



**THESE DE DOCTORAT DE
L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE**

Spécialité

Cerveau Cognition Comportement
(Ecole doctorale)

Présentée par

M. Claidière Nicolas

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

Sujet de la thèse :

Théories darwiniennes de l'évolution culturelle : modèles et mécanismes

soutenue le 03 juillet 2009

devant le jury composé de :

M. Dan Sperber, directeur de recherche, directeur de thèse

M. Minus van Baalen, directeur de recherche, rapporteur

M. Dominique Guillo, directeur de recherche, rapporteur

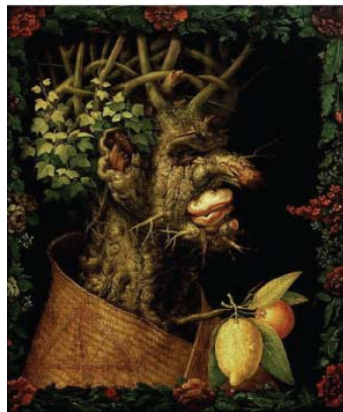
M. Jean-Baptiste André, chercheur, examinateur

M. Jean Gayon, professeur, examinateur

M. Michel Morange, professeur, examinateur

Théories darwiniennes de l'évolution culturelle

Modèles et mécanismes



Nicolas Claidière

Sous la direction de Dan Sperber

Institut Jean Nicod

Peintures de Guiseppe Arcimboldo, 1527-1593.

Réalisées en 1573, dans le sens horaire :
printemps, été, automne et hiver.

SOMMAIRE

Sommaire	iii
Préface	vii
Introduction.....	3
1 Définir un cadre naturaliste et darwinien.....	19
1.1 Les chaînes causales de la culture	21
1.1.1 Naturalisation des sciences sociales et enchaînement causal	21
1.1.2 Les chaînes causales de la culture.....	25
1.1.3 Conclusion	29
1.2 Les trois niveaux du darwinisme.....	31
1.2.1 L'évolution et la pensée essentialiste	32
1.2.2 La pensée populationnelle	36
1.2.3 Le sélectionnisme	41
1.2.4 Le modèle des répliqueurs	49
1.2.5 Conclusion	52
2 La mémétique	59
2.1 Comment faire du darwinisme un modèle universel de l'évolution.....	64
2.1.1 Qu'est-ce qu'un mème ?	67
2.1.2 Comment les mèmes évoluent ?	69
2.1.3 Les mèmes, particules élémentaires de la culture ?	71
2.1.4 Conclusion	75
2.2 Le rôle de la réplication dans la théorie des répliqueurs	77
2.2.1 La réplication est un mécanisme fidèle et indépendant du contenu	78
2.2.2 L'équilibre entre le taux de mutation et la sélection.....	80
2.2.3 Conclusion	85
2.3 le chant des oiseaux et la phonologie	86

2.3.1	La mémétique appliquée au chant