils tous émergé simultanément ou chacun est-il apparu de façon indépendante ? Y a-t-il eu un unique foyer d'émergence ou plusieurs foyers indépendants ?
- Quelles ont été les transformations de la dimension naturelle qui ont conduit à l'émergence des composants de la dimension structurelle ? Quelle a été la *dynamique temporelle* d'émergence des items linguistiques à partir des transformations de la dimension naturelle ?

On retrouve ici nombre des questions qui sont au centre de la problématique générale de l'origine du langage. Nous espérons que l'approche que nous allons maintenant développer permettra d'aborder le sujet sous un angle différent et enrichissant.

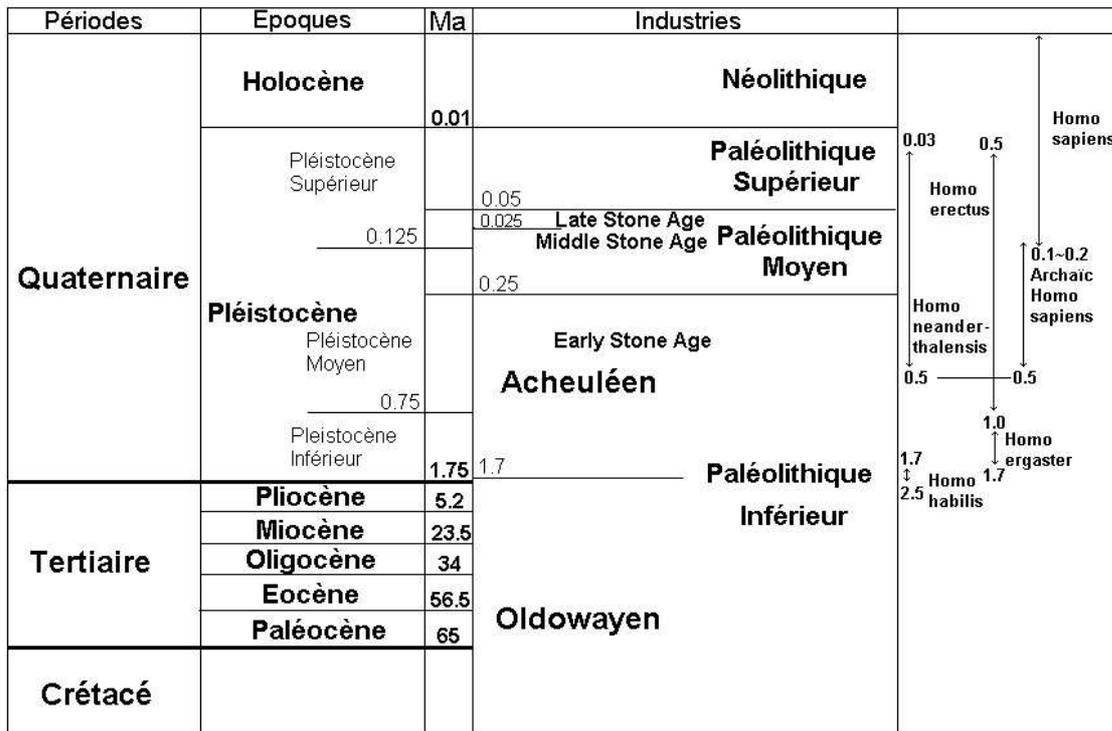


FIG. 4.2 – Epoques et industries de la préhistoire

## 4.2 Démographie et organisation sociale des populations préhistoriques

Afin d’aborder les questions précédentes, une certaine connaissance des structures sociales et des capacités cognitives et physiologiques de nos ancêtres est nécessaire. Avant de développer les modèles et simulations informatiques que nous avons réalisés, nous allons introduire quelques éléments de paléo-démographie qui permettront de mieux estimer par la suite l’impact de la structure de la macro-population humaine sur l’émergence du langage et des langues.

Nous examinons successivement ici les questions de taille, de structure et de densité des populations humaines préhistoriques, avant de détailler plus précisément un point important de cette organisation populationnelle : la fréquence des contacts entre groupes humains, et la qualité de ceux-ci. Notre but n’est pas ici de parler d’évolution linguistique, mais uniquement de décrire le contexte dans lequel celle-ci a pu prendre place.

### 4.2.1 Introduction : époques et industries de la préhistoire

Dans la suite, de notre exposé, nous allons argumenter sur des phénomènes qui ont pu se produire tout au long de la préhistoire. Pour les délimiter dans le temps, nous aurons naturellement recours aux segmentations classiques en époques ou industries lithiques utilisées par les archéologues ou paléo-anthropologues. La figure 4.2 résume ces différentes périodes à partir de différentes sources bibliographiques (voir en particulier [Klein, 1999] p. 22, p. 575 et p. 576).

## 4.2.2 Notions de paléo-démographie

Les conditions démographiques ont un impact important sur la diversité des langues. Si ceci peut-être masqué par des études centrées sur des communautés d'individus de pays développés et de fortes densités de population, l'examen de populations de faible densité (dans des régions difficiles comme la Sibérie par exemple) montre que la diversification des langues est influencée par ce facteur [Jacquesson, 2001].

Cet exemple est choisi à dessein : comme les données qui vont suivre vont avoir tendance à l'indiquer, il est très vraisemblable que les populations préhistoriques étaient beaucoup plus restreintes que les populations actuelles. Les prochains paragraphes décrivent quelques arguments qui mènent à ces conclusions.

### Taille et structure des populations humaines au cours de la préhistoire

La taille et la structure des populations humaines ont évolué au cours du temps. Deux sources de données permettent d'estimer ce phénomène, bien que la tâche soit difficile : les données archéologiques et les données de génétique des populations. En outre, les études ethnographiques des populations de chasseurs-collecteurs peuvent servir de référence utile, tout en ne perdant pas de vue que la projection dans le passé n'est pas toujours directe et pertinente.

**Données archéologiques et ethnographiques.** Les données archéologiques permettent tout d'abord de détecter des événements de spéciation. Un exemple clair, visible tant au niveau morphologique qu'au niveau comportemental (perfectionnement des outils), est celui conduisant à l'émergence d'*Homo erectus* [Hawks et al., 2000] (p. 3-7). En outre, elles permettent d'estimer la répartition des populations sur le globe et la taille des groupes humains qui habitaient les sites découverts. Connaître ainsi la structure de la macro-population est très important pour déterminer ses homogénéités et ses hétérogénéités, et leurs conséquences aux niveaux génétique ou culturel.

Les données archéologiques (grâce à l'arrangement et à la surface des sites) pointent vers une structuration en petits groupes de quelques dizaines d'individus au cours du Paléolithique, avec une moyenne d'environ 25 personnes [Hassan, 1981] (p. 93-94). La comparaison des données archéologiques avec les données ethnographiques confirme une taille de groupe entre 15 et 50 individus, et la moyenne de 25 apparaît comme indépendante du temps, du type d'habitat et de la densité [Hassan, 1981] (p. 53).

Les groupes humains se déplaçaient très vraisemblablement pour exploiter différentes régions, et au gré des fluctuations environnementales. Pour ces dernières, la variation du climat liée aux périodes successives de glaciation a probablement joué un rôle fondamental, à la base par exemple de la première sortie hors d'Afrique des Erectus (ou d'*Homo ergaster* selon les théories sur la phylogénie humaine) il y a près de 1.8 million d'années, ou des contractions et expansions des populations Européennes au cours du Paléolithique Supérieur [Bocquet-Appel and Demars, 2000].

**Données génétiques** Parallèlement aux données archéologiques, les données sur la variabilité génétique des populations actuelles permettent d'apprécier l'histoire de la *population effective humaine* à différentes époques. Cette population, qui est celle qui participe à la pérennité de l'espèce (et donc la seule observable grâce au patrimoine génétique actuel), est toutefois différente de la taille de la population totale, ce qui peut-être source de complications (voir plus bas).

La propriété fondamentale sur laquelle repose l'ensemble de ces études est la suivante : les événements démographiques du passé se reflètent dans la distribution des génomes des populations actuelles.

Les goulots d'étranglement génétique (*bottlenecks*) ou les accroissements brusques ou graduels de population, dus à des événements écologiques, de spéciation etc., sont une première classe de phénomènes qui laissent des empreintes génétiques. Un *bottleneck* est une période où la population à l'origine de la variabilité génétique ultérieure (autrement dit la population effective) est réduite à un faible nombre d'individus. Les conséquences génétiques d'un bottleneck dépendent à la fois du nombre d'individus et de la durée de cette réduction de la taille de la population effective.

Les migrations humaines forment une deuxième classe d'observables, et sont de plus en plus étudiées pour les périodes récentes du Néolithique, du Paléolithique Supérieur et de la seconde partie du Paléolithique Moyen.

Il faut cependant noter la multitude de facteurs qui viennent composer la diversité génétique actuelle, et la grande difficulté de reconstruire précisément les événements démographiques du passé à partir de celle-ci. Un bottleneck aura ainsi tendance par exemple à masquer et effacer la diversité antérieure d'une population, puisque les descendants post-bottleneck seront tous pourvus de gènes issus d'un pool commun réduit formant un sous-ensemble du pool originel.

Il est relativement bien accepté qu'un premier goulot d'étranglement correspond à la spéciation de l'espèce *Homo erectus* (ou *Homo ergaster*) il y a environ 1.8 millions d'années, principalement grâce aux données archéologiques.

Deux propositions s'opposent ensuite pour l'évolution ultérieure de la population humaine, et se rattachent en fait aux deux grandes hypothèses sur l'origine de l'homme moderne (voir chapitre 1) : l'hypothèse *Out of Africa* et celle de la continuité régionale. La première hypothèse se divise en fait en deux, l'hypothèse du jardin d'Eden forte (*strong Garden of Eden hypothesis*), et l'hypothèse faible (*weak Garden of Eden hypothesis*) : la première postule une expansion continue des populations *Homo sapiens* apparues en Afrique, tandis que la seconde préconise une expansion d'abord lente (avec peu d'individus), puis des événements de croissance plus importants de plusieurs populations filles en différentes régions du globe. En tant que non-spécialiste, il est difficile de choisir une des hypothèses sur la base de critères solides, même si les chercheurs concernés semblent de plus en plus favoriser l'hypothèse *Out of Africa*. Si nous suivons cette tendance au cours du chapitre 5, nous étudierons les différents scénarios dans ce chapitre sans faire de choix.

Dans le cas de l'hypothèse *Out of Africa*, un bottleneck correspondrait à l'événement de spéciation menant à notre espèce. Les données sur l'ADN mitochondrial des populations actuelles conduisent par exemple à une plage temporelle importante pour le temps de coalescence, avec une moyenne d'environ 200,000 ans, et une population effective lors du bottleneck d'environ 8,800 individus [Hawks et al., 2000] (p. 9)<sup>32</sup>. Différentes études sur différents marqueurs génétiques conduisent à des conclusions et des dates légèrement différentes :

- à partir de l'étude des distributions des différences 2 à 2 (*mismatch distributions* ou *distributions of pairwise differences*) des séquences d'ADN mitochondrial, [Harpending et al., 1993] favorisent l'hypothèse faible du jardin d'Eden et des expansions majeures entre 80,000 et 30,000 BP, les plus anciennes ayant lieu en Afrique. Un nombre initial de femmes entre

---

<sup>32</sup>Notons ici que le temps de coalescence ne correspond en fait pas directement à une date d'existence de notre ancêtre commun le plus récent, mais à la taille de la population initiale [Harpending et al., 1993] (p. 484).

1,000 et 10,000 est mentionné pour la fin du Pléistocène Moyen (p. 484) ;

- [Takahata et al., 1995], par des techniques de maximum de vraisemblance (*maximum likelihood*) pour des comparaisons de séquences de nucléotides, déterminent une population effective de 10,000 individus au cours du dernier million d'années (p. 201). Les systèmes génétiques étudiés ne permettent pas d'observer une expansion récente (après 100,000 BP) de la population humaine. En outre, de façon consistante avec d'autres études sur le complexe majeur d'histocompatibilité, les auteurs concluent à une population ancestrale beaucoup plus importante au cours du Pliocène (de 5 à 1.8 millions d'années BP) et du Miocène (de 23 à 5 millions d'années BP). Des variations importantes de population ont donc eu lieu (p. 217-218) ;
- [Sherry et al., 1997] étudient les insertions Alu et arrivent à une population effective d'environ 18,000 individus au cours des un à deux derniers millions d'années. Cette faible estimation ne correspond pas simplement pour les auteurs à un bottleneck lors du Pléistocène Supérieur, mais reflètent notre descendance d'une population archaïque qui est restée faible pendant la plus grande partie du Pléistocène Moyen et du Pléistocène Supérieur (p. 1980) ; En outre, la différence entre la valeur de 18,000 individus au cours de la période [2,000,000 BP ; 500,000 BP] et les valeurs plus faibles obtenues avec l'ADN mitochondrial suggère une contraction *modérée* il y a environ 200,000 ans, et un isolement génétique de nos ancêtres (taille effective de 10,000 à 20,000, et isolement vis à vis de la macro-population terrestre) au cours du Pléistocène [Sherry et al., 1997] (p. 1981). Cette hypothèse d'un bottleneck *long-neck* va à l'encontre de l'hypothèse *hourglass* qui suppose une connection de la population archaïque au réseau d'échanges génétiques de l'ensemble de l'espace occupé par les Erectus [Harpending et al., 1998] (p. 1961-1962) ;
- des études sur les polymorphismes de loci situés sur des micro-satellites suggèrent comme précédemment que les populations humaines modernes ne connurent des expansions importantes (en Afrique, en Europe et en Asie orientale) que longtemps après leur sortie hors d'Afrique [Zhitovovskiy et al., 2000]. L'absence de croissance de certaines populations comme en Amérique du sud ou en Océanie peut s'expliquer par des bottlenecks récents au cours de l'Holocène [Excoffier and Schneider, 1999].

Le modèle d'évolution multi-régionale repose sur l'hypothèse d'une absence de bottleneck lors de l'apparition de l'homme moderne, ce qui est en accord avec une évolution *in situ* des populations Erectus vers les formes plus modernes. [Hawks et al., 2000] tentent d'aller à l'encontre des résultats précédents. Tout en accréditant le fait qu'aucun bottleneck important n'a pris place au Pléistocène Supérieur (125,000 - 10,000 BP) (p. 11), les auteurs tentent de démontrer que le modèle *long-neck* de [Harpending et al., 1998] n'est pas valide. Ils rejettent une partie des études précédentes, entre autres sur la base d'une possible sélection pour les systèmes haploïdes et les gènes autosomaux (p. 15).

Un des points importants est la difficulté de distinguer la population réelle (ou *census population*) de la population effective. La première est constituée par l'ensemble des individus à une époque donnée, tandis que la seconde n'est constituée que par les individus qui participent à la génération suivante. En citant une étude établissant un ratio de 2 pour 1 entre les deux populations précédentes (p. 1962), [Harpending et al., 1998] pensent qu'il est impossible que la population ayant conduit aux populations actuelles, de l'ordre de quelques dizaines de milliers d'individus, ait pu occuper l'ensemble des zones où la présence d'Erectus est attestée (p. 1961). A l'opposé, [Hawks et al., 2000] argumentent sur le fait que la population de census a pu être bien plus importante que la population effective, ce qui rend possible le modèle d'évolution multi-

régionale. Des extinctions locales et des recolonisations fréquentes, en particulier hors d'Afrique dans les régions périphériques d'occupation, peuvent être à l'origine de ce ratio plus important. [Takahata et al., 1995] reprend cette possibilité, due aux variations des conditions écologiques et à la grande dispersion de la macro-population, pour expliquer la faible population effective au cours du Paléolithique (p. 218).

Notons avant de conclure qu'une quatrième source de données peut-être utilisée pour détecter des variations de taille de population, mais ceci de façon relative : il s'agit de la variation des habitudes de consommation des populations au cours du temps. Une étude sur deux sites en Italie et en Israël rapporte par exemple que certaines périodes montrent un accroissement de la consommation de petits gibiers agiles (lapins, perdrix...) comparativement à un gibier également de petite taille mais plus lent (tortues, coquillages...). Ces variations sont indépendantes du climat, et traduisent une diminution du second type de gibier, liée à une exploitation humaine plus intense due à une augmentation de la population. Cette dernière aurait ainsi connu plusieurs fluctuations importantes au début du Paléolithique Supérieur (50,000 - 10,000 BP) et à l'Epi-Paléolithique (période finale du Paléolithique Supérieur et période de transition vers le Mésolithique entre 12,000 et 10,000 BP environ). En comparaison, les pulsations populationnelles (c'est à dire les suites d'accroissements et de diminutions de la population) sur les deux sites étaient moins importantes au Paléolithique Moyen (250,000 - 50,000 BP), et la distribution du gibier consommé indique que les populations étaient extrêmement faibles (p. 193) [Stiner et al., 1999].

Il semble difficile de trancher à l'heure actuelle sur le modèle génétique ayant conduit à l'émergence de la population contemporaine lors du Pléistocène supérieur. Néanmoins, il semble vraisemblable que la taille de la macro-population humaine fut très faible avant l'explosion démographique du Néolithique (après 10,000 BP) liée à l'apparition de l'agriculture. Diverses estimations pour la population *Erectus* de l'Afrique, de l'Asie et de l'Europe sont voisines de 500,000 individus il y a entre 500,000 et un million d'années, tandis que des estimations pour le Paléolithique Moyen (250,000 - 50,000 BP) varient de 500,000 à plus d'un million d'individus [Hawks et al., 2000] (p. 12). Des fluctuations régionales importantes se sont en outre probablement produites plusieurs fois au cours des dernières centaines de milliers d'années.

Si l'on superpose à ces conclusions la structuration en groupes de cette population, nous arrivons à un nombre de groupes humains extrêmement faible pour des surfaces très importantes. C'est ce problème de la densité que nous allons examiner maintenant.

### **Densité des populations préhistoriques**

La taille et la structure des populations forment un point d'ancrage pour l'estimation de l'impact des facteurs sociaux sur les homogénéités ou hétérogénéités de ces populations. Néanmoins, elles ne prennent de sens que dans un contexte géographique qui permet d'apprécier les densités de population. Afin de fixer les échelles de valeurs, les tables 4.1 et 4.2 donnent respectivement les surfaces actuelles de différentes zones terrestres émergées et des exemples de densité globale de groupes humains en fonction de la surface habitée et du nombre de groupes. Les deux premières lignes de la table 4.2 donnent une correspondance entre le nombre de groupes et la taille de la population globale si l'on considère une moyenne de 25 individus par groupe.

Comme déjà dit plus haut, de trop faibles densités de population ne sont pas pertinentes d'un point de vue génétique. En outre, il n'est pas cohérent d'assumer une densité égale sur

	Aire en $km^2$ (époque actuelle)
Terre entière	510,072,200
Terre émergées	148,939,800
Terre immergées	361,132,400
Asie	44,547,800
Afrique	30,043,900
Amérique du Nord	24,255,200
Amérique du Sud	17,819,100
Europe	10,404,000
Australie	7,687,100

TAB. 4.1 – Surfaces des continents terrestres

Taille de la macro-population	10,000	25,000	125,000	250,000	1,250,000	2,500,000	5,000,000	12,500,000
Surface ( $km^2$ ) / Nombre de groupes	400	1,000	5,000	10,000	50,000	100,000	200,000	500,000
1,000,000	4E-4	1E-3	5E-3	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5
5,000,000	8E-5	2E-4	1E-3	2E-3	0.01	0.02	0.04	0.1
10,000,000	4E-5	1E-4	5E-4	1E-3	5E-3	0.01	0.02	0.05
25,000,000	1.6E-5	4E-5	2E-4	4E-4	2E-3	4E-3	8E-3	0.02
50,000,000	8E-6	2E-5	1E-4	2E-4	1E-3	2E-3	4E-3	0.01
100,000,000	4E-6	1E-5	5E-5	1E-4	5E-4	1E-3	2E-3	5E-3

TAB. 4.2 – Calcul des densités moyennes de groupes humains pour différents couples surface / nombre de groupes

l'ensemble des territoires habités. Au contraire, les groupes étaient vraisemblablement situés le long des cours d'eau, dans des régions riches en nourriture, près des côtes... Des régions de densités plus importantes étaient donc séparées par des régions de densités plus faibles. Ceci devait logiquement augmenter la fréquence des contacts dans les régions de plus forte densité, et réduire les contacts entre ces régions.

Les données ethnographiques sur les populations récentes ou contemporaines de chasseurs-collecteurs sont une riche source de renseignements pour juger les données précédentes. La projection dans le passé est à réaliser avec prudence (puisque les populations contemporaines peuvent présenter des caractéristiques différentes de celles des groupes préhistoriques), mais elle est néanmoins utile pour pallier la relative pauvreté des connaissances. Les données suivantes prennent pour exemple le cas de l'Europe.

En ce qui concerne la densité des populations, la table 4.3 présente les tailles de plusieurs populations de chasseurs-collecteurs au cours des derniers siècles, ainsi que la surface du territoire sur lequel elles étaient distribuées [Biraben et al., 1997]. A partir de ces données et de la surface de l'Europe à différentes époques, les auteurs tentent d'estimer la population européenne au cours d'une partie de la préhistoire. La cinquième colonne, rajoutée par nos soins aux données originales, donne la densité en nombre de groupes humains (de 25 individus en moyenne) par  $km^2$ , calculée simplement en divisant par 25 la densité des populations qui servent de sources de comparaison. Notons ici que le nom Würm correspond à la période de la dernière glaciation (grossièrement entre 75,000 et 5,000 BP) et celui de Riss-Würm à l'avant-dernier stade interglaciaire (c'est à dire avant celui où nous nous trouvons), entre 125,000 et 75,000 BP<sup>33</sup>.

<sup>33</sup>Les noms de Würm, Riss, Mindel et Günz correspondent à des périodes de glaciation qui ont pris place au

Source de comparaison	Population	Surface	Estimation de la population pour l'Europe selon la densité de la source de comparaison	Densité en groupes de 25 individus par $km^2$
Tasmanie (XVII, XVIII)	2,000	68,350	250,000 (Riss-Würm)	1.2E-3
Béothucs de Terre Neuve (XVII)	600	110,000	44,000 (Würm)	2.2E-4
Australie (1788)	300,000	7,620,000	300,000	1.6E-3
Alaska (1741)	80,000	1,520,000	56,000	2.1E-3
Sibérie orientale (XVII)	44,820	1,671,400	268,000	1.1E-3

TAB. 4.3 – Taille et densité de plusieurs populations de chasseurs-collecteurs des derniers siècles

Epoque	Population estimée	Densité en groupes par $km^2$
Würm I et II (70,000 - 35,000 BP)	50,000 - 70,000	2.5E-4 - 3.5E-4
30 000 - 16 000	140 000 - 170 000	7E-4 - 8.5E-4
16 000 - 10,000	200,000	1E-3
Magdalénien (-10 000 - -8700)	250,000	1.25E-3

TAB. 4.4 – Estimations de la taille et de la densité de la population en Europe au Paléolithique Moyen et au Paléolithique Supérieur

A partir des données ethnographiques, les auteurs cherchent à estimer la population des Néandertals à l'époque Moustérienne en mettant en correspondance l'environnement des populations récentes de chasseurs-collecteurs et les différents paléo-climats du Paléolithique. L'Australie et la Tasmanie présentent un climat proche de celui des périodes tempérées des épisodes interglaciaires en Europe (en particulier épisode Riss-Würm), tandis que l'Alaska et Terre-Neuve correspondent plutôt aux épisodes glaciaires. En tentant de modérer les données précédentes par les techniques de chasse ou de pêche des populations concernées, et sur la base d'autres données archéologiques, l'estimation par les auteurs de la population européenne totale au cours de la longue période de l'Acheuléen Ancien et Moyen (entre environ 1,700,000 et 350,000 BP) en Europe est entre 15,000 et 25,000 habitants, alors qu'elle évaluée à entre 25,000 et 35,000, voire à 40,000 au cours de l'Acheuléen récent (entre 350,000 et 250,000 BP environ).

Pour les périodes plus récentes du paléolithique Supérieur (50,000 - 10,000 BP), les comparaisons avec des pêcheurs-chasseurs-collecteurs contemporains vivant sous un climat très froid et des données archéologiques amènent les auteurs à des estimations plus importantes. La table 4.4 donne ces estimations, ainsi que les densités en groupes correspondantes. La surface habitable de l'Europe est estimée à environ 8,000,000  $km^2$ , en tenant compte à la fois du niveau des mers et de l'avancée des glaciers. Notons que pour les périodes les plus récentes avant la transition Néolithique (Epi-Paléolithique), la taille moyenne des groupes était probablement plus importante que pour les périodes antérieures. Encore une fois, les densités des différentes régions étaient vraisemblablement très hétérogènes.

---

cours des dernières centaines de milliers d'années (de la plus récente à la plus ancienne). Ces périodes sont ensuite découpées en subdivisions : Würm I, Würm II... Le nom d'une période inter-glaciaire est formé en accolant les noms des deux périodes glaciaires que celle-ci sépare. Cette classification ancienne du paléo-climat a été relativisée depuis par les mesures effectuées sur les roches des planchers océaniques [Klein, 1999] (p. 56-57).

### Fréquence des contacts entre groupes humains

Connaissant la densité des groupes de population humaine, il est possible d'estimer partiellement la fréquence de leurs contacts. C'est cette dernière qui est d'importance dans la diffusion d'éléments génétiques, culturels et éventuellement linguistiques. En supposant par exemple une densité de 0.001 ou 0.0001 groupes par kilomètre carré, il n'est pas évident d'estimer intuitivement si les contacts entre groupes se produisaient en moyenne tous les mois, tous les 6 mois ou tous les 10 ans.

Un paramètre important rentre ici en jeu selon nous : celui de la taille du territoire des groupes humains. En effet, plus celui-ci était important, plus les individus du groupe avaient la possibilité de détecter la présence d'autres groupes. La table 4.5 donne plusieurs estimations à partir de mesures sur différents sites archéologiques (d'après [Biraben et al., 1997]).

Lieu	Date	Taille du territoire
Caune de l'Arago, clan Tayacien	250,000 ans	500 $km^2$
Fontmaure en Vellèches (confluent Vienne - Creuse), campement moustérien de plateaux	75,000 ans	100 $km^2$
Sept ensembles de gisement le long de la Vienne et du Clain	75,000 ans	espaces de 15 à 30 kms entre les gisements

TAB. 4.5 – Estimation de la taille des territoires des groupes humains pour différents sites archéologiques, d'après [Biraben et al., 1997]

Hassan conclut également à une taille des “*home ranges*” ou “*catchment territories*” d'environ 300  $km^2$ , ce qui peut correspondre à une taille maximale pour partir chasser le jour et rentrer au campement pour la nuit [Hassan, 1981] (p. 53-54).

Une première façon de calculer la fréquence des contacts est d'envisager une analogie avec un phénomène physique bien connu : les chocs entre molécules de gaz dits parfaits. Le calcul de la pression d'un gaz parfait repose sur son énergie interne, qui elle même repose sur la fréquence des chocs entre molécules. Pour calculer celle dernière, chaque molécule est modélisée par une sphère de rayon  $\varepsilon$  qui se déplace de façon unidirectionnelle entre deux chocs consécutifs à la vitesse  $v$  (voir figure 4.3).

Pendant une période  $\Delta t$ , le volume balayé par la sphère est égal à  $V = 2 \times \varepsilon \times \Delta t \times v$ . Le nombre de molécules qui se trouveront partiellement dans ce volume sera égale à  $d \times V$ . Si l'on choisit  $\Delta t$  égale à la durée moyenne entre deux contacts, le nombre de molécules qui se trouveront dans le volume sera égal à 1. On peut alors écrire les égalités suivantes :

$$2 \times d \times \varepsilon \times T \times v = 1 \longrightarrow f = 2 \times d \times \varepsilon \times v$$

$f$  est la fréquence de contact entre groupes, et  $T$  la période de temps moyenne entre deux contacts.

Nous pouvons transposer cette situation au cas de groupes humains en déplacement et pouvant détecter la présence d'autres groupes dans un certain périmètre autour d'eux. Le passage

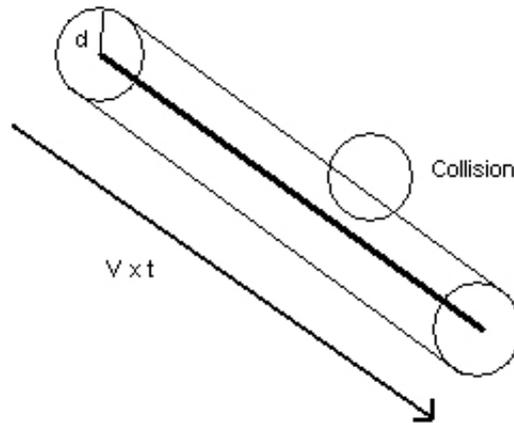


FIG. 4.3 – Schéma des chocs des molécules de gaz parfait

d'un espace tridimensionnel à un espace bidimensionnel se fait sans difficulté en remplaçant le volume manipulé précédemment par une aire. Si l'on considère un territoire en forme de disque,  $\varepsilon$  devient le rayon de ce périmètre. Pour un territoire d'environ  $300 \text{ km}^2$  par exemple,  $\varepsilon$  vaut 10 kilomètres. La table 4.6 donne le temps moyen en années entre deux contacts pour différentes vitesses de déplacement et densités avec  $\varepsilon = 10 \text{ km}$ . Les estimations d'un kilomètre par an de Cavalli-Sforza pour les vitesses de déplacement des agriculteurs en Europe doivent probablement être revues légèrement à la hausse pour les chasseurs-collecteurs, d'où le choix des valeurs de la table 4.6 [Cavalli-Sforza et al., 1994].

densité ( $\text{groupes.km}^{-2}$ ) / $v$ ( $\text{km.an}^{-1}$ )	1	2	5	10
0.0001	500	250	100	50
0.001	50	25	10	5
0.01	5	2.5	1	0.5
0.1	0.5	0.25	0.1	0.05

TAB. 4.6 – Fréquence de contact d'après le modèle des gaz parfaits pour  $\varepsilon = 10 \text{ km}$

Il est intéressant de juger ces valeurs par rapport aux densités de groupes humains mentionnées plus haut. Pour une population de 1,250,000 individus et un territoire de  $25,000,000 \text{ km}^2$ , ce qui correspondrait à la situation dans la seconde partie du Paléolithique Inférieur et au Paléolithique Moyen pour la macro-population Erectus, une densité de  $4\text{E-}3$  groupes par  $\text{km}^2$  correspond à une fréquence moyenne de contact de l'ordre de 1 pour 100 ans. Si l'on assume des hétérogénéités de densité, il semble raisonnable d'envisager des contacts avec une fréquence de 1 pour quelques années dans les zones de plus forte densité. Pour une population de 25,000 individus située sur une région de  $5,000,000 \text{ km}^2$  (l'Afrique de l'est par exemple pour l'émergence des *Homo sapiens*), la densité de  $2\text{E-}3$  groupes par  $\text{km}^2$  conduit à des fréquences de contact équivalentes.

Dans le modèle précédent, les déplacements sont unidirectionnels entre deux contacts. Néanmoins, il semble raisonnable d'estimer que la situation réelle fut différente, et que les groupes humains se déplaçaient de façon plus aléatoire, avec l'existence de contraintes écologiques plus ou moins fortes. S'il est extrêmement difficile de prendre en compte les obstacles naturels, l'utilisation des ressources, la compétition entre groupes, les motivations des individus etc., il est cependant possible d'envisager différentes situations plus abstraites ; l'idée est que des mouvements plus aléatoires vont réduire la fréquence des contacts, puisque l'aire balayée par chaque groupe au cours du temps est moins importante que dans le cas de mouvements unidirectionnels.

Un premier cas est d'envisager des mouvements totalement aléatoires pour les groupes humains. On parle alors en physique de mouvements browniens ou *random walks* (figure 4.4). Ces derniers ont des caractéristiques intéressantes selon la dimension du problème (en dimension 1 ou 2, un chemin aléatoire atteint tout point de l'espace avec une probabilité non nulle au bout d'un certain temps, mais ceci n'est plus le cas en dimension supérieure). Par le biais de son périmètre de contact, chaque groupe balaye au cours du temps une certaine surface baptisée *saucisse de Wiener*. Calculer la fréquence de contacts entre des groupes humains se déplaçant aléatoirement revient à calculer la fréquence des intersections entre saucisses de Wiener. Ce problème se révèle en fait très complexe, et la situation est tout aussi délicate si l'on envisage des mouvements *pseudo-browniens*. Dans ce dernier cas, comme le décrit la figure 4.5, les agents changent de direction à chaque pas de temps, mais de façon plus ou moins limitée, déterminée par un angle  $\alpha$ . Notons ici qu'une valeur nulle de l'angle correspond au cas des molécules du gaz parfait, et une valeur de  $\pi$  au cas des mouvements browniens.

A l'aide d'un modèle multi-agents très simple, nous avons étudié la fréquence des contacts en fonction des différents paramètres  $r$ ,  $\alpha$  et  $v$ , à savoir respectivement le rayon du territoire du groupe, l'angle de changement de direction maximal et la vitesse de déplacement. Chaque agent représente un groupe humain, et la fréquence moyenne des contacts au cours d'une période de temps  $T$  est mesurée pour différents jeux de paramètres. Comme le résument les figures 4.6 et 4.7, la fréquence des contacts diminue lorsque l'angle de changement de direction  $\alpha$  augmente, bien que la relation entre la fréquence et les différents paramètres ne soit pas linéaire.

Il semble vraisemblable d'envisager des mouvements de type pseudo-browniens peu directionnels pour les mouvements des groupes de chasseurs-collecteurs (par exemple, mouvements pseudo-cycliques pour suivre les saisons). Dès lors, les conclusions que nous pouvons tirer de l'expérience précédente sont que les fréquences de contact données par le modèle des gaz parfaits peuvent être revues à la baisse de façon assez conséquente. Ceci renforce notre hypothèse de fréquences de contacts de l'ordre de 1 pour quelques dizaines d'années. Si quelques groupes avaient des relations plus fréquentes entre eux dans des zones de plus fortes densités, leurs relations avec les groupes hors de cette zone étaient à l'inverse extrêmement réduites.

### Schémas d'interaction entre les différents groupes humains

La dernière étape que nous souhaitons aborder est un prolongement logique de la question de la fréquence des contacts entre individus : si des contacts avaient bien lieu plus ou moins fréquemment, quelle était leur nature ? Résultaient-ils toujours en une confrontation violente, ou parfois en des échanges plus amicaux ? Ces questions sont d'importance pour mieux évaluer les possibilités d'échanges (culturels ou génétiques) entre les différents groupes humains, et la possibilité de diffusion d'innovations dans la macro-population.

Notre hypothèse est que de nombreux contacts conduisaient à des échanges génétiques ou culturels, comme nous allons le détailler rapidement.

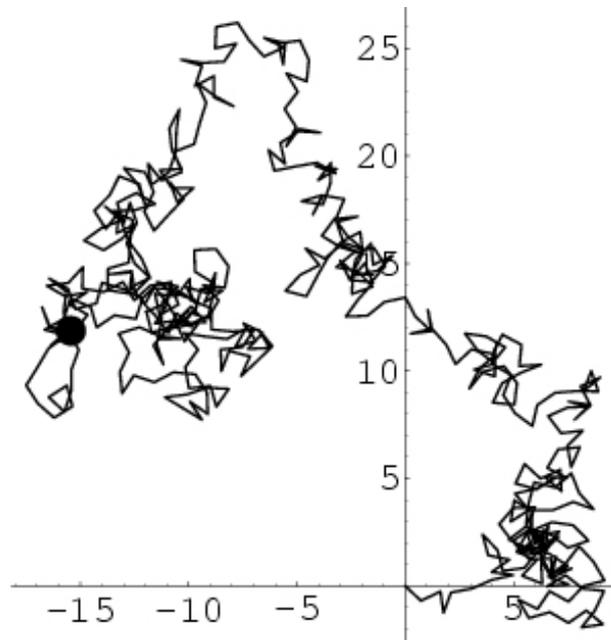


FIG. 4.4 – Un exemple de mouvement brownien en dimension 2

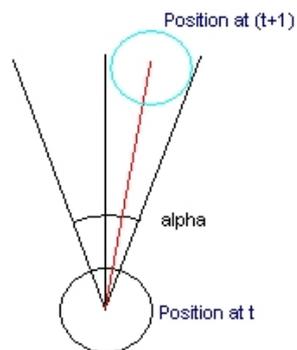


FIG. 4.5 – Mouvement pseudo-brownien

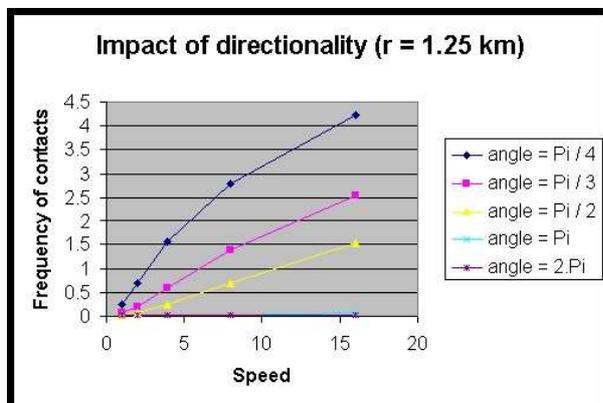


FIG. 4.6 – Impact de la directionnalité sur la fréquence de contact pour différents angles de variation de la direction ( $r = 1.25km$ )

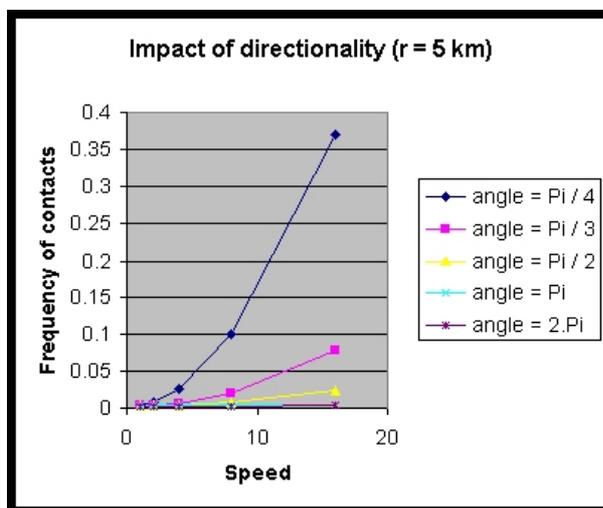


FIG. 4.7 – Impact de la directionnalité sur la fréquence de contact pour différents angles de variation de la direction ( $r = 5km$ )

Un premier point est que la très faible taille des groupes nécessitait vraisemblablement des échanges génétiques afin de préserver les populations de problèmes d'endogamie trop importants. Nous pensons ici que les échanges maritaux ou les vols de femmes, qui sont toujours une composante importante de la vie de nombreuses populations de chasseurs-collecteurs actuelles (voir par exemple les schémas complexes d'exogamie linguistique en Australie [Dixon, 1980a]), peuvent remonter de façon fort lointaine dans le passé.

Tout en apportant des gènes nouveaux au patrimoine du groupe, les échanges d'individus formaient également un lien culturel entre les groupes, permettant la diffusion d'innovations culturelles. Notons ici que les groupes, notamment par le vol de femmes, pouvaient éviter des contacts directs et prolongés entre eux, tout en ayant un vecteur efficace d'échanges culturels et génétiques.

Trois exemples archéologiques nous semblent de plus aller dans le sens d'échanges culturels assez significatifs entre les groupes humains.

D'une part, la remarquable uniformité des outils (Acheuléens) des populations *Erectus* sur l'ensemble de l'Afrique et de l'Eurasie au Paléolithique Inférieur est vraisemblablement la marque de contacts entre les populations locales [Harpending et al., 1993] (p. 495). Toutefois, si la variabilité spatiale est très faible, la variabilité temporelle l'est également, ce qui peut être induit par une certaine staticité temporelle des artefacts plutôt que par une uniformisation des populations.

Les échanges de matériel lithique depuis le Paléolithique Inférieur jusqu'au Paléolithique Supérieur traduisent également des échanges entre groupes. Une transition importante s'opère entre les populations Australopithèques et *Habilis* du Pliocène et les populations ultérieures, qui pourrait traduire un accroissement des contacts après l'émergence d'*Homo ergaster* [Marwick, 2002].

Enfin, les schémas ("*patterns*") de variabilité des objets de parure dans différentes régions françaises au Paléolithique Supérieur mettent en évidence une homogénéité au niveau macro-populationnel, qui traduit vraisemblablement des échanges entre groupes. Phénomène encore plus intéressant, des variations locales plus fines vont de paire avec l'homogénéité globale. Il nous semble possible de voir en ces hétérogénéités les marques d'un mécanisme social d'affirmation du groupe par rapport aux autres [Sauvet and Włodarczyk, 2001]. Si ce mécanisme implique des variations entre groupes, l'homogénéité globale traduirait toutefois l'équilibre qui existe entre appartenance à une macro-structure et affirmation de soi au sein de cette structure, selon une dynamique d'attraction-répulsion.

### 4.2.3 Postulats et conclusions préliminaires

Nous avons tenté de rassembler différentes sources de données relatives à la démographie et aux contacts entre groupes humains au cours de la préhistoire. Ces informations sont primordiales pour pouvoir aborder de façon cohérente la question de la diversité et des changements linguistiques. Pour la suite de notre argumentation, nous résumons ici les postulats que nous adopterons, sur la base des données précédentes :

- la population humaine au cours du Paléolithique était très peu importante, et était structurée selon des groupes d'environ 25 individus en moyenne ;
- ces groupes se rencontraient très peu fréquemment, et pouvaient adopter des relations non agressives lors des contacts ; il est raisonnable d'envisager des échanges culturels et

génétiques de plus en plus fréquents au cours de la préhistoire, avec un développement particulièrement significatif au cours du Paléolithique Supérieur ;

- deux scénarios s'opposent quant à l'origine des populations modernes : existence d'une population archaïque plus ou moins isolée au cours du Pléistocène en Afrique, ou évolution multi-régionale.

Nous pouvons passer maintenant aux troisième et quatrième parties de ce chapitre, qui vont mettre à profit les hypothèses précédentes et faire ressortir une fois de plus l'importance des dimensions distribuée et structurelle du "système langage".

### 4.3 Monogenèse ou polygenèse d'innovations

Dans cette section, notre sujet d'étude sera l'apparition d'innovations dans une population d'individus. L'application des résultats que nous mettrons en évidence concernera évidemment le langage, mais le modèle est en fait suffisamment général pour rendre compte de l'apparition de toute une gamme d'innovations comme de nouvelles techniques de taille, la maîtrise du feu, des techniques de sculpture ou de peinture rupestre. . . En outre, pour plus de facilité, nous préférons séparer l'étude générale de de son application à la question du langage, que nous aborderons dans la section suivante.

#### 4.3.1 Définitions et comparaisons de quelques innovations culturelles

##### Définition et preuve

Il est utile pour commencer de rappeler les définitions des termes *monogenèse* et *polygenèse*. L'émergence par **monogenèse** d'une innovation signifie l'apparition en un unique endroit de cette innovation. Par opposition, la **polygenèse** correspond à une émergence en plusieurs lieux ou sites *de façon indépendante*. Par la suite, nous nous placerons toujours dans le contexte un peu plus restreint d'une innovation *dans une population d'individus*.

Prouver la polygenèse ou la monogenèse d'une innovation dans une large population pose des problèmes difficiles à résoudre. En effet, l'observation à un instant donné d'une macro-population exhibant une innovation dans différents groupes d'individus ne permet pas de conclure à une polygenèse si l'on n'est pas en mesure de montrer que plusieurs émergences ont eu lieu de façon indépendante. Ce point qui peut sembler trivial ne l'est pas autant en pratique si l'on s'intéresse aux migrations humaines : s'il est possible de démontrer (par le biais des registres archéologiques) que des groupes humains dans une certaine région du globe possèdent une innovation, alors que d'autres groupes dans d'autres régions de la planète ne la possèdent qu'après un long interval temporel, la possibilité d'une polygenèse est en compétition avec celle d'une diffusion de l'innovation. Pouvoir trancher entre ces deux hypothèses nécessite de savoir si une diffusion était bien possible, si elle est éventuellement attestée par des indices archéologiques. . .

Nous verrons qu'il est possible de raisonner sur des *probabilités* de polygenèse ou de monogenèse, mais ceci ne permet en aucun cas de conclure sur un cas particulier et réel d'innovation. Tout au plus pourrons nous apporter des arguments de type *probabiliste* sur les situations de notre passé.

### Quelques polygénèses attestées d'innovations culturelles humaines

Existe-t-il certaines évidences de polygénèse d'innovations culturelles au cours de l'histoire humaine ? Il semble que plusieurs innovations importantes soient apparues par polygénèse, que nous allons présenter rapidement :

- la domestication du feu. Elle semble s'être produite en plusieurs endroits il y a environ 500,000 ans, mais ce fait reste contesté ;
- l'agriculture. La polygénèse de l'agriculture semble très probable, à en juger par les différents foyers d'émergence il y a environ 10,000 ans dans des régions distantes de la planète : Moyen-Orient, Papouasie Nouvelle-Guinée [Dixon, 1980b], Mexique, Andes, Chine. Il semble peu probable, au vu de la proximité temporelle et des distances géographiques, que ces innovations ne soient pas indépendantes ;
- les systèmes d'écriture. Trois foyers d'émergence co-existent : l'Égypte (IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.C.), le pays de Sumer (IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.C.) et la Chine (II<sup>ème</sup> millénaire av. J.C.). Si certains auteurs pensent que pictogrammes sumériens (tablette d'Uruk, datant du IV<sup>ème</sup> millénaire avant Jésus Christ) et hiéroglyphes idéogrammes égyptiens sont reliés, les différences fondamentales entre les trois systèmes d'écritures laissent supposer des émergences distinctes, une ou deux en Occident et une en Chine (où les premières traces sont des gravures sur carapace de tortue).

L'agriculture, tout comme la domestication du feu et l'écriture représentent des innovations culturelles majeures de l'histoire humaine, et la probabilité d'une polygénèse est forte dans les trois cas. Dès lors, il est tentant d'envisager la polygénèse d'autres innovations culturelles, et en particulier du langage, même si celui-ci se base également sur des transformations physiologiques.

Notons avant de passer à la suite que l'on peut également être tenté de parler de polygénèse pour des évolutions plus physiologiques dans différentes espèces mais de façon indépendante au cours de l'évolution. Ce pourrait être le cas de la bipédie, qui se serait partiellement développée dans plusieurs espèces de l'arbre phylogénétique humain il y a plusieurs millions d'années. Comme pour l'apparition de l'aile chez les oiseaux et chez les mammifères (chauve-souris), nous aurions alors un exemple pour les espèces concernées d'homologie (similarités des structures dans différentes espèces en raison d'une ancestralité partagée) et d'analogie (les structures des différentes espèces sont similaires en raison d'une évolution convergente et d'un avantage fonctionnel)<sup>34</sup>.

#### 4.3.2 Estimations probabilistes sur la monogénèse ou la polygénèse d'une innovation

Nous avons déjà mentionné plus haut la possibilité d'estimer les probabilités de polygénèse ou de monogénèse d'une innovation. La primauté de ce calcul dans le cadre de l'émergence du langage revient à David Freedman et William Wang [Freedman and Wang, 1996]. Le but principal de l'article, dont nous allons détailler les arguments en restant dans le cadre général d'innovations quelconques, est d'aller à l'encontre d'une mauvaise appréciation des probabilités : étant donné  $n$  sites, si la probabilité d'émergence en un site est faible, alors la probabilité d'émergence en deux sites (ou plus) est plus faible, car elle est définie comme le produit de probabilités très faible. Se basant sur un raisonnement mathématique simple, les deux auteurs montrent qu'en

---

<sup>34</sup>Suggérons ici qu'une hypothèse provocante pourrait être une apparition du langage en plusieurs sites de façon indépendante et pour des fonctions différentes (absence d'analogie fonctionnelle)...

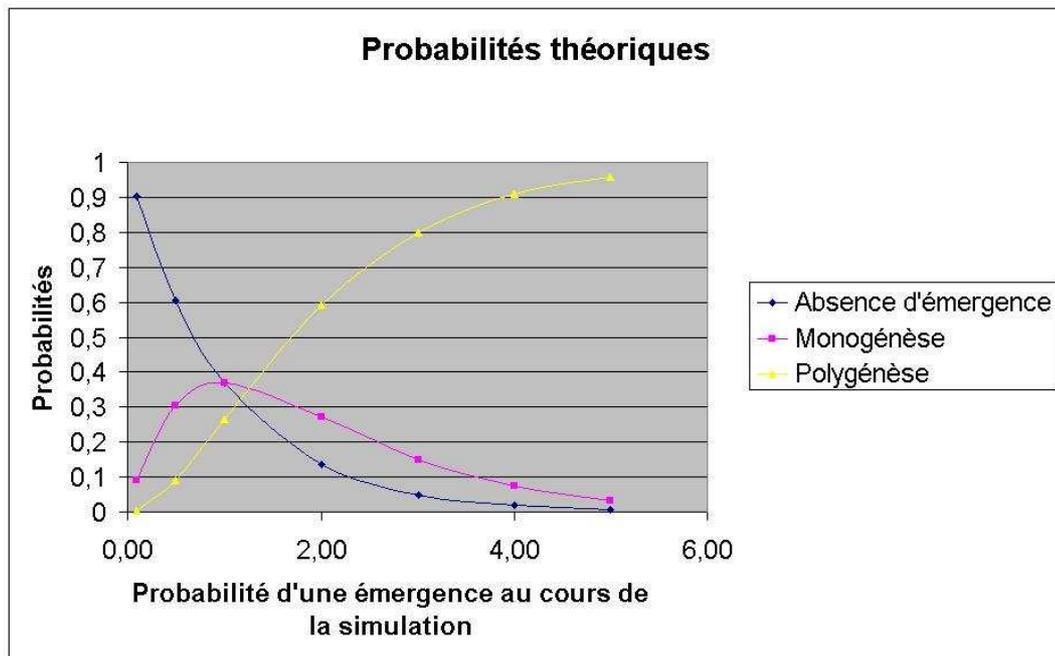


FIG. 4.8 – Evolution des probabilités de monogénèse et de polygénèse d'une innovation en fonction de la probabilité d'émergence en un site

fait, la probabilité de polygénèse augmente rapidement (de façon non linéaire) avec la probabilité d'émergence en un site, et dépasse les probabilités de monogénèse ou d'absence de genèse au-delà d'un certain seuil. La figure 4.8 offre un exemple du schéma d'évolution des probabilités pour 5 sites.

Il n'existe pas vraiment de contradiction entre la première intuition probabiliste et le résultat de l'article, si ce n'est que si 10 sites sont en jeu, il est nécessaire de considérer ces 10 sites et la combinatoire des probabilités associées, et non pas seulement deux sites de *façon indépendante* comme dans le premier raisonnement.

Comme nous l'avons déjà dit, les résultats probabilistes ne permettent pas de conclure dans un cas précis ; si la probabilité d'émergence en un site est faible, alors l'émergence de l'innovation est un événement rare et la plus forte probabilité est qu'il n'y ait pas d'émergence du tout. Si la probabilité augmente, alors la polygénèse devient beaucoup plus probable que la monogénèse, comme le concluent les auteurs et le montre la figure 4.9.

### 4.3.3 Monogénèse, polygénèse et fréquences de contact

Les calculs présentés dans les paragraphes précédents considèrent la genèse d'une innovation en des sites indépendants. Si l'on considère des communautés d'individus, il est possible pour certaines innovations qu'une diffusion ait lieu dans la macro-population. D'après les hypothèses effectuées à la fin de la deuxième section de ce chapitre, les groupes humains au cours de la pré-histoire entraient effectivement en contact, entre autres par le biais d'échanges de partenaires. Ceci rend possible une diffusion d'innovations culturelles.

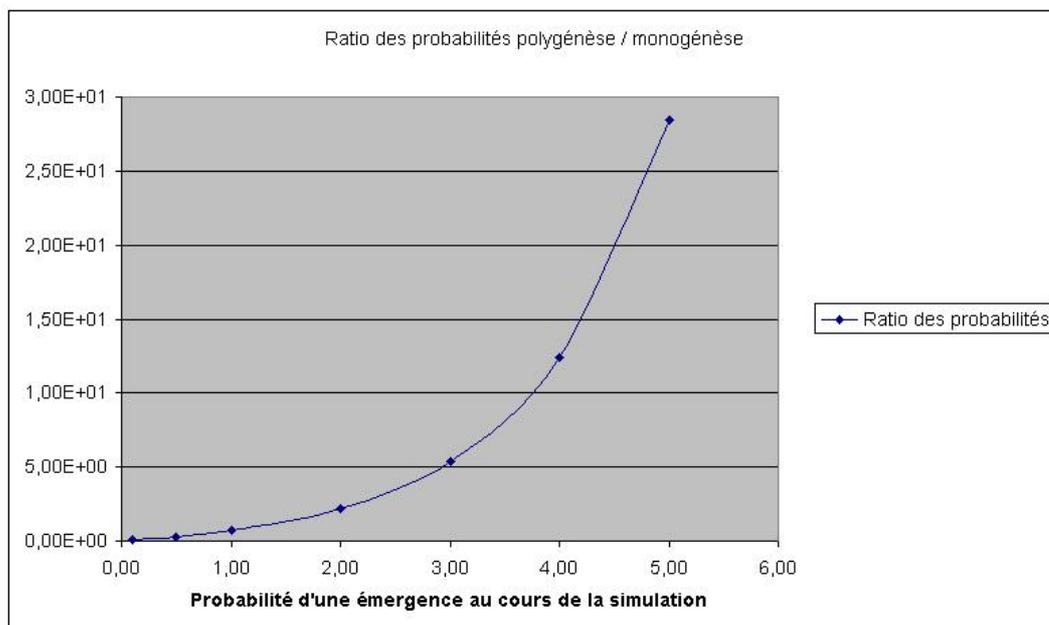


FIG. 4.9 – Evolution du ratio probabilité de polygénèse sur probabilité de monogénèse en fonction de la probabilité d'émergence en un site

Pensant que ce phénomène pouvait jouer un rôle important pour la polygénèse d'innovations, nous avons tenté de complexifier le modèle de Freedman et Wang en introduisant des communautés d'agents pouvant entrer en contact. Comme nous l'avons déjà précisé, la résolution mathématique exacte du problème des fréquences de rencontre entre groupes est très délicate. Nous avons donc eu recours à des simulations multi-agents pour dépasser cette limitation. Notre modèle, fort simple au demeurant, est constitué des éléments suivants :

- un monde pour les évolutions des agents, représenté par un espace bidimensionnel euclidien, carré et non-torique (pour observer des effets de bords qui miment les contraintes géographiques des continents réels), de surface  $S$  ;
- $N$  agents, représentant chacun un groupe, et évoluant dans le monde de façon pseudo-aléatoire (comme plus haut, en fonction de paramètres comme la vitesse de déplacement ou la directionnalité). Chaque agents peut posséder ou non l'innovation en jeu ;
- une probabilité d'émergence en un site,  $p_c$ , ainsi qu'une probabilité  $p_t$  de transmission de l'innovation d'un groupe à un autre en cas de contact. Les contacts ont lieu lorsque les groupes se trouvent à moins d'une distance limite  $d_l$  ;
- un temps  $T$  d'évolution pour le modèle (sur un mode discret).

Afin d'étudier l'impact des contacts sur les schémas de distribution de probabilités de polygénèse ou de monogénèse de l'innovation, nous avons effectué un grand nombre de simulations permettant de croiser les paramètres en jeu. Afin d'estimer de façon correcte les probabilités de polygénèse ou de monogénèse, chaque jeu de valeurs des paramètres a fait l'objet de 100 simulations, régies par des tirages aléatoires<sup>35</sup> contre les probabilités d'émergence ou de transmission

<sup>35</sup>C'est cette simulation qui mit en évidence la faiblesse du générateur de nombres pseudo-aléatoires du c++,

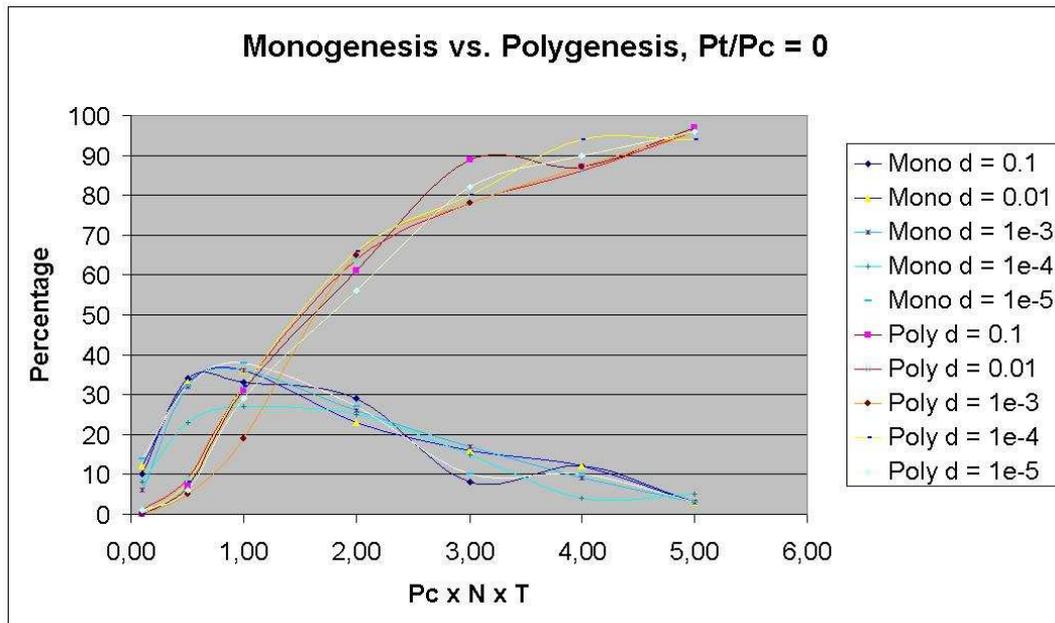


FIG. 4.10 – Reproduction expérimentale des résultats théoriques de [Freedman and Wang, 1996]

à chaque pas de temps. Les paragraphes suivant décrivent les résultats obtenus.

### Reproduction des résultats théoriques de Wang et Freedman

Le premier point afin de s'assurer de la validité des tirages aléatoires fut de reproduire les résultats théoriques de Wang et Freedman, qui correspondaient à une absence de contacts entre les groupes de population. La figure 4.10 permet de vérifier aisément par comparaison avec la figure 4.8 que la gestion expérimentale des mécanismes stochastiques en jeu est correcte.

### Fusion des paramètres surface et nombre d'agents

Croiser plusieurs paramètres d'un modèle conduit souvent à générer un grand nombre de cas à tester. Si chacun d'entre eux nécessite un temps important de traitement, la tâche peut vite devenir ardue, même avec des machines puissantes. Réduire le nombre de paramètres à croiser est donc souvent très utile.

En explorant les variations des paramètres, il est rapidement apparu qu'il était possible de fusionner les deux paramètres "surface du monde" et "nombre d'agents", et de les remplacer par un seul, à savoir la densité d'agents (c'est à dire la densité de groupes, ce qui permet de mettre à profit les calculs effectués plus hauts). Ceci permet de gagner du temps de calcul pour examiner plus finement les variations des autres paramètres, en particulier en fixant un nombre d'agents réduit (100), et en faisant varier la surface de l'espace. Il est bon ici de souligner que la répétition de 100 simulations avec 100 agents pour un jeu de probabilités  $p_c$  et  $p_t$  et de paramètres de déplacement nécessitaient plusieurs heures sur un PC récent. Les avantages d'un

et imposa un générateur plus performant basé sur l'algorithme de Mersenne.

langage de programmation performant et d'un compilateur permettant une bonne optimisation des programmes exécutables sont ici très appréciables.

### Etude de l'impact du ratio $\frac{P_t}{P_c}$ et de la densité de groupes ; présentation des résultats

Le croisement des paramètres s'est opéré de la façon suivante :

- valeurs de la densité de groupes : 0.1, 0.01, 0.001 et 0.0001 groupe par  $km^2$  ;
- nombre d'agents : 100 (10, 50 ou 500 agents donnent les mêmes résultats, seule la densité joue) ;
- valeurs de la probabilité d'émergence en un site : les valeurs ont été choisies pour que le produit de la probabilité d'émergence par le nombre d'agents par le temps (ce qui correspond à la légende  $\mathbf{P_c \times N \times T}$  des axes horizontaux des graphes) prenne les valeurs 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 et 5.0. Ce produit correspond en fait au nombre moyen d'émergences que l'on devrait observer au cours d'une simulation sans phénomène de diffusion pour le triplet de paramètres ;
- valeurs de la probabilité de transmission lors d'un contact : les valeurs choisies sont en fait dépendantes des valeurs de la probabilités d'émergence  $P_c$ , afin de pouvoir travailler sur le ratio  $\frac{P_t}{P_c}$ , et comparer ainsi facilement les deux facteurs d'émergence et de transmission. Les ratios étudiés ont été : 0, 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000 et 10000 ;
- paramètres de déplacement : vitesse de déplacement : 2 kilomètres par an ; rayon du territoire d'un groupe : 10 kms ; angle de variation maximal pour la direction à chaque pas de temps :  $15^\circ$  (soit  $\alpha = 30^\circ$ ) ; période temporelle considérée : 80,000 ans.

Les figures 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 et 4.16 présentent les différents schémas de distribution des probabilités en fonction des variations des paramètres précédents.

### Discussion des résultats

Les principales conclusions que nous avons pu tirer de ces simulations sont les suivantes : si comme l'avaient expliqué Freedman et Wang, la polygenèse devient plus probable que la monogenèse d'une innovation dès que la probabilité d'émergence en un site dépasse un certain seuil, ce schéma peut-être "court-circuité" par une diffusion rapide de l'innovation d'un site à un autre. En effet, si une innovation apparaît dans un groupe et se diffuse rapidement à d'autres, ces derniers, ayant acquis l'innovation par contact, ne la développeront plus de façon indépendante. Ainsi, la probabilité de monogenèse de l'innovation peut redevenir plus importante, et devenir même supérieure à celle de polygenèse si la diffusion de l'innovation se fait assez rapidement. Notons que c'est le ratio de probabilités de transmission et d'émergence en un site qu'il est important de considérer. En effet, c'est le ratio qui induit la possibilité qu'une innovation diffuse plus vite qu'elle n'apparaît en différents sites.

Quels sont les facteurs qui viennent influencer la diffusion d'une innovation d'un groupe à un autre ? Il s'agit tout d'abord de la fréquence des contacts entre les groupes d'individus, qui est déterminée d'une part par la densité de ces derniers groupes, et d'autre part par la façon dont ils se déplacent dans l'environnement. Comme l'ont montré les simulations simples sur les fréquences de contact, le caractère plus ou moins erratique ou directionnel des déplacements influe sur l'espace balayé par un groupe au cours d'une période  $T$ , et vient influencer la fréquence

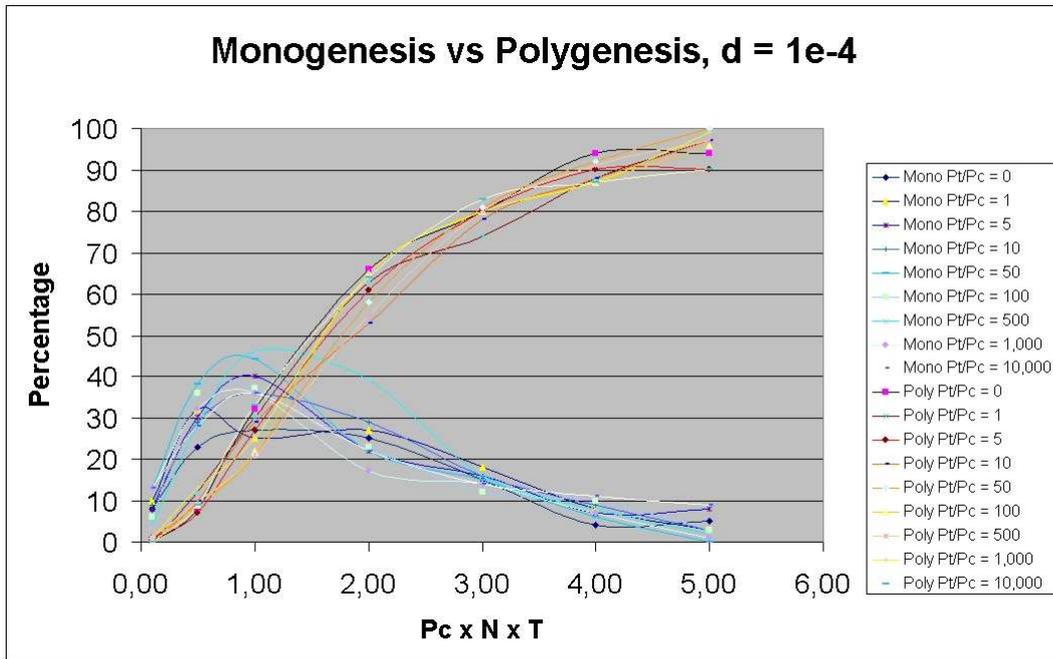


FIG. 4.11 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour une densité de 0.0001 groupes au  $km^2$

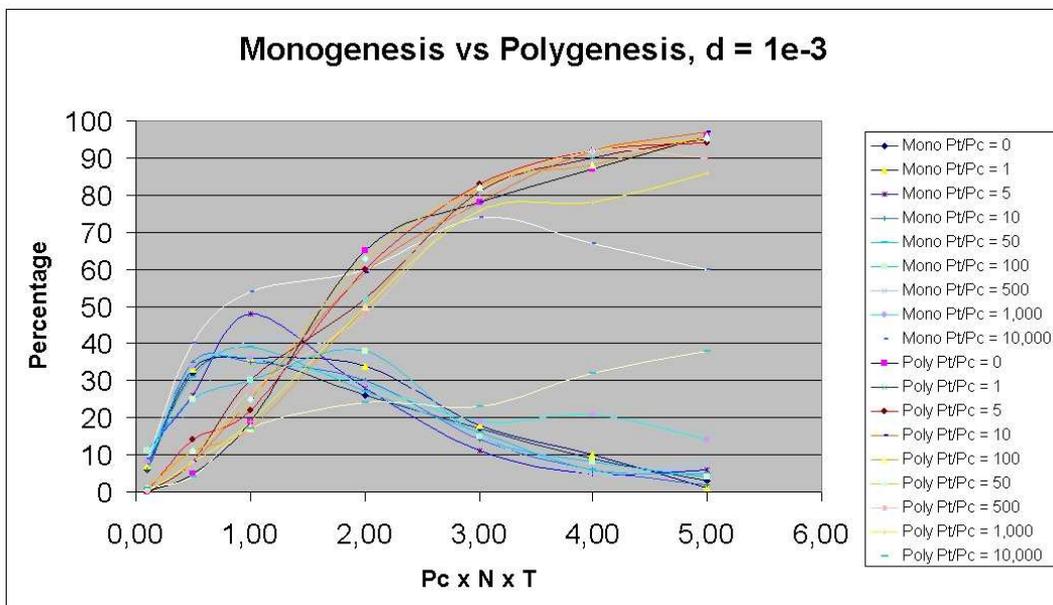


FIG. 4.12 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour une densité de 0.001 groupes au  $km^2$

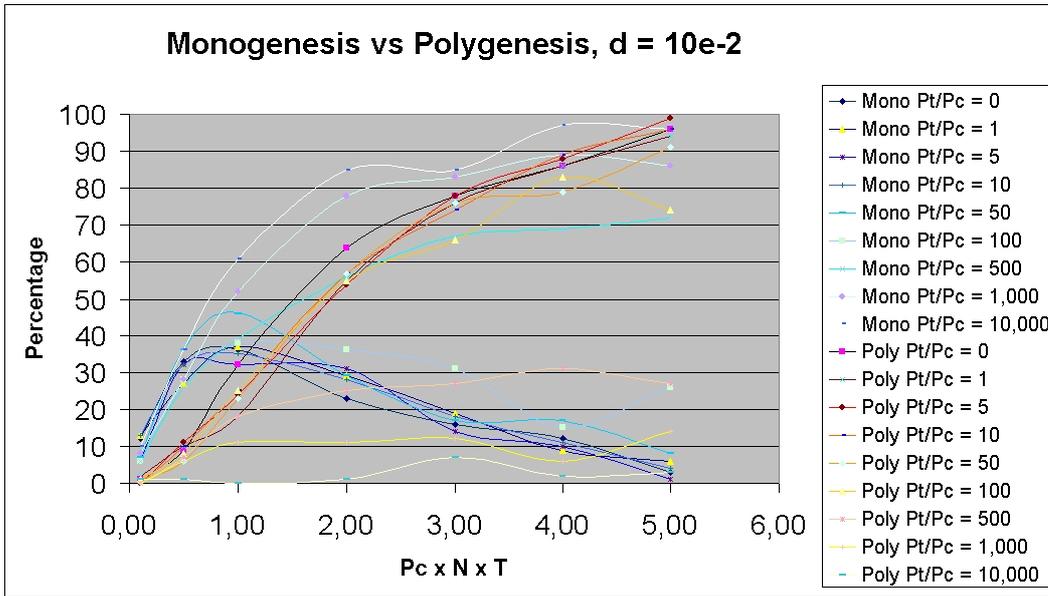


FIG. 4.13 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour une densité de 0.01 groupes au  $km^2$

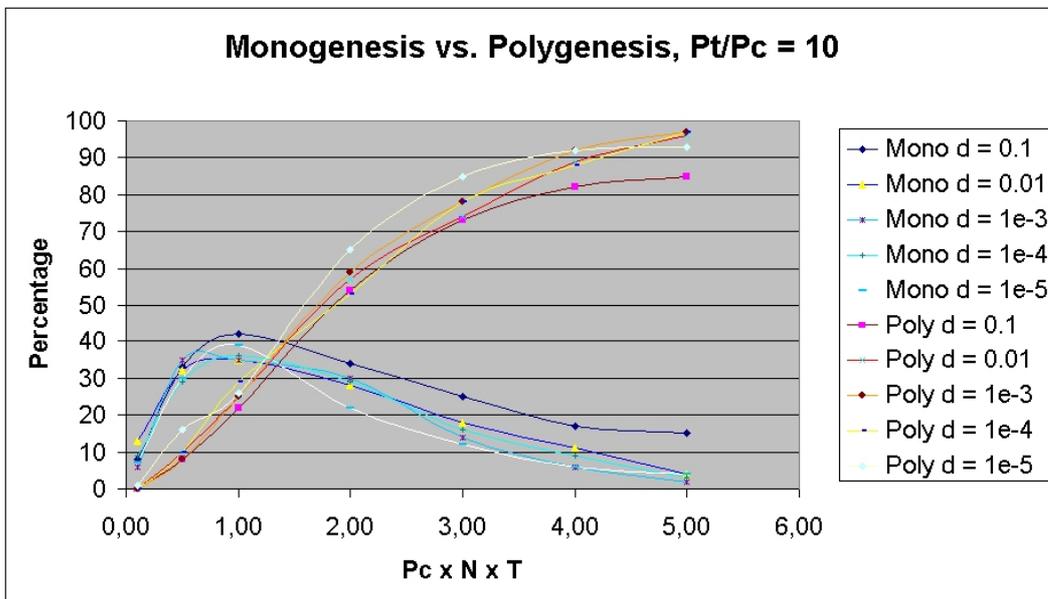


FIG. 4.14 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour un ratio de probabilités  $\frac{P_t}{P_c}$  de 10.0

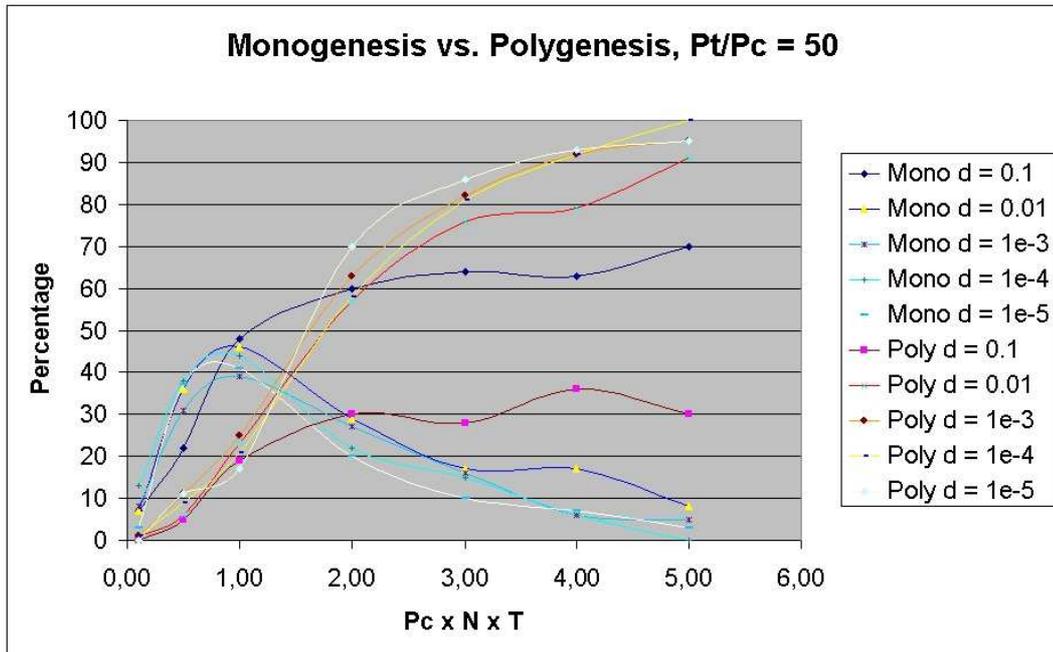


FIG. 4.15 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour un ratio de probabilités  $\frac{P_t}{P_c}$  de 50.0

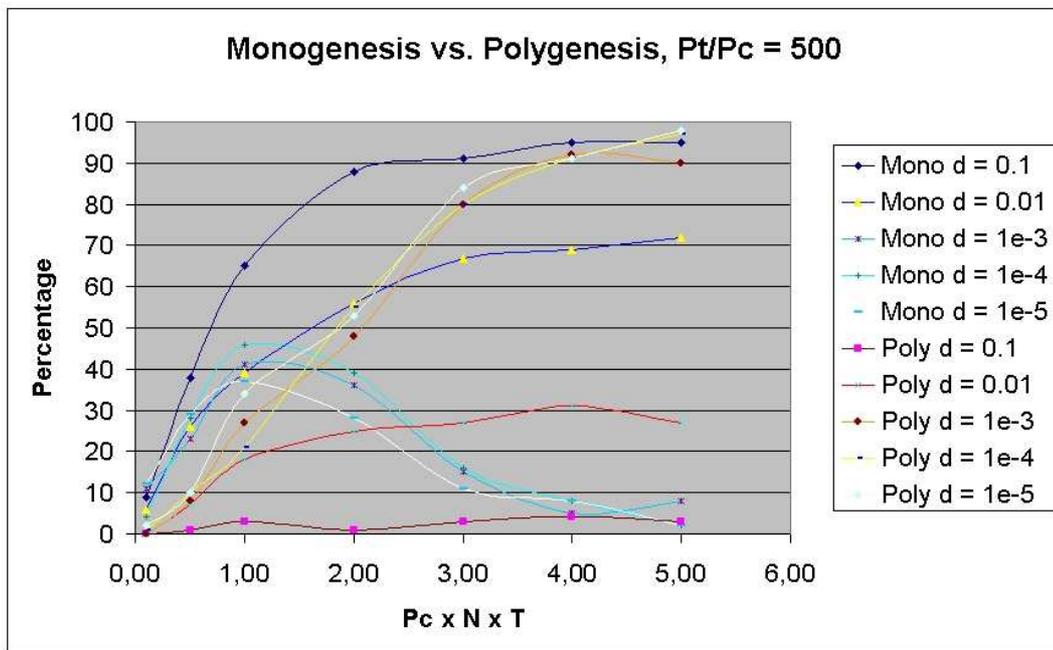


FIG. 4.16 – Schéma des probabilités de polygenèse et de monogenèse pour un ratio de probabilités  $\frac{P_t}{P_c}$  de 500.0

des contacts. Parallèlement à celle-ci, la possibilité d'une transmission lors d'un contact est un deuxième paramètre qui vient définir la vitesse de propagation d'une innovation.

### Mathématisation du phénomène de diffusion

Une direction intéressante que nous n'avons pas considérée très en détail mais que nous souhaitons néanmoins mentionner est la possibilité d'une mathématisation du phénomène de diffusion. Le but serait ici de décrire une approche analytique du problème, et d'établir des formules exactes permettant de séparer les phénomènes de diffusion des phénomènes d'émergence probabiliste. Les diffusions sont d'une façon générale bien étudiées au niveau mathématique, puisqu'elles apparaissent dans de nombreux domaines de la physique et de la chimie. Notre cas de diffusion d'une innovation culturelle est cependant plus proche du cas de la diffusion d'une épidémie dans une population. Les équations classiques font intervenir des équations différentielles dans un espace bidimensionnel :

$$\begin{aligned}\frac{\partial S}{\partial t} &= -rIS + D\Delta^2 S \\ \frac{\partial I}{\partial t} &= rIS - aI + D\Delta^2 I\end{aligned}$$

$I$  représente la distribution spatio-temporelle des individus infectés,  $S$  celle des sujets sains,  $r$  un facteur de transmission de l'épidémie entre sujets infectés et sains (le nombre moyen de personnes saines qu'une personne infectée contamine par unité de temps);  $aI$  correspond au taux de mortalité des personnes infectées ( $\frac{1}{a}$  est la durée de vie d'une personne infectée), et enfin  $D$  est le facteur de diffusion des personnes infectées et saines (choix du même facteur pour les deux populations) [Murray, 1984] (p. 651)

Ce type de systèmes d'équations différentielles couplées est difficile à résoudre de façon exacte, mais il est possible de recourir à des simulations numériques d'une part, et d'autre part d'extraire des solutions exactes de régimes de diffusion particuliers, par exemple celle de vagues de diffusion à vitesse constante.

L'application de ces équations peut-être envisagée pour de nombreuses diffusions d'innovations, comme par exemple celle de techniques de taille. On pensera en particulier aux transitions des industries européennes avec l'arrivée des populations d'*Homo sapiens* il y a environ 40,000 ans. Nous avons ainsi commencé à développer des simulations multi-agents pour modéliser la diffusion d'une innovation sur le globe, en tenant compte de la topographie terrestre. Les figures 4.17 et 4.18 illustrent ces simulations en présentant la diffusion d'une innovation à partir du Proche-Orient.

### Critiques et commentaires

Au cours des derniers paragraphes, nous avons volontairement omis de nombreuses critiques qui pourraient être formulées contre le modèle. Nous souhaitons ici les aborder et tenter de justifier notre position.

Différents commentaires peuvent être faits à l'encontre de la simplicité du modèle :

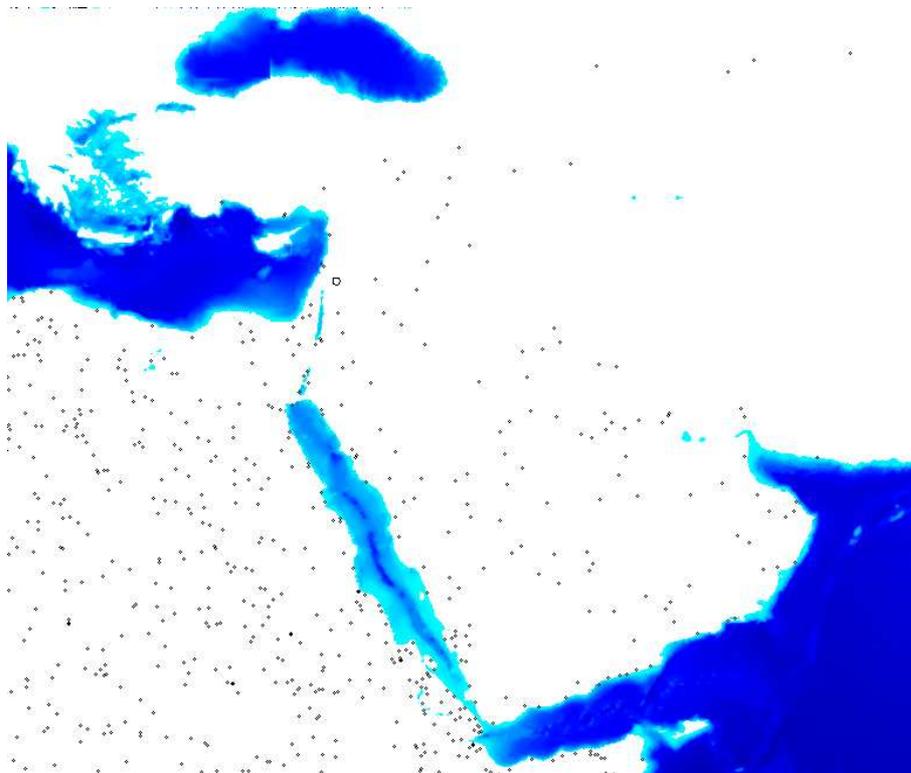


FIG. 4.17 – Simulation multi-agents d'une diffusion d'innovation dans une macro-population humaine; début de la diffusion : émergence de l'innovation en un site

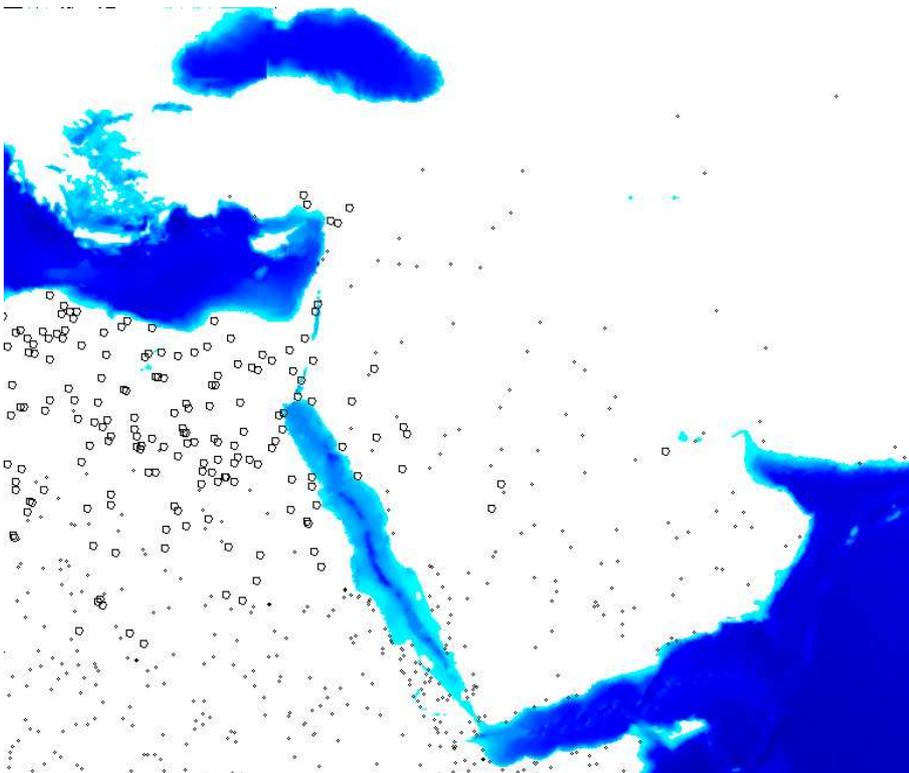


FIG. 4.18 – Simulation multi-agents d’une diffusion d’innovation dans une macro-population humaine ; progression de la diffusion

- la densité des groupes humains n'était vraisemblablement pas uniforme sur le globe. Certaines régions comme les régions désertiques ou semi-désertiques étaient très probablement moins peuplées que les rives des cours d'eaux ou les bords de mers. En ces lieux de plus forte densité, les diffusions étaient plus rapides, et au contraire, celles entre les zones de forte densité séparées par des régions très faiblement peuplées beaucoup plus lentes et difficiles.
- les contacts entre groupes n'étaient pas nécessairement aléatoires, et des réseaux sociaux existaient probablement, comme nous l'avons souligné plus haut ;
- certains groupes pouvaient se scinder en deux, d'autres pouvaient disparaître, emportant avec eux l'innovation "dans la tombe". La scission d'un groupe devenu trop important est un phénomène fréquent dans les populations de chasseurs-collecteurs, et correspond à la difficulté de maintenir des liens sociaux positifs quand le nombre d'individus devient trop important. La disparition de certains groupes est aussi probable d'après les fluctuations démographiques des populations préhistoriques.

Néanmoins, il nous semble que ces arguments constituent des détails vis à vis des conclusions sur les phénomènes généraux que nous avons mis en valeur. Il est possible que les phénomènes détaillés juste ci-dessus modifient de façon *quantitative* les résultats des expériences informatiques, mais ils ne semblent pas modifier les résultats *qualitatifs*, à savoir la possibilité de "court-circuiter" la polygenèse d'une innovation si la diffusion de celle-ci est très rapide. Ces éventuelles modifications quantitatives des valeurs des paramètres du modèle pour observer le phénomène de "court-circuit" portent d'autant moins à conséquence qu'il est impossible d'évaluer les probabilités d'émergence et de transmission dans les cas réels.

### Différents scénarios d'émergence

Nous pensons que les simulations informatiques peuvent nous renseigner sur les possibles scénarios d'émergence de différentes innovations. De nombreuses possibilités pour le développement de notre espèce ont été mentionnées plus haut dans ce chapitre :

- scénario *Out of Africa* ou évolution multi-régionale (dans ce dernier cas, la population fondatrice est de l'ordre du million d'individus au cours de la seconde partie du Paléolithique Inférieur) ;
- version *hourglass* (population archaïque connectée à la macro-population du Pléistocène mais goulot d'étranglement lors de la spéciation conduisant à notre espèce) ou *long-neck* (population archaïque de notre espèce d'environ 10,000 individus et isolée du reste de la macro-population au Pléistocène) de l'hypothèse *Out of Africa* ;
- toujours dans le cadre *Out of Africa*, expansion continue de la population *Homo sapiens* ou expansion de plusieurs populations filles après un délai temporel plus ou moins long.

Notons encore une fois que nous ne pouvons pas déterminer la probabilité d'émergence d'une innovation en un site, et qu'il est également difficile d'estimer le ratio de la probabilité de transmission sur la probabilité d'émergence en un site. Il est toutefois possible de raisonner par comparaisons de différentes situations, et en jouant sur le ratio précédent.

**Période, espèce et mode d'émergence d'une innovation culturelle.** Différents cas peuvent être envisagés, selon l'espèce où l'innovation s'est produite, l'existence ou l'absence

de corrélation entre une spéciation et l'apparition de l'innovation, et l'émergence multi-régionale ou par remplacement de notre espèce. Certains cas conduisent plus probablement à une polygénèse que d'autres pour des probabilités fixes d'émergence en un site et de transmission.

Soulignons ici la possibilité que l'apparition d'une innovation soit corrélée à l'apparition d'une nouvelle espèce. En effet, si une innovation repose sur le développement de certaines capacités cognitives ou physiologiques, celle-ci ne peut se produire qu'après l'apparition de ces capacités chez une espèce. Le problème est alors de savoir si l'innovation suit presque immédiatement la spéciation et l'apparition des nouvelles capacités ou si un délai temporel existe. L'intérêt fonctionnel de l'innovation rentre bien sûr ici en jeu.

Le premier point que nous pouvons aborder concerne la possibilité d'un court-circuit d'une possible polygénèse par une diffusion rapide de l'innovation. Que ce soit dans le cas d'une évolution locale ou d'une évolution multi-régionale, les densités humaines ont toujours été très faibles, de l'ordre de  $5E-4$  groupes au  $km^2$ . Les figures 4.11 et 4.12 ont montré que pour ces valeurs très faibles, même un ratio très important de la probabilité de transmission sur celle d'émergence en un site ne conduit pas à un renversement des probabilités en faveur de la monogénèse (c'est à dire à un court-circuit de la polygénèse). Dès lors, si la probabilité d'émergence en un site était importante, la polygénèse demeure bien l'hypothèse la plus probable.

Dans le cas d'une apparition d'une innovation chez *Homo sapiens*, la probabilité relative de polygénèse est plus importante dans le cas d'une évolution multi-régionale que dans le cas d'une spéciation locale, car à probabilité d'émergence en un site fixée, le nombre de sites est bien plus important dans le premier cas alors que les vitesses de diffusion sont vraisemblablement identiques (à moins de supposer que les contacts entre Erectus étaient beaucoup plus agressifs que ceux entre Sapiens).

Le problème de la corrélation entre émergence de l'espèce et apparition de l'innovation est très délicat. En effet, la spéciation nécessite un certain temps et doit d'une certaine façon se diffuser elle-même par contacts géniques entre les individus. Si l'innovation apparaît dans la population corrélativement au phénomène de spéciation, il nous paraît difficile de connaître le schéma d'émergence de cette innovation, qui peut diffuser ou non avec une partie des changements géniques responsables de la spéciation. Ceci est vrai pour une spéciation locale comme pour une spéciation multi-régionale : l'innovation est en interaction avec les nouvelles formes géniques quelle que soit la situation, et la situation nous paraît trop complexe pour pouvoir conclure en faveur d'une polygénèse ou d'une monogénèse.

Dans le cas d'une décorrélation temporelle, la période à laquelle se produit la première émergence a des conséquences sur la probabilité de polygénèse, comme nous allons le voir maintenant.

**Expansion de populations, scission de groupes et transmission verticale.** Si l'on envisage une expansion spatiale de la population sans expansion en taille, alors la période temporelle d'expansion joue un rôle significatif en lien avec la probabilité d'émergence en un site. Si nous raisonnons dès lors à produit  $T \times p_c$  constant (puisque  $N$  est constant dans le produit  $\mathbf{P}_c \times \mathbf{N} \times \mathbf{T}$ ), nous arrivons à la proposition suivante : plus la période temporelle considérée est importante, et donc la fréquence d'émergence en un site faible, plus la probabilité d'une émergence dans un bref intervalle de temps après le début de l'expansion est faible. Autrement dit, plus  $p_c$  est faible et  $T$  important à produit fixe, plus la probabilité est importante que la première émergence se produise à une époque tardive.

Ce résultat est à replacer dans le détail de l'expansion spatiale. Si l'espace d'expansion est "infini", alors une période de temps plus importante conduit simplement à une surface habitée plus vaste et selon une densité plus faible. Dès lors, à *ratio*  $\frac{p_t}{p_c}$  *constant*, une plus faible valeur de  $p_c$  conduira à des émergences dans des conditions de plus faibles densités. Ceci accroîtra la possibilité de polygénèse.

Si l'espace d'expansion est limité, la population occupera cet espace de façon relativement homogène après un intervalle de temps limité. Si celui-ci est supérieur à la période d'expansion de la population, le résultat précédent sur un espace infini est transposable. Si l'intervalle de temps est au contraire inférieur à la période d'expansion, alors à partir d'un certain palier pour la durée de la période d'expansion, et toujours à *ratio*  $\frac{p_t}{p_c}$  *constant*, la probabilité de polygénèse sera moins importante que dans le cas précédent.

Un élément doit être ajouté à la discussion précédente. En effet, une expansion spatiale peut en fait s'accompagner ou non d'une expansion populationnelle. L'accroissement des populations *Homo Sapiens* lors du Paléolithique Moyen et du Paléolithique Supérieur s'est très vraisemblablement produite par une succession de scissions des groupes d'individus (une taille trop importante des groupes de chasseurs-collecteurs conduit généralement à une scission du groupe). Dès lors, à des transmissions horizontales d'une innovation viennent s'ajouter des transmissions verticales. En linguistique plus particulièrement, le classique problème de la reconstruction des proto-langues pour la compréhension de l'évolution des langues se translate au problème de leur émergence.

Tout comme pour les transmissions horizontales, les transmissions verticales viennent éventuellement court-circuiter la possible polygénèse d'une innovation : si une émergence se produit dans les premières phases de l'expansion populationnelle, elle se répandra alors très facilement dans la population lors des fissions progressives des groupes.

Nous nous trouvons donc face au croisement de plusieurs paramètres significatifs : pour une surface  $S$ , la probabilité de polygénèse est-elle plus importante dans une population qui va connaître une expansion populationnelle et spatiale que dans une population de taille constante égale à la taille finale de la population en expansion ? Il semble que la réponse dépende en fait de la façon dont l'expansion populationnelle se déroule dans le temps, et nous voyons ici comment les deux hypothèses *weak* et *strong garden of Eden* peuvent s'opposer sur la question de la polygénèse d'une innovation. Si la population humaine a pu s'étendre spatialement sans connaître d'accroissement de taille important dans un premier temps, alors la probabilité de polygénèse est plus importante que dans le cas où les expansions spatiale et populationnelle ont été simultanées. En effet, on observe dans le premier cas un affaiblissement de la densité moyenne de la population (dû à une augmentation de surface comme dans le premier cas, ce qui diminue la fréquence des contacts et donc des transmissions horizontales, mais également causé par un nombre de transmissions verticales moins élevé que dans le second cas). En conclusion, le modèle *weak garden of Eden* nous paraît plus propice à une polygénèse de certaines innovations que son concurrent.

Le modèle que nous avons développé dans cette section, et l'ensemble des développements que nous y avons apporté, semble pertinent surtout pour le cas d'innovations *abruptes*, qui peuvent diffuser dans la population. L'objectif de la section suivante sera d'envisager plus spécifiquement le cas du langage.

## 4.4 Vers une genèse des langues par polygenèse structurale des stratégies linguistiques

Au cours de la section précédente, nous avons étudié un modèle général de l'apparition et de la diffusion d'innovations. Le but des prochains paragraphes est d'appliquer ce modèle à la question de l'émergence du langage et des langues.

Après avoir d'abord proposé de considérer le langage non pas comme une entité monolithique mais comme un ensemble de composantes qui ont pu émerger indépendamment, nous abordons le problème de la corrélation entre l'apparition d'une innovation linguistique et celle d'une nouvelle espèce. Nous tentons enfin d'appliquer le paradigme systémique à l'émergence des composants linguistiques.

### 4.4.1 Émergence du langage, des langues et des stratégies linguistiques

#### Définition et émergence des stratégies linguistiques

Il est possible d'envisager le langage comme une entité monolithique, c'est à dire comme une innovation majeure qui serait apparue sur la branche évolutive conduisant à notre espèce en des temps plus ou moins reculés. Wang et Freedman ont ainsi fait porter leur modèle sur le langage d'une façon abstraite, sans prendre toutefois le risque de définir plus avant ce qu'ils entendaient par ce terme. Sans aller aussi loin, plusieurs scientifiques, dont Derek Bickerton, ont défendu l'idée d'une émergence catastrophique de la syntaxe : une brusque transition se serait opérée chez nos ancêtres, entre un stade linguistique rudimentaire et dépourvu de toute syntaxe, et un stade très voisin de celui des langues contemporaines [Bickerton, 1990].

Le modèle détaillé plus haut peut être appliqué à une telle macro-innovation. Nous pensons toutefois comme nombre de scientifiques, et ceci est bien sûr un postulat, que le langage n'est pas apparue de façon brutale, ni même selon quelques grandes phase de transitions comme celle suggérée par Bickerton, mais de façon graduelle. Afin d'être plus précis, nous proposons d'appliquer le modèle précédent aux items linguistiques qui participent à la formation des langues en composant leur inventaire *typologique*. Nous faisons l'hypothèse, que nous allons essayer d'étayer par la suite, que les items linguistiques ont pu apparaître de façon relativement indépendante au cours du temps, selon un scénario de monogenèse ou de polygenèse suivant la période d'apparition et les caractéristiques de chaque item.

Nous souhaitons introduire ici une dénomination différente pour ces items linguistiques, en accord avec l'idée d'inventaire typologique et les considérations que nous introduirons par la suite : nous recourons ainsi au terme de **stratégies linguistiques**, dans le sens de fonctions permettant l'expression de représentations sémantiques et cognitives par le biais du langage. Nous employons ici "*stratégies*" pour refléter la multiplicité des solutions (peut-être plus ou moins efficaces, mais en tout cas très diverses) pour réaliser la *projection* d'un espace de représentations internes à un espace linguistique externe. Ce terme est pour nous analogue à celui de "caractéristiques typologiques" des langues, pris dans un sens large. Notons ici que Croft utilise ce terme dans un sens voisin, en insistant sur l'aspect analytique et local :

*"The usual procedure for initiating a cross-linguistic comparison of a particular grammatical phenomenon for the purposes of a typological analysis is to survey the range of structures used for the phenomenon in question... Thus, given a particular external definition of a cate-*

*gory, such as that proposed for the relative clause, one may then classify the linguistic structures found across languages to express or manifest that external definition. These structures are called types or strategies. This is typology in the second sense, a cross-linguistic structural classification.” [Croft, 1990] (p. 27).*

Nous insistons quant à nous plus sur le côté fonctionnel des stratégies, et la compétition à un niveau global des structures typologiques pour former une langue et véhiculer de l’information. Ceci est toujours dans l’esprit d’un même degré d’indiciage des éléments sémantiques dans les différentes langues, bien que grâce à des caractéristiques typologiques parfois fort différentes (voir chapitre 2).

Il est intéressant de rapprocher l’émergence des stratégies individuelles de celles des langues, puisque, comme nous venons de le dire, les langues sont composées d’un ensemble de stratégies. Ceci est en particulier pertinent vis à vis de l’hypothèse d’une unique langue mère à l’origine de toutes les langues actuelles.

### **Quelques arguments en faveur de la monogenèse des langues**

Bien que la question ne soit pas centrale en linguistique, l’hypothèse d’une monogenèse des langues contemporaines semble prédominante dans la communauté scientifique concernée. Toutes les langues parlées aujourd’hui seraient les descendantes d’une langue ancestrale, qui aurait été parlée par nos ancêtres directs il y a plusieurs dizaines de milliers d’années. Nous pensons que cette hypothèse doit être analysée en détail, et que certaines conceptions sont parfois erronées à cause d’une approche trop superficielle du problème.

Un premier argument est celui de la plus faible probabilité d’émergence en deux sites si la probabilité d’émergence en un site est faible. Nous avons déjà souligné que cet argument n’est valable que si la probabilité d’émergence en un site est faible, et qu’il ne tient plus dès qu’elle dépasse un certain seuil fonction du nombre de sites concernés.

Un second point à souligner est qu’il ne faut pas confondre le concept de monogenèse des langues avec celui d’une origine commune de l’ensemble des langues contemporaines. En effet, si le premier concept se rapporte à un mode d’apparition (selon le concept de *genèse*), le second prend en compte des phénomènes ultérieurs à celui de l’émergence.

Cette différence importante est illustrée par la figure 4.19, qui montre comment l’ensemble des langues actuelles pourraient descendre d’une unique langue mère, alors même qu’une polygenèse serait à l’origine des langues du monde. L’extinction d’une partie des familles de langues apparues de façon indépendante masque le phénomène de polygenèse, et peut laisser à penser que l’existence d’une unique langue mère à l’origine des langues actuelles implique un mode d’émergence monogénétique.

L’extinction des langues n’est pas un phénomène rare, et de très nombreuses langues disparaissent aujourd’hui. Daniel Nettle, en reprenant le modèle d’équilibres ponctués de Dixon [Dixon, 1997], parle ainsi par exemple d’une ponctuation Néolithique, liée au développement de l’agriculture. Lors de cette ponctuation, un grand nombre de langues du Paléolithique se seraient éteintes [Nettle, 1999b] (p. 103-105). L’expansion d’une langue au détriment des autres peut correspondre à un avantage culturel, économique ou militaire d’une certaine population. Des phénomènes d’assimilation, de mélange, d’extinction, peuvent alors se produire au cours des contacts entre populations (voir l’étude de [Marsico et al., 2000] au chapitre 3).

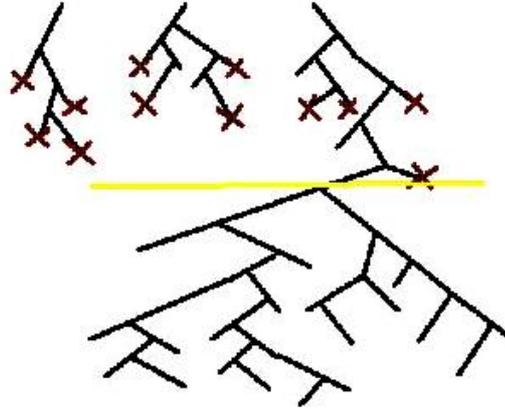


FIG. 4.19 – Scénario d’émergence des langues illustrant une polygénèse **et** une origine unique des langues actuelles

Si l’on écarte pour un instant la question de la monogénèse ou de la polygénèse des langues pour se centrer sur la question de la langue mère, un biais de la linguistique historique est que le procédé même de reconstruction pointe vers une unique langue originelle, comme tend à le montrer la réduction du nombre de familles linguistiques et la reconstruction de proto-langues comme le Proto-Indo-Européen ou le Nostratique. Il faut souligner ici que le moindre nombre de langues reconstruites par rapport aux langues qui servent à la reconstruction est une conséquence du procédé mise en oeuvre, et ne reflète pas nécessairement la réalité. Comme le rappelle Sylvain Auroux en parlant des mots reconstruits :

*“On donne à ces éléments reconstruits le nom de « racine », sans qu’il soit nécessaire de penser que ces racines sont autre chose qu’un terme abstrait de comparaison qui mesure les ressemblances.”* [Auroux and Mayet, 2001] (p. 13)

Les proto-mots sont avant tout des abstractions qui condensent de façon particulière les structures des mots de langues apparentées. Bien sûr, la réalité de proto-langues comme l’Indo-Européen peut être renforcée par des données archéologiques, génétiques, anthropologiques etc., mais la reconstruction pure, en particulier pour des époques lointaines, sous-estime peut-être la diversité des langues. Comme nous l’avons souligné au chapitre 1, il est possible qu’un concept comme l’Indo-Européen ou le Nostratique regroupe en fait de nombreuses langues, mais que la diversité soit masquée par le processus de reconstruction. Une telle langue reconstruite a pu en réalité être une multitude de langues ou de dialectes différents. Rappelons ici que la variation et les différences entre idiolectes sont inhérentes à toute activité linguistique, et que les considérations sur la diversité linguistique réelle ne peuvent négliger la prise en compte de la paléo-démographie et des structures sociales de la préhistoire.

En conclusion, si une origine commune pour les langues contemporaines reste envisageable, la question ne peut être abordée de façon superficielle. Comme déjà souligné plus haut, nous défendons l’hypothèse que l’apparition du langage et des langues est un événement ancien, précédant l’émergence de notre espèce. Toutefois, il paraît vraisemblable d’envisager l’apparition

d'un certain nombre de stratégies linguistiques en conséquence de l'apparition de notre espèce, grâce aux nouvelles capacités cognitives et physiologiques qui l'ont accompagnée. Si nous nous pencherons sur la nature de ces capacités et des stratégies linguistiques "modernes" dans la dernière section de ce chapitre et surtout au chapitre 5, il nous faut auparavant revenir sur un aspect du modèle d'émergence et de diffusion.

#### 4.4.2 Corrélation entre changements de la dimension naturelle et changements de la dimension structurale du système langage

Nous avons vu lors de l'analyse des résultats du modèle d'émergence et de diffusion d'innovations que les probabilités de monogenèse ou de polygenèse d'une innovation dépendaient de certains facteurs comme la corrélation entre l'émergence d'une nouvelle espèce et celle de l'innovation considérée. En effet, le modèle suppose que la probabilité d'émergence est constante au cours de l'intervalle de temps considéré, ce qui n'est pas le cas si la corrélation précédente est vraiment présente.

Afin de répondre à cette question, nous allons introduire maintenant la notion de potentiel cognitif, d'abord d'une façon générale, puis appliquée aux stratégies linguistiques.

#### Notion de potentiel cognitif

*Ecrire est bien, penser est mieux ;  
Il est bon d'être habile, il est mieux d'être patient.*  
Siddharta, Hermann Hesse.

La notion de potentiel cognitif repose sur l'hypothèse que certaines capacités cognitives ne peuvent être exploitées sous certaines formes qu'un certain temps après leur développement au niveau cérébral. Dit autrement, un animal peut-être capable de certaines actions ou comportements qu'il ne met pas à profit. Une simple raison peut-être que ces comportements ne lui sont pas utiles, et qu'ils ne se développent donc pas chez lui. On repensera encore une fois à la capacité des chimpanzés d'utiliser des signes gestuels, et même de les transmettre d'une génération à une autre.

Un nouveau **potentiel cognitif** apparaît avec une modification de la "circuiterie" neurale. Le terme potentiel signifie qu'il peut exister un certain laps de temps avant la mise à profit de cette modification pour une fonction particulière. Ceci semble poser problème dans un cadre strictement darwinien où une variation conduisant à un changement n'est sélectionnée que si elle est fonctionnelle et avantageuse pour l'individu. Dit autrement, *la fonction crée l'organe* (ou plutôt ici le mécanisme cognitif) et non pas l'inverse : si des systèmes dédiés au traitement du langage existent bien, alors c'est qu'une pression de sélection a existé en la faveur de ce dernier, et il est difficile d'envisager l'existence biologique de la faculté sans son utilisation fonctionnelle. Néanmoins, un mécanisme ou une modification physiologique peuvent tout à fait apparaître pour une certaine fonction, et être mis à profit par la suite pour une seconde fonction. Il s'agit du concept d'**exaptation**. Rappelons que de nombreuses innovations biologiques sont en fait des exaptations.

### **Potentiel cognitif et potentiel culturel**

Nous pouvons dresser un parallèle entre la notion de potentiel cognitif et celle de **potentiel culturel**, qui concernerait l'apparition d'innovations culturelles de façon générale. Si l'on considère le cas du développement de l'agriculture dans notre espèce, il est raisonnable de penser que cette possibilité était effective dès la spéciation. Cependant, son invention est tardive par rapport à l'émergence de notre espèce, et certaines populations humaines ne l'ont d'ailleurs jamais développée, même si elles pouvaient le faire. Expliquer pourquoi l'agriculture est apparue aussi tardivement reste un problème difficile. Une première réponse serait que la chasse et la cueillette constituaient des modes d'existence plus aisés. Mais alors pourquoi y aurait-il eu une transition au Néolithique? Une hypothèse est que les plus grandes densités d'individus autour des lieux de culte rendait nécessaire de trouver de la nourriture en plus grande quantité que ne le permettaient la chasse et la pêche.

L'écriture est aussi une apparition très tardive dans l'histoire humaine, même si les capacités cognitives étaient présentes de longue date. Une hypothèse "commerciale" est ici que les documents écrits ont facilité la tenue de comptes "bancaires" entre individus, comme l'attestent les premiers écrits Sumériens.

Ainsi, certains potentiels ne viennent à remplir certaines fonctions spécifiques que par le biais d'événements indirects ou contingents. Nous pensons que cela fut le cas pour les stratégies linguistiques.

### **Modularité et culture**

Nous souhaitons mentionner ici rapidement les propositions de Dan Sperber relatives à la diversité des cultures, à leur stabilité et à l'émergence tardive de la culture (au sens générique du terme) au cours du Paléolithique Supérieur, des dizaines de milliers d'années après l'émergence de notre espèce [Dan Sperber, *Modularité et Culture*, Symposium annuel du Collège de France - « Gènes et Culture » Enveloppe génétique et variabilité culturelle - 15-16 Octobre 2002]. Ces propositions nous semblent particulièrement pertinentes pour expliquer la possible décorrélation entre l'émergence d'une capacité particulière et l'apparition d'innovations culturelles.

Sperber reprend la notion de modularité de l'esprit initiée par Fodor, en supposant l'existence d'un ensemble de modules cognitifs, non nécessairement innés, qui permettent des tâches variées comme la lecture, le décodage des énoncés, l'appréhension des pensées d'autrui, la reconnaissance des visages. Chaque module possède un domaine propre, qui correspond à l'ensemble des inputs qu'il a pour fonction de traiter, mais également un domaine effectif, qui regroupe l'ensemble des inputs qu'il peut traiter, c'est à dire qui satisfont aux conditions du traitement, même s'ils ne répondent pas spécifiquement à la fonction première du système. Le domaine propre du module de reconnaissance des visages est ainsi constitué chez l'homme des visages des individus, mais ce module peut également traiter d'autres informations sensorielles, comme des images de visages, des sculptures. . .

Sperber explique l'apparition de la culture et sa stabilité par une invasion des domaines effectifs des modules cognitifs par de l'information culturelle. Le maquillage, le portrait, les masques sont des éléments culturels qui auraient ainsi progressivement pris place dans le domaine effectif du module de reconnaissance des visages, créant ainsi un domaine culturel pour ce module.

Il découle, dès lors que les éléments culturels n'appartiennent pas au domaine propre d'un module, qu'ils peuvent apparaître de façon décorrélée de l'émergence de celui-ci. Les modules ne

rendent pas la culture nécessaire, mais ils la rendent possible. En outre, la variabilité culturelle est rendue possible par le fait que les éléments du domaine culturel n'ont pour seule contrainte que l'adéquation au traitement réalisé par le module (c'est à dire qu'ils appartiennent au domaine effectif). Par exemple, si le maquillage est essentiellement féminin dans les sociétés occidentales, il est principalement masculin dans les tribus Masai.

A partir de ces remarques, nous pouvons maintenant considérer la situation du langage et des stratégies linguistiques.

### **Potentiel cognitif, faculté de langage et stratégies linguistiques**

L'hypothèse qui vient à l'esprit pour le langage à la suite des derniers paragraphes est que celui-ci aurait pu mettre à profit des structures cognitives apparues pour des fonctions différentes. Dans le scénario que nous avons proposé à la fin de la partie 1, notre idée est une co-évolution entre langage et cognition générale en réponse à la complexification des structures sociales humaines. Nous pensons qu'il est possible que des capacités cognitives fonctionnelles dans un environnement social aient émergé sans lien initial avec le langage, même si celui-ci favorise la complexification sociale par un phénomène de renforcement. Elles auraient ensuite pu être mises à profit pour le langage, avec un certain délai temporel. Parmi ces capacités, nous pouvons citer des fonctions cognitives comme la mémoire de travail, la boucle phonologique, les capacités de symbolisation et de planification, qui ouvrent chacune la voie à de nouvelles possibilités en termes linguistiques.

Il est bien connu qu'il n'existe pas de corrélation directe entre les structures physiologiques cérébrales et une stratégie linguistique spécifique, pas plus qu'entre les capacités ou fonctions cognitives humaines et une stratégie spécifique. Ces deux faits sont démontrés par le fait qu'un enfant, quelle que soit son origine et la ou les langues de ses parents biologiques, peut apprendre n'importe laquelle des langues du monde.

S'il y a eu une évolution de l'appareil cognitif permettant l'émergence du langage, elle a conduit à la capacité d'apprendre une langue et des stratégies linguistiques, et non à les produire directement. Il existe donc ici une décorrélation entre la capacité souvent appelée faculté de langage et une stratégie linguistique particulière. Nous retrouvons ainsi sous une forme un peu différente les domaines propre et effectif des modules présentés par Sperber.

Cette différenciation nous paraît essentielle et nous permet d'appliquer pleinement la notion de potentiel cognitif aux différentes stratégies linguistiques (d'une façon d'ailleurs qualitativement différente de celle dont la notion s'applique à une capacité plus générique comme le langage). Si l'évolution a pu favoriser le développement de capacités cognitives permettant un traitement efficace du langage, cette évolution ne s'est pas faite en direction de stratégies spécifiques, mais en direction d'une capacité à apprendre des stratégies linguistiques (obéissant à certaines contraintes physiologiques et cognitives), que nous ancrons dans le développement de capacités cognitives générales. Dès lors, il ne semble pas indispensable d'envisager une émergence des différentes stratégies linguistiques dès l'apparition des changements qui les rendent possibles. En outre, si l'on envisage une monogenèse du langage, la langue primitive ne pourrait ni n'aurait intérêt fonctionnellement à contenir l'ensemble des stratégies linguistiques possibles. Une partie d'entre elles seraient donc nécessairement apparues plus tardivement, et la diversification des langues se serait alors faite par apparition de nouvelles stratégies qui seraient venues modifier les formes initiales.

### **Axes syntagmatique et paradigmaticque de l'espace des possibles linguistiques**

Nous pouvons prolonger l'argumentation précédente dans le cadre de la structure de l'espace des possibles linguistiques. Rappelons que nous avons décomposé les structures des états de celui-ci selon deux axes syntagmatique et paradigmaticque. Le premier est un axe d'association de composants de la structure, tandis que le second correspond aux différentes possibilités pour remplir les "slots" de l'axe syntagmatique.

L'évolution du langage et des langues peut être vue de la façon suivante : le développement de nouvelles capacités cognitives ou physiologiques conduit parfois à des transformations sur l'axe syntagmatique d'une structure, en modifiant ou en ajoutant des composantes qui enrichissent cette structure ou la transforment en une nouvelle structure différente. Lorsqu'une composante est modifiée, ou qu'une nouvelle fait son apparition, un nouveau champ paradigmaticque apparaît ou un champ pré-existant est transformé et voit son inventaire paradigmaticque enrichi. Ces changements selon l'axe paradigmaticque ne sont pas nécessairement corrélés à la transformation qui s'opère sur la dimension syntagmatique. Si les associations (syntagmatiques) sont nécessaire pour composer les structures, il n'en est pas de même pour les distinctions paradigmaticques. Les stratégies linguistiques précédentes correspondent à des possibilités paradigmaticques, tandis que l'émergence de nouvelles fonctions cognitives ou physiologiques est responsable des transformations syntagmatiques.

#### **4.4.3 Polygenèse structurale et diffusion des stratégies linguistiques**

Nous souhaitons pour finir cette section revenir sur la polygenèse et la diffusion des stratégies linguistiques, en tentant de prendre en compte le caractère structuré de tout système linguistique.

Notre proposition est que les différentes stratégies linguistiques ont pu apparaître de façon relativement indépendante et se diffuser dans les populations humaines. Nous pensons en outre que l'émergence des stratégies linguistiques est décorrélée dans le temps de l'émergence des facultés cognitives ou physiologiques qui les sous-tendent, ce qui renforce la possibilité de polygenèse dans le contexte démographiques de petits groupes de population aux contacts très peu fréquents. En particulier, des innovations apparues à la suite d'accroissements de population postérieurs à l'émergence de l'espèce (scénario *weak garden of Eden* en ce qui concerne *Homo sapiens*) ont une plus forte probabilité d'émerger par polygenèse.

Nous pouvons citer ici un exemple intéressant, mentionné par Merritt Ruhlen, de stratégie linguistique qui semble apparue de façon claire par polygenèse, et qui n'est en outre pas apparue dans toutes les langues du monde. Ruhlen oppose une monogenèse de l'utilisation des chiffres un et deux (dont il donne les formes dans l'hypothétique langue mère originelle), à une polygenèse de l'utilisation du nombre 3. En effet, dans ce dernier cas, il ne semble pas exister de racine commune pour ce nombre dont l'utilisation aurait débuté en plusieurs endroits de façon indépendante. En outre, il existe des langues où le nombre 3 n'existe pas, et où le système de numération repose sur les concepts "1", "2" et "plus de 2". [Merritt Ruhlen, Colloque sur l'origine des langues, 26-27 Septembre 2002, Collège de France, Paris].

Nous pensons que si certaines stratégies sont la possession de notre unique espèce *Homo sapiens*, d'autres, qui étaient possibles vis à vis des capacités cognitives, des contraintes physiologiques et interactionnelles des populations plus anciennes, existaient déjà auparavant. Le

grand nombre de stratégies selon les différents axes paradigmatiques des structures linguistiques conduit à un meilleur respect des probabilités des courbes théoriques : contrairement à une faculté de langage monolithique dont il est impossible de prévoir le mode d'émergence à partir de son existence actuelle, il est ainsi très probable que sur l'ensemble des stratégies, une partie soit apparue par polygenèse, et une autre par monogenèse. En outre, comme l'exemple du chiffre 3 le démontre, nous pouvons observer une absence d'émergence de certaines stratégies dans certaines populations, à moins d'envisager la disparition de stratégies autrefois universellement distribuées dans ces dernières populations. Ce dernier point reflète la compétition et plus généralement les interactions qui peuvent exister entre les stratégies linguistiques.

Ce sont ces interactions qu'il est nécessaire de prendre en compte si l'on veut lever le flou sur la notion d'émergence *relativement indépendante* des stratégies linguistiques que nous avons utilisée jusqu'à présent. L'idée que nous allons maintenant investiguer est que si des contraintes de la dimension naturelle ont été à l'œuvre lors de l'émergence des stratégies linguistiques, des contraintes structurelles ont également joué un rôle important.

### **Polygenèse sous contraintes des stratégies linguistiques**

Nous avons mentionné que l'agriculture et l'écriture étaient apparues dans des contextes particuliers, probablement avec des demandes "extérieures" pour satisfaire des besoins en nourriture ou en "outils" pour le commerce. De la même façon, nous pensons que les stratégies linguistiques sont apparues dans des contextes particuliers, mais cette fois linguistiques : les stratégies linguistiques des langues qui les ont accueillies. Comme nous l'avons vu au chapitre 2, les stratégies linguistiques qui forment une langue interagissent entre elles et forment une *structure*. Des pressions s'exercent pour rendre le système "cohérent" vis à vis d'un ensemble de contraintes internes et externes. Dans un contexte particulier, c'est à dire une structure de stratégies linguistiques particulière, toutes les stratégies linguistiques n'ont pas la même chance d'émerger, car certaines s'accordent mieux à la structure pré-existante que d'autres.

Il est probable, à la vue de la diversité des langues actuelles, que le système linguistique ne soit pas fortement contraint, et que pour chaque situation, c'est à dire chaque langue, différentes possibilités d'évolution s'offrent en permanence. Les événements extra-linguistiques viennent sélectionner de façon quasi aléatoire (à grande échelle) quels innovations ou changements apparaissent et se produisent effectivement dans les langues. Toutefois, à la manière dont les espèces évoluent selon la théorie de Maturana et Mpodozis (voir chapitre 2), nous pensons que l'évolution des langues se produit néanmoins selon des changements acceptés par les structures qui les composent. Certaines stratégies linguistiques n'ont pas pu apparaître dans des contextes qui leur étaient défavorables du point de vue de la cohérence du système.

### **Langue originelle et parcours de l'espace des possibles linguistiques**

Nous souhaitons pousser plus loin l'idée précédente, pour l'appliquer à l'hypothèse d'un unique ensemble de stratégies linguistiques à l'origine de l'ensemble des langues actuelles. Cette hypothèse est une variation sur le thème de la langue mère. La question est la suivante : l'ensemble des stratégies linguistiques des langues modernes dérive-t-il dans son intégralité d'un unique set de stratégies présent peu de temps après l'émergence de notre espèce, ou ses éléments sont-ils apparus selon un scénario polygénétique ?

Tout d'abord, si l'on suppose qu'une part importante de la vaste diversité linguistique actuelle

repose sur des stratégies essentiellement modernes, alors l'hypothèse que toutes ces composantes aient pu émerger après un stade initial très restreint est improbable : le grand nombre de composantes induit de façon probabiliste une polygenèse d'une partie même faible de ces composantes à l'origine et non pas seulement à des stades ultérieurs. Si au contraire, la différence qualitative et quantitative en terme de diversité des langues modernes par rapport aux langues ancestrales est faible, la probabilité est plus forte qu'un unique ensemble de stratégie moderne ait pu conduire à la diversité actuelle.

Un deuxième point important est qu'une diversification à partir d'un unique ensemble de stratégies initiales prend un certain temps. En particulier, atteindre la diversité des formes actuelles ne s'est très vraisemblablement pas produit en quelques années. Il est pertinent de se demander non seulement si ce temps a été important ou non, mais surtout si une telle diversification était possible.

Comme nous l'avons souligné dans la partie précédente, les stratégies linguistiques émergent nécessairement dans l'ensemble des cadres structuraux formés par les langues qui peuvent les accueillir. La différence entre une polygenèse non contrainte et une polygenèse contrainte par des phénomènes structuraux va être un ralentissement de la diversification linguistique dans le second cas. Il est cependant difficile d'estimer la vitesse de cette diversification.

Il est également possible de mettre en cause la *possibilité* du passage d'une langue unique originelle à l'ensemble des langues modernes. En effet, il est possible que certaines configurations linguistiques initiales ne puissent pas engendrer la diversité actuelle, ou dans des temps plus longs que celui qui s'est écoulé entre l'émergence de notre espèce et aujourd'hui.

Afin de mieux comprendre ce point, nous pouvons recourir une nouvelle fois à l'analogie de la boule parcourant un paysage vallonné, et qui cherche à minimiser son énergie potentielle, c'est à dire à se stabiliser à l'altitude la plus faible possible. Nous avons détaillé la grande diversité des paysages possibles, ainsi que l'existence de minima locaux et de barrières (des "collines") plus ou moins difficile à franchir. Imaginons un paysage séparé par une grande chaîne de montagnes. Si cette chaîne est assez haute, une boule placée initialement dans une des deux régions nées de cette séparation ne parviendra jamais à gagner l'autre région.

En replaçant cette situation dans un cadre linguistique, le jeu des contraintes pesant sur un système linguistique impose certaines directions (préférentielles ou forcées) pour les évolutions de ce système. Selon la configuration initiale du système et la topographie du paysage énergétique (c'est à dire la structuration de l'espace des possibles), un accroissement de la diversité pourra éventuellement être restreint à un domaine limité de l'espace des possibles : si le paysage est par exemple coupé en deux par une barrière énergétique très importante, comme dans l'exemple de la figure 4.20, les systèmes linguistiques ultérieurs pourront occuper la région de l'espace où se trouvait le système initial, mais jamais la région située de l'autre côté de la barrière. En comparaison, deux systèmes initiaux situés de part et d'autre de la barrière pourront engendrer une diversité qui couvrira l'ensemble du paysage énergétique.

Plus un système linguistique met en jeu de stratégies linguistiques, plus les possibilités d'interaction entre ces stratégies sont nombreuses, et plus les contraintes qui en découlent risquent de peser sur l'évolution du système.

Une polygenèse des stratégies linguistiques, sans langue initiale déjà fortement contrainte,

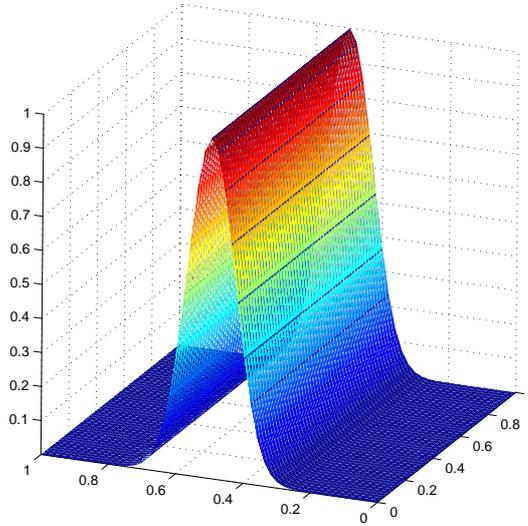


FIG. 4.20 – Un paysage énergétique séparé en deux régions par une barrière énergétique

augmente les possibilités de diversification des langues et d'émergence de stratégies. L'apparition progressive des contraintes est moins pesante sur le système linguistique global (composé de l'ensemble des langues), et permet à celui-ci d'explorer plus facilement l'espace des possibles linguistiques (possibles en termes de combinaisons de stratégies linguistiques).

### Pression fonctionnelle sur l'émergence des stratégies linguistiques

Certains items linguistiques sont plus nécessaires que d'autres pour une communication performante (tout en gardant en mémoire les nombreuses contraintes des parties précédentes). Une pression engendrée par les besoins de communication a donc pu induire l'apparition précoce de certains items linguistiques.

Le cas des “patterns” des pronoms personnels est un cas intéressant. Il semble naturel de juger très utile l'existence de mots permettant de référer à soi-même ou à d'autres personnes de son entourage (je, tu, il...). L'utilisation de pronoms personnels est donc probablement une invention ancienne. En outre, la place centrale de ces éléments dans la communication les rend très stables et a peut-être permis la préservation de leur forme originelle jusqu'à l'époque actuelle [Merritt Ruhlen, Workshop ACE 3, City University of Hong Kong, Hong Kong, Mai 2002].

La recherche de la langue originelle s'axe souvent sur des éléments typologiques très stables, comme les pronoms personnels, et les recherches de Joseph Greenberg ou Merritt Ruhlen se sont appuyées sur ces derniers pour cette raison. La faible diversité des schémas de distribution de ces pronoms à travers les grandes familles linguistiques est une des preuves de cette stabilité (voir chapitre 5 pour plus de données sur la famille Indo-Pacifique de Greenberg).

Il est probable que certaines stratégies linguistiques particulières aient été à l'oeuvre dans les premières formes de communication de nos ancêtres directs. Ces formes, si elles étaient très stables, ont été peu soumises au changement, et les schémas de distribution actuels pointent

justement vers leur existence dans une langue “initiale”. Les mots particulièrement employés dans les interactions quotidiennes des hommes (les parties du corps, des éléments de l’environnement comme le soleil, la lune, des termes de chasse. . .) peuvent ainsi avoir émergés il y a fort longtemps, et leur grande stabilité les avoir préservés d’une forte variation au cours du temps.

Ainsi, la recherche d’éléments de la langue originelle, même si elle peut être menée à bien, ce que beaucoup d’ailleurs contestent, ne permet pas de conclure à la complexité de cette langue, ou à son statut de langue mère de toutes les langues actuelles.

## 4.5 Evolution des diversités et complexités linguistiques

Nous avons jusqu’à présent posé les bases d’un modèle d’émergence du langage et des langues. Munis de notions sur les conditions d’apparition des stratégies linguistiques, il nous reste à envisager la question de l’évolution des différentes diversités et complexités linguistiques que nous avons définies dans la première section de ce chapitre. Pour ce faire, nous tenterons de répondre au moins partiellement aux questions qui ont été soulevées à propos de ces notions.

Après avoir entamé notre réflexion par un bref passage sur les tendances évolutives en linguistiques, nous examinons l’évolution de la diversité et de la complexité des états possibles, avant de nous pencher sur les liens que celles-ci ont entretenus avec la diversité et la complexité des états réels. Nous concluons alors en reprenant l’idée de mur de Gould introduite au chapitre 2 pour la diversité biologique, afin de l’appliquer à la diversité et la complexité des structures linguistiques.

### 4.5.1 Evolution de la diversité et de la complexité des états possibles

Dans cette première partie, nous allons nous intéresser au développement des états possibles, sans nous intéresser à leur utilisation réelle dans les langues de la préhistoire. Nous aborderons le problème de leur complexité dans une première phase, avant d’aborder la question de la diversité.

Pour rendre compte du développement de la complexité des états possibles, il convient surtout de faire rentrer en jeu des arguments relatifs au développement des capacités cognitives et physiologiques. Ceci sera l’objet des prochains paragraphes, où nous recourrons également à une distinction “pédagogique” entre deux périodes d’évolution du langage, que nous détaillons à présent.

#### Deux étapes dans l’évolution du langage

Plusieurs scénarios de l’évolution du langage mettent l’accent sur un scénario en deux étapes. La transition la plus courante est celle entre une phase agrammaticale (le proto-langage) et une phase syntaxique. Ce point de vue est comme nous l’avons déjà dit soutenu entre autres par le créoliste Derek Bickerton, qui pense qu’une mutation génétique a permis l’apparition soudaine de la capacité syntaxique [Bickerton, 1990] (chapitre 7).

Sans fixer leur attention uniquement sur la syntaxe, Jean-Marie Hombert et Charles Li proposent deux étapes importantes pour l’évolution du langage et des langues [Hombert and Li, 2000] :

- une première phase, la plus ancienne, où des améliorations physiologiques et cognitives viennent progressivement améliorer la qualité du langage humain en tant que vecteur de communication. Une pression de sélection existe en fait pour sélectionner les formes de

communication les plus performantes, et ainsi les évolutions cognitives et physiologiques qui les rendent possibles : meilleur contrôle des articulateurs ou de la respiration, amélioration des fonctions de perception et des traitements cognitifs langagiers. . . ;

- une seconde phase, où le langage est devenu suffisamment sophistiqué et performant pour que la pression de sélection en direction de formes linguistiques plus sophistiquées devienne très faible.

Bien sûr, la distinction en deux étapes bien définies ne doit pas être exagérée, et une transition graduelle entre les deux stades est possible. Elle dépend bien sûr de la nature des modifications cognitives et physiologiques chez nos ancêtres.

Il est nécessaire d'apporter une explication à l'existence d'une force de sélection en direction de capacités cognitives et d'un langage plus sophistiqués. Nous pensons comme déjà énoncé que cette pression est due en fait à un renforcement de l'importance du langage dans les interactions sociales par un phénomène auto-catalytique. L'organisation sociale des individus se complexifiant de plus en plus, des capacités cognitives et linguistiques performantes sont de plus en plus utiles pour permettre la préservation et le succès de cette organisation. En outre, l'adaptation à un milieu de type savane, puis à des milieux écologiques différents et variés rend nécessaire une plus grande adaptabilité des individus à un environnement changeant. La situation est à comparer à celle de primates qui conservent une niche écologique stable (type forêt équatoriale).

Après la phase de développement des capacités linguistiques, Hombert et Li supposent qu'un palier est atteint où les améliorations deviennent superflues. Dans ce second stade, l'absence de pression de sélection rend beaucoup plus significatifs les phénomènes auto-organisés à l'intérieur de la structure linguistique et sous l'influence des phénomènes sociaux (voir chapitre 2).

### **Evolution de la complexité des états possibles**

Nous pensons que la complexité moyenne des états possibles a augmenté tout au long de la première phase du scénario précédent. Les évolutions physiologiques et cognitifs ont intuitivement rendu possible des items linguistiques de plus en plus complexes, tandis que les items plus simples d'origine plus ancienne pouvaient être préservés dans le système. Rappelons en effet que nous traitons ici de l'espace des possibles : si des transformations physiologiques et cognitives rendent de nouvelles structures accessibles, elles ne rendent pas nécessairement impossibles et caduques les structures antérieures et celles-ci demeurent dès lors dans l'espace des possibles. Nous voyons ici qu'il est important de bien juger les transformations évolutives chez l'homme. Si l'on considère l'exemple de l'olfaction, ce sens a vu ses performantes décroître le long de notre lignée évolutive. On peut imaginer de façon similaire qu'une dégradation de l'audition au cours de la phylogénie humaine rendrait le répertoire de sons perceptibles moins riche et moins complexe.

Toutefois, il nous semble que les évolutions cognitives et physiologiques n'ont pas conduit à un remplacement des items linguistiques, mais plutôt à un ajout progressif de nouvelles stratégies. Nous allons tenter d'étoffer ce point dans les paragraphes suivants, et nous verrons en particulier qu'il est possible de s'appuyer sur la notion de complexité *descriptive*, comme nous l'avons mentionné plus haut, pour envisager l'évolution des items linguistiques.

## **Evolutions physiologiques et cognitives et évolution de la complexité des items linguistiques**

**Evolution de la production et de la perception.** Le développement des capacités de production et de perception a probablement joué un rôle dans l'accroissement de la complexité moyenne des productions.

Tout d'abord, une meilleure maîtrise des articulateurs permet la prononciation d'une plus large et riche palette de sons. Un triangle vocalique plus étendu permet d'envisager un ensemble plus large de voyelles, la maîtrise de traits comme la nasalisation, le trait fricatif ou le trait rétroflexe etc., permettent un jeu de consonnes beaucoup plus sophistiqué. Le contrôle fin de la langue permet par exemple une plus grande maîtrise du continuum antéro-postérieur du lieu d'articulation et du degré d'aperture. De même, un meilleur contrôle du flux respiratoire permet de mieux gérer les pressions orale et sous-glottique.

Studdert-Kennedy mentionne également l'évolution du système de production par l'émergence d'un contrôle indépendant des différents articulateurs, qui permet d'atteindre une grande rapidité de production [Studdert-Kennedy, 1998]. Cette indépendance du contrôle conduit également à plus de degrés de liberté, qui là encore vont conduire à une plus grande complexité des sons produits et perçus.

La perception doit bien sûr suivre la production, afin que les sons qu'il est possible de produire soient effectivement utilisables pour la communication. Il semble cependant que l'évolution de la perception humaine soit encore mal connue, surtout si on la compare aux capacités en production (comme mentionné au chapitre 1, descente du larynx, amélioration du contrôle de la respiration et des articulateurs...). Notons ici l'existence de la théorie motrice de la parole, qui postule que la perception est basée sur des schémas de production.

En terme de complexité descriptive, plus il est difficile de décrire un objet, plus celui-ci peut être jugé complexe. Dans le cas des exemples précédents, un plus grand nombre de traits que l'on peut *utiliser de façon indépendante* conduit à des descriptions plus riches des sons (en terme de présence ou d'absence des traits), et donc à une plus grande complexité de ceux-ci. La figure 4.21 offre une vision des traits des segments des langues du monde, et est extraite de la présentation d'un travail auquel nous avons participé sur la complexité des systèmes phonologiques sur la base des traits qui les composent [Marsico et al., 2002].

La possibilité de produire de nouveaux sons plus complexes par le biais d'une indépendance des traits que l'on peut combiner librement pour produire des segments ne rend pas impossible la production de sons antérieurs à l'amélioration du contrôle articulaire et qui combinaient alors différents traits *de façon contrainte*. Ceux-ci se trouvent en fait simplement incorporés dans les nouveaux inventaires définis sur la base de l'ensemble des traits que l'on peut combiner. On retrouve ces différents traits dans les langues du monde actuelles; la plupart recourent en effet à des segments "complexes" combinant différents traits comme la nasalité, le trait fricatif, celui d'aspiration, de palatalisation... (par exemple une voyelle haute périphérique d'avant longue et pharyngalisée), mais comportent également dans leur inventaire des sons plus élémentaires qui ne contiennent pas les traits précédents (en contraste avec la première voyelle, une voyelle haute périphérique d'avant sans les traits de longueur et de pharyngalité).

**Développement des capacités cognitives.** C'est au niveau cognitif que nous pouvons envisager le plus grand nombre de transformations susceptibles d'accroître la complexité des items linguistiques que l'homme peut manipuler.

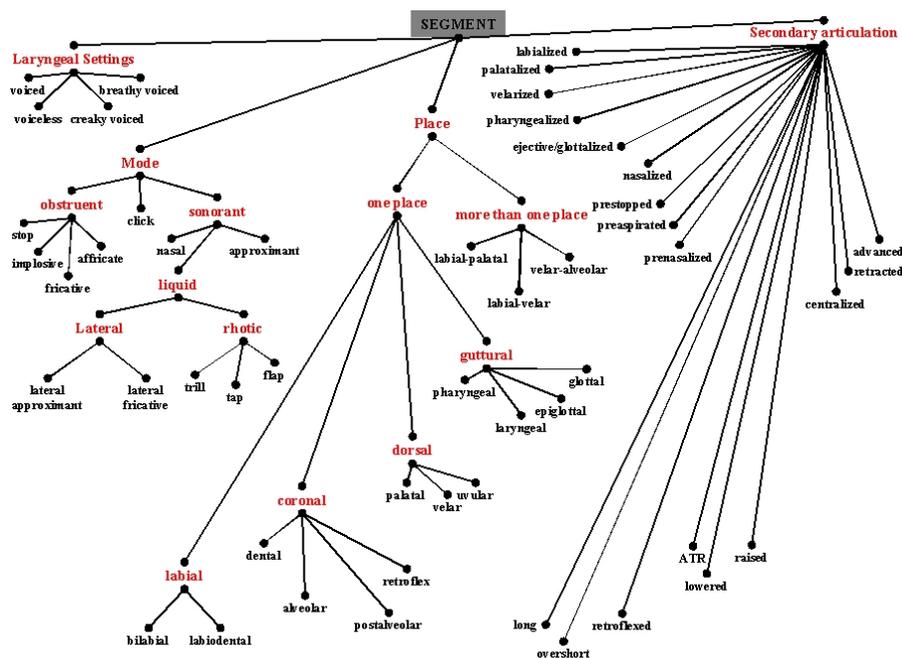


FIG. 4.21 – Traits des segments des langues du monde [Marsico &amp; al., 2002]

Notre idée est que toute **“intégration mentale”** affaiblit les liens directs entre la forme sonore et la représentation cognitive associée. Dit autrement, plus le traitement de l’information linguistique fait intervenir de connaissances externes dans l’analyse de la forme sonore, plus le lien entre les deux est faible. La conséquence en terme de complexité descriptive est immédiate : plus une forme sonore repose sur des éléments externes pour être interprétée, plus sa description est coûteuse, et donc plus elle est complexe. Nous pouvons citer plusieurs exemples de capacité cognitives qui contribuent selon nous à l’affaiblissement du lien précédent.

L’existence de relations internes entre les items linguistiques (voir les travaux de Deacon au chapitre 1), permet de faire reposer sur ces interactions une partie du travail d’interprétation linguistique, et enlève une partie du poids du lien direct entre un référent et son référent. Lors du passage des icônes aux index, un premier pas dans le sens d’une plus grande liberté est franchi car le lien entre objet et signal de communication ne repose plus que sur une contiguïté physique ou temporelle. Il devient possible de “piocher” dans l’une des contiguïtés d’un objet du monde pour le représenter dans le système de communication. Lors du passage aux symboles, le rapport entre signifiant et signifié devient arbitraire et le résultat d’une convention. Ici, le lien disparaît totalement, et les locuteurs peuvent utiliser tel ou tel mot pour représenter un concept, voire plusieurs mots.

Second exemple, l’émergence d’un système phonologique purement mental et de lois permettant le passage des représentations de ce système aux formes sonores est un très bon exemple d’augmentation des degrés de liberté et de la complexité descriptive par une mentalisation du mécanisme communicationnel ([Studdert-Kennedy, 2002] parle de “retreat into cognition”, une retraite qu’il juge difficile à expliquer sur un plan évolutif) : si le fonctionnement cognitif du

système phonologique mental se base bien sur des contrastes entre phonèmes (confère la définition linguistique des phonèmes par paires minimales), alors la variabilité au niveau acoustique peut-être plus importante. En effet, l'utilisation d'informations "internes", comme les liens qu'entretiennent les phonèmes entre eux, permet plus de liberté au niveau phonétique, puisque le lien entre la forme sonore et le phonème est déduite partiellement par les contraintes phonémiques.

Nous pouvons franchir encore un pas et considérer que non seulement le lien entre les items linguistiques mais aussi que la transformation de l'usage de la langue vis à vis des représentations mentales a augmenté la complexité des systèmes linguistiques. Par usage de la langue vis à vis des représentations mentales, nous nous référons à la notion de communication **inférentielle**, telle qu'elle est défendue par exemple par Dan Sperber [Sperber, 1995]. Selon cette position, le langage est très différent d'un code de transmission non référentiel, comme utilisé par exemple en informatique. En effet, dans ce second cas, toute l'information est transmise dans le signal lui-même, et aucune donnée extérieure n'est nécessaire pour l'interprétation de ce message. Si les codes à l'encodage et au décodage sont différents, la transmission de l'information ne peut alors pas se faire.

Dans le cas du langage humain, la situation est extrêmement différente puisque le message est souvent extrêmement contextualisé, et s'appuie sur des informations non-linguistiques pour véhiculer son contenu sémantique. Cette information peut-être présente dans le contexte externe de la communication ou au niveau cognitif des individus, comme l'est par exemple la connaissance partagée. A chaque réception d'un message, un mécanisme inférentiel est déclenché qui permet de mettre en relation données externes et données du message pour l'extraction du sens. Sperber explique que cet effet est "maximal" pour le langage humain, dans le sens où celui-ci ne sert qu'à déclencher (activer) des connaissances dans la mémoire du récepteur. L'exemple suivant permet de bien comprendre la situation [ibid] :

Peter: Do you want to go to the cinema?

Mary: i am tired.

La réponse de Mary ne contient pas l'information qui permet de répondre à la question de Peter, mais une donnée sur l'état de Mary. Peter peut cependant utiliser un mécanisme inférentiel pour comprendre le sens réel du message de Mary : s'il infère que le fait que Mary soit fatiguée est une bonne raison pour ne pas aller au cinéma, alors il comprendra que celle-ci a envoyé l'information sur son état pour qu'il dérive de lui-même la conclusion qu'elle ne souhaite pas y aller. Mary, en n'envoyant pas cette dernière information directement, exprime à la fois son refus et les raisons de celui-ci.

Selon Sperber, un tel mode de communication implique une préséance d'une théorie de l'esprit. Celle-ci serait en effet nécessaire pour que l'allocutaire comprenne les intentions du locuteur lorsqu'il reçoit son message. De même, le locuteur, en anticipant les comportements et les intentions du récepteur, peut adapter son message.

Pour ce dernier exemple, le signal linguistique et les items mis en jeu deviennent plus complexes, car leur signification en contexte est beaucoup plus délicate à définir, puisqu'il faut justement tenir compte de ce dernier. Les pronoms personnels sont un exemple d'items linguistiques complexes à décrire, puisqu'il réfère à un objet extérieur qu'il est nécessaire de connaître pour pouvoir les interpréter.

Encore une fois ici, le développement de certaines capacités cognitives ne rend pas impossible l'utilisation de formes de communication plus simples. Par exemple, même un modèle de communication inférentielle permet l'expression d'énoncés qui requièrent peu ou pas d'inférences. De même, si nous recourons à une communication symbolique, les langues du monde contiennent généralement des éléments comme les onomatopées qui ne mettent pas nécessairement à profit cette capacité de symbolisme.

La conclusion des chapitres précédents est ainsi que la complexité moyenne des items linguistiques s'est accrue au cours de la première phase du scénario de Hombert et Li grâce au développement des capacités physiologiques et cognitives. Ce développement n'a pas supprimé les formes les plus simples, mais a permis le maniement de formes plus complexes, d'où l'augmentation en moyenne.

Nous allons maintenant reprendre les différentes propositions précédentes pour les appliquer non plus à la question de la complexité des états possibles, mais à celle de la diversité de ceux-ci.

### **Evolutions physiologiques et cognitives et évolution de la diversité des états possibles**

L'accroissement de la diversité des états possibles est proche de celle de la complexité de ceux-ci : si comme nous l'avons dit plus haut, le développement des capacités cognitives et physiologiques ouvrent le champ à de nouvelles possibilités linguistiques, à des différences importantes entre les items linguistiques, la diversité des états possibles doit logiquement augmenter.

Il convient de rappeler ici la différence entre diversité et variabilité comme nous les avons définies au chapitre 2. Là où la variabilité des items linguistiques n'entraîne pas de modification des structures qui contiennent ces items, la diversité renvoie à des différences structurelles entre les systèmes linguistiques.

S'il est difficile de conclure quant à l'évolution de la variabilité linguistique (et sur ses liens avec l'évolution de la diversité), nous pensons que la diversité linguistique s'est accrue au cours du temps pour la raison suivante : les différentes évolutions cognitives et physiologiques ont participé à un accroissement des interactions entre items linguistiques au sein de structures de plus en plus nombreuses. Ceci est dû au développement de ce que nous avons appelé des processus d'*intégration mentale*. Nous pouvons citer quelques exemples sans reprendre l'ensemble des propositions citées si-dessous :

- le passage d'un signal holistique à un signal combinatoire conduit à un jeu d'interactions entre les composants de la phrase. Des changements des items en interactions créent des significations différentes ;
- le passage à un codage phonémique des sons (bâti sur des oppositions entre phonèmes) conduit à une structuration de l'espace des sons du langage ; un grand nombre de structures différentes est rendu possible par le grand nombre de traits qu'il est possible de combiner pour créer les segments ;
- un mode d'expression symbolique, en lien avec une communication inférentielle, offre un très large choix (en fait infini) de formes pour représenter les sens. Le symbolisme permet qu'une convention sociale soit à l'origine des formes utilisées, et la possibilité de recourir à des inférences permet aux structures des énoncés d'être très variées, puisque la seul

contrainte est de permettre à l'allocutaire de tracer des inférences à partir d'indices sémantiques, et non de lui transmettre toujours exactement les représentations sémantiques en jeu. Un choix d'indices et de structures linguistiques est toujours possible pour démarrer le processus d'inférence chez le récepteur, et comme nous l'avons souligné déjà plusieurs fois, les langues opèrent des choix sur les éléments sémantiques effectivement transférés dans le message : le français encodera ainsi les marques de pluralité, ce que ne fera pas le chinois...

Notons que des interactions existent entre les mécanismes précédents. Ainsi, une mise en œuvre plus importante de la structure de la phrase permet une plus grande variabilité au niveau acoustique, puisque même si un mot est perçu de façon erronée par le récepteur, l'aide du contexte linguistique et extra-linguistique permettra de corriger le problème au niveau de la transmission sonore (existence de processus top-down de correction). De façon similaire, le contexte linguistique de la phrase permet également de corriger des imprécisions sémantiques dues au choix des mots utilisés.

Nous avons donc proposé un ensemble d'hypothèses sur l'évolution de la diversité et de la complexité des états possibles. Cette évolution s'est produite au cours de la première phase du scénario de Hombert et Li, marquée par un ensemble de changements de la dimension externe du système langage chez les individus concernés. Dans la seconde phase, la fin des transformations de la dimension naturelle fige en quelque sorte l'espace des possibles, qui a atteint la structuration qui est sienne aujourd'hui.

Il nous reste à voir maintenant comment cette évolution a pu se refléter et se projeter dans les états réels des systèmes linguistiques du passé.

## 4.5.2 Evolution de la diversité et de la complexité des états possibles

### Décorrélation entre les évolutions des états possibles et des états réels

Il est important de commencer en rappelant qu'il n'existe *a priori* pas de lien entre la diversité ou la complexité des états possibles et celles des états réels. En effet, posséder certaines capacités ne signifient pas que celles-ci soient nécessairement mises à profit. Au niveau linguistique, des capacités physiologiques et cognitives peuvent très bien ne pas être mises en œuvre pour la transmission d'information.

A partir de ce constat, différentes contraintes peuvent soit aller dans le sens d'une corrélation, soit au contraire contribuer à une décorrélation. Ce sont ces contraintes que nous allons aborder maintenant.

### Pression sociale

De nombreux facteurs sociaux entrent en jeu dans la diversité effective des langues du monde. Le chapitre 6 présentant quelques simulations informatiques à ce sujet, nous introduisons juste ici l'idée qu'une pression sociale (bien que peut-être assez faible) ait pu entraîner une augmentation de la diversité linguistique des états réels au cours du passé.

Notre postulat de départ est le rôle fondamental du langage en tant qu'outil de positionnement social dans une communauté d'individus. A partir de ce postulat, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une pression culturelle existe dans toute communauté en faveur d'une exploration de l'espace des possibles linguistiques, et une évolution plus ou moins rapide des items linguistiques et des structures (quelle que soit leur complexité, pourvu que celle-ci soit acceptable, c'est à dire que ces éléments fassent parti de l'espace des possibles). Cette pression s'explique par le fait

que les locuteurs cherchent en permanence à se positionner socialement, et que la conséquence de cette activité au niveau linguistique est l'apparition, la disparition ou la transformation des composantes du langage.

### Conséquence de l'exploration linguistique sur la diversité des états réels

La pression culturelle précédente et l'inconscience des locuteurs vis à vis de leurs évolutions linguistiques conduisent leur système linguistique à évoluer dans l'espace des possibles de façon aléatoire. Nous retrouvons ici la notion de marche aléatoire ou *random walk*. Au fur et à mesure du temps et par simple exploration aléatoire, les nouvelles régions de l'espace des possibles engendrées par des modifications de la dimension naturelle du "système langage" sont découvertes par une partie des locuteurs et des communautés. Les nouvelles possibilités sont ainsi réalisées progressivement. Il semble qu'un intervalle de temps conduise alors à l'apparition au moins une fois de toutes les formes linguistiques possibles dans les systèmes réels.

Cependant, toutes ces nouvelles formes ne seront pas nécessairement présentes dans les systèmes réels à une époque donnée. Une stratégie particulière peut être mise en œuvre une fois par quelques individus, puis disparaître "à jamais". On retrouve ici les idées de facilité d'émergence et de stabilité des items telles que les a conçues Greenberg (voir chapitre 2). Selon ce scénario, la dynamique d'exploration de l'espace des possibles ne change pas selon que celui-ci a déjà été entièrement découvert dans le passé ou non.

Il faut donc bien distinguer la possibilité de voir apparaître certaines stratégies de la diversité des états réels à une époque donnée.

### Accroissement des besoins linguistiques

Parallèlement aux idées précédentes, nous pensons que l'augmentation de la taille des communautés humaines, ou plutôt de celle du réseau d'échanges sociaux des locuteurs au cours du temps, ainsi que le développement technique et cognitif a entraîné un accroissement des demandes en termes de stratégies linguistiques. En effet, avec le développement de ces éléments, les locuteurs ont été conduit à la fois à devoir se positionner de façon plus précise et minutieuse dans leur réseau social et exprimer une palette de concepts et de représentations de plus en plus riche. Ceci a induit le besoin de formes linguistiques plus riches et variées.

Une telle pression a dès lors pour conséquence l'accroissement des items et structures mises en œuvre dans les langues et les idiolectes, car elle pousse les locuteurs à explorer plus en détail et rapidement l'espace des possibles pour y découvrir les formes les plus efficaces et y recourir.

Nous pouvons donner ici un exemple qui nous paraît pertinent : certains synonymes diffèrent parfois par une connotation de type social : si par exemple le mot *voiture* peut être utilisé dans de nombreux contextes de communication, les mots *bagnole*, *caisse*... sont restreints le plus souvent à des contextes familiers et peu formels. Une possibilité est que les conditions sociales, qui conduisent une personne à se rapprocher ou à s'éloigner d'une autre par le choix de son vocabulaire, exercent une légère pression sur l'existence et la préservation de synonymes pour décrire les mêmes choses, afin de pouvoir adapter de façon plus riche et plus appropriée son idiolecte à telle ou telle situation. Cette adaptation permettrait une meilleure insertion dans les différents milieux sociaux.

### **Réflexion de l'espace des possibles sur l'espace des états réels**

Si l'on admet l'hypothèse précédente et la possibilité de découvrir les items et les structures linguistiques de l'espace des possibles (ce qui est une évidence, puisque le langage humain tire effectivement parti de nos caractéristiques cognitives et physiologiques, ce qui le rend si différent des autres systèmes de communication animaux), nous pouvons appliquer notre scénario d'émergence structurelle et de diffusion pour les items linguistiques. Une probabilité, peut-être faible (selon la force de la contrainte précédente) mais positive, existe en faveur de l'apparition des items possibles. Ceux-ci apparaissent donc au cours du temps, et l'espace des possibles se réfléchit progressivement dans l'espace des états réels, si les contraintes structurelles qui pèsent sur l'émergence des nouveaux items le permettent.

Dans la première phase du scénario de Hombert et Li, l'exploration de l'espace des possibles conduit à la découverte de nouvelles stratégies qui permettent de satisfaire les besoins sociaux et communicationnels des individus. Les processus stochastiques et auto-organisés sont quelque peu masqués par ces impératifs. Dans la seconde phase au contraire, ils jouent un rôle plus important. Certains items peuvent ainsi apparaître, se stabiliser ou disparaître sous l'effet de simples contingences. On observe alors des évolutions neutres des systèmes, en fonction des contacts linguistiques à tout niveau. . . Les langues évoluent comme elles semblent le faire aujourd'hui, en particulier sans tendance vers plus de complexité.

Les conséquences de la réflexion précédente sur la diversité et la complexité des états réels sont assez immédiates : si la diversité et la complexité de l'ensemble des possibles ont augmenté lors de la première phase du scénario de Hombert et Li, il est vraisemblable que les premières aient fait tout autant. Le mode d'émergence est toutefois un peu différent : un changement cognitif ou physiologique ouvre "immédiatement" un champ des possibles plus ou moins important. La réflexion de celui-ci dans les systèmes réels au contraire prend un certain temps. En lien avec la notion de potentiel cognitif, ceci rejoint à nouveau notre hypothèse selon laquelle les langues ont pu continuer à évoluer et à tirer parti des nouvelles capacités de notre espèce pendant une certaine période de temps après l'événement de spéciation.

Notons enfin que nous parlons de réflexion que de projection, afin d'illustrer l'idée qu'il ne s'établit pas une correspondance "point par point" entre l'espace des états possibles et celui des états réels, mais que l'espace des états réels représente progressivement la richesse et la variété des états possibles.

Nous avons détaillé ici quelques arguments pour expliquer le développement de la complexité et de la diversité linguistiques des systèmes réels. Ils nous faut toutefois nuancer la situation au niveau d'une macro-population d'individus, en modérant et modulant l'accroissement progressif de la diversité et l'exploration de l'espace des possibles selon les diverses influences des forces sociales.

### **Impact de la paléo-démographie et de la structure de la macro-population humaine**

Nous ne souhaitons pas réviser les propositions précédentes, mais souhaitons voir ici comment la structure de la macro-population préhistorique a pu ralentir ou accélérer le *rythme d'exploration* de l'espace des possibles, et consécutivement la découverte de nouvelles stratégies linguistiques.

Trois cas assez généraux peuvent être envisagés, selon le type de relations qu’avaient entre eux les groupes humains.

Nous avons déjà souligné le fait que les contacts entre groupes étaient vraisemblablement très peu fréquents avant les accroissements sensibles de la macro-population à la fin du Paléolithique Supérieur (50,000 - 10,000 BP) et surtout au Néolithique (après 10,000 BP). Si tout d’abord les contacts sont de nature agressive, et que échanges linguistiques extrêmement restreints, les trajectoires linguistiques des groupes humains sont très indépendantes. Dès lors, pour chacun d’entre eux, l’exploration de l’espace des possibles se fait de façon isolée (absence de diffusion d’innovations linguistiques dans le cadre de notre modèle). Cette indépendance nous semble mener à une exploration “efficace” de l’espace des possibles, à comparer à celle des deux cas suivants.

Si l’on considère le cas de contacts non agressifs entre groupes, et l’échange d’innovations linguistiques (en particulier par le biais d’échanges matrimoniaux), deux types de schémas d’interactions peuvent prévaloir : soit la coopération et la proximité sociale est nécessaire, pour l’échange de nourriture, d’outils etc., et des liens sociaux très forts sont établis, soit, sans que les contacts soient agressifs, une certaine opposition sociale, liée à des phénomènes d’affirmation d’identité, existe également entre les différents groupes.

Ces deux schémas sont directement inspirés des propositions de Jacquesson sur l’impact de la densité des populations sur l’évolution des langues [Jacquesson, 1999]. Jacquesson postule que dans des régions de faible densité comme les “quasi-déserts”, la nécessité de maintenir des interactions d’échange et de bonne entente entre les groupes prévient une trop grande divergence linguistique entre ces groupes. Les innovations et les divergences sont en effet réprimées dans ces derniers pour ne pas risquer d’altérer le lien social avec les autres.

Au contraire, dans des zones de plus forte densité et où les ressources sont plus abondantes, la préservation de liens sociaux forts n’est pas aussi nécessaire, et des divergences linguistiques peuvent plus facilement se manifester dans les populations.

Dans le premier cas de figure, si des innovations linguistiques peuvent émerger au sein d’un groupe, les contacts entre les groupes ralentissent l’accroissement global de la diversité des systèmes réels en imposant en quelque sorte une “contrainte de couplage”. Dans le second cas, ce ralentissement est (partiellement ?) compensé par les phénomènes d’opposition sociale, qui pousse les individus à se différencier linguistiquement les uns des autres.

Il est donc nécessaire une fois de plus de prendre en compte les structures sociales pour émettre les hypothèses les plus pertinentes possibles sur l’évolution des langues au cours de la préhistoire. Les données disponibles sur l’art rupestre au Paléolithique Supérieur (une certaine homogénéité des peintures à l’échelle d’une région de plusieurs centaines de  $km^2$ , mais avec des hétérogénéités plus locales [Sauvet and Włodarczyk, 2001] (p. 223-225)) et la vraisemblance des contacts entre groupes humains, même rares, nous entraînent en direction d’un scénario à mi-chemin entre les différents cas que nous avons présentés. Dans les temps les plus reculés, le très faible nombre de contacts a pu permettre aux groupes d’évoluer séparément, avec dès lors une diversité linguistique importante. Avec l’augmentation de la fréquence de contacts pacifiques et les échanges linguistiques entre les groupes, notre préférence va à une certaine réduction de la diversité linguistique, ou tout du moins à un rythme d’accroissement moins important. Enfin, avec l’accroissement important des populations à partir du Paléolithique Supérieur et surtout au Néolithique, l’accroissement des densités de populations a pu entraîner une nouvelle hausse de la diversité par rapport à la période précédente. Il est toutefois difficile d’estimer si la diversité de la première phase était ou non plus importante que celle de la dernière phase. Cette augmentation

importante s'accorderait assez bien à la fois avec l'hypothèse de ponctuation Néolithique de Dixon, et le développement des familles de langues comme suggéré par la linguistique historique.

Il faut toutefois noter qu'aux époques actuelles, les liens sociaux très forts établis entre les populations conduit à une diminution de la diversité linguistique, comme le démontre la disparition de nombreuses langues. L'appréciation fine des liens positifs ou négatifs qui unissent les membres de nos sociétés requiert donc des études plus approfondies.

Les arguments précédentes manquent de substance. L'un des objectifs du chapitre 6 sera de fournir un peu de cette substance grâce à des expériences informatiques. Celles-ci nous seront utiles en particulier pour bien faire la distinction entre diversité et vitesse d'évolution et d'exploration de l'espace des possibles, que nous n'avons pas réellement appréciée plus haut.

### 4.5.3 Effets de murs et tendances pour l'évolution des diversités et contraintes linguistiques

Pour clore cette section et le chapitre, nous pouvons tenter, à partir des différentes propositions que nous avons détaillées plus haut, d'inscrire l'évolution des structures linguistiques dans un cadre proche de celui utilisé par Gould pour expliquer la diversification des espèces. L'effet de mur suggéré par Gould ne nous semble en effet pas avoir été appliqué tel quel à l'évolution des structures linguistiques, et nous souhaitons établir un certain nombre de parallèles.

Comme pour les parties précédentes, nous allons opérer une distinction entre les items et structures de l'espace des possibles, et celles des systèmes réels.

#### Distribution des items linguistiques de l'espace des possibles

Les propositions faites plus haut nous amènent à conclure à une tendance évolutive des items linguistiques vers une complexité moyenne plus importante. Cette tendance est due au développement des capacités cognitives et physiologiques, qui rendent possibles des items et des structures de plus en plus complexes. Ceci est valable dans la première phase du scénario de Hombert et Li. Dans la seconde phase, cette tendance s'annule avec la fin des évolutions de la dimension naturelle du système.

Comme le rappelle la figure 4.22, Gould considère la distribution des espèces selon une échelle de complexité. La présence d'un mur de complexité minimale vient bloquer la diversification des espèces dans une des deux directions possibles, et l'accroissement moyen de complexité qui en résulte donne selon Gould l'impression d'une tendance évolutive.

Nous pensons qu'il est possible d'envisager deux murs à un instant donné pour les items linguistiques de l'espace des possibles. D'un côté, une complexité minimale est requise pour exprimer les structures sémantiques manipulées par l'appareillage cognitif humain (et on peut considérer que cette complexité est la complexité descriptive minimale pour un objet); d'autre part, les limites cognitives et physiologiques humaines limitent la complexité des items possibles. Notons ici que ce mur se déplace avec le temps pour refléter l'évolution des limites précédentes.

Entre ces deux murs, les items linguistiques se distribuent selon leur complexité. L'espace des possibles augmente en taille au fur et à mesure du recul de la limite supérieure, mais les items les plus simples, près de la limite inférieure de complexité, ne disparaissent pas au cours du temps. La diversité augmente grâce à l'apparition des items de plus grande complexité dans le système et à leur combinaison dans des structures.

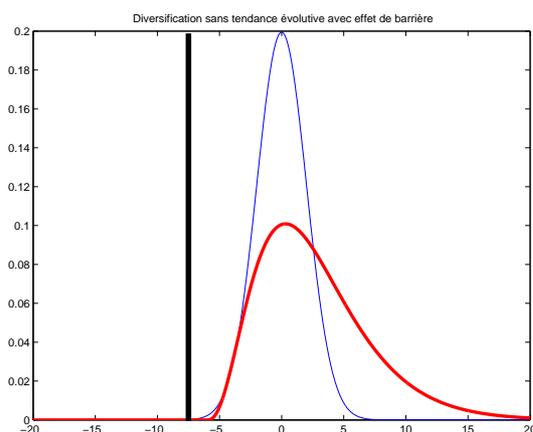


FIG. 4.22 – Evolution par diversification sans tendance évolutive mais effet de barrière

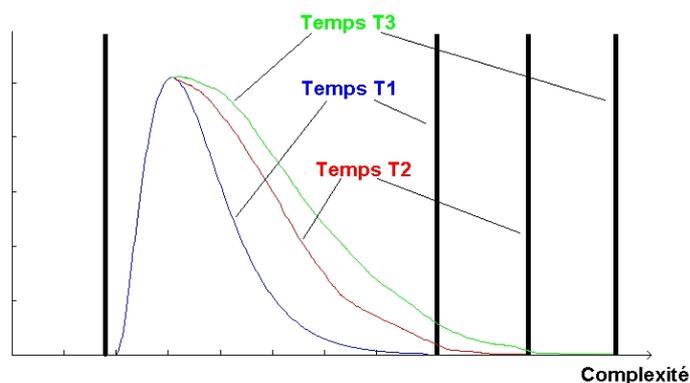


FIG. 4.23 – Evolution de la distribution des items de l'espace des possibles au court du temps

La figure 4.23 résume la situation, en présentant l'évolution que nous proposons pour l'ensemble des items linguistiques possibles.

### Distribution des items linguistiques des systèmes réels

Pour décrire cette seconde distribution, nous devons garder en mémoire le scénario en plusieurs phases proposé plus haut, ainsi que la projection progressive de l'espace des possibles dans l'espace des systèmes réels après une modification de la dimension naturelle du système langage.

Les langues piochent leur inventaire typologique parmi les items et les structures de l'espace des possibles. L'ensemble de ces éléments doit permettre de transmettre de façon efficace les informations que requièrent l'environnement et la vie des individus. La conséquence de cet état de fait est la suivante : plus la complexité des messages à transmettre est importante, plus les langues ont recours à des stratégies complexes. Néanmoins, elles utilisent toujours également les stratégies les plus simples qui constituent le cœur de leur inventaire typologique. De la même façon que les bactéries règnent toujours sur le règne animal aujourd'hui, malgré leur grande ancienneté, les items linguistiques les plus simples sont toujours utilisés aujourd'hui, qu'il s'agisse

de sons, d'onomatopées, de structures syntaxiques simples comme l'ordre des mots...

Comme évoqué au chapitre 2, l'échelle d'observation des phénomènes linguistiques peut permettre d'appréhender des dynamiques différentes. Si l'on considère l'évolution de la distribution des items dans les systèmes réels à l'échelle de l'évolution humaine, on observe une progression similaire à celle proposée pour la distribution des états possibles. Si l'on "zoome" maintenant sur les périodes qui suivent un événement de spéciation et le développement de nouvelles capacités cognitives et physiologiques, on peut observer que la même évolution se répète à cette échelle temporelle inférieure ("comme pour une fractale"). Cette fois, le schéma de transformation de la distribution n'est pas dû à un recul de la limite supérieure de complexité des items, mais à l'exploration progressive de l'espace des possibles par les populations de locuteurs.

Enfin, à cette évolution se superpose pour les périodes les plus récentes de la préhistoire une réduction temporaire de la diversité des structures (ou de l'accroissement de diversité), qui correspond à la deuxième période de notre scénario. Cette diminution ne dure qu'un temps, et l'accroissement exponentiel de la population à partir du Néolithique entraîne une nouvelle augmentation majeure et rapide de la diversité des systèmes réels. La tendance semble toutefois s'être à nouveau inversée aujourd'hui avec les phénomènes sociaux de mondialisation.

## 4.6 Conclusions

Nous avons tenté dans ce chapitre d'aborder les questions de l'émergence des langues et des stratégies linguistiques, et de leur évolution au cours de la préhistoire, en particulier au travers des notions de diversité et de complexité linguistique.

Un de nos travaux a consisté à évaluer la question de la monogenèse ou de la polygenèse des langues. A l'aide d'un modèle probabiliste et de simulations informatiques, nous avons tenté d'évaluer la probabilité de ces deux possibilités pour les différentes stratégies linguistiques qui composent les langues, en fonction des événements de spéciation de notre lignée, ainsi qu'en prenant en compte la structure de la macro-population de nos ancêtres. Nous pensons qu'une polygenèse structurale, suivie d'une diffusion par contacts linguistiques, fut le scénario d'apparition d'une majeure partie des stratégies linguistiques.

Munis de ce scénario d'émergence, nous avons tenté d'évaluer les évolutions de la diversité et de la complexité des états possibles des systèmes linguistiques, ainsi que celles des systèmes réels. En reprenant les notions de dimensions naturelle et structurelle, nous avons formulé différents scénarios pour les quatre notions précédentes : accroissement de la diversité et de la complexité de l'espace des possibles, et projection progressive de cet espace dans les systèmes linguistiques réels, projection ponctuée par les événements de spéciation qui ont mené à notre espèce. Nous avons également tenté de prendre en compte l'impact des contacts entre groupes humains pour moduler la projection précédente par l'accroissement progressif de la macro-population humaine et les modifications sociétales concomitantes.

Différentes questions se posent assez naturellement à l'issue de ce chapitre. Tout d'abord, parmi le grand nombre de stratégies linguistiques de l'espace des possibles des langues actuelles, lesquelles d'entre elles caractérisent les langues modernes par rapport aux langues plus anciennes de la préhistoire. Répondre de façon extrêmement partielle à cette question est l'objectif du prochain chapitre.

Une autre problématique, qui permettra de proposer une approche assez complète de la ques-

tion de l'émergence et de l'évolution des langues, est celle des mécanismes d'évolution des langues au sein des populations humaines. Ces mécanismes, qui prennent en compte les contraintes internes et sociales qui pèsent sur le système langage, sont fondamentaux pour comprendre la micro- et méso-évolution de la diversité linguistique des états réels. Le chapitre 6 tentera de proposer des pistes et des éléments de réponse à ces questions.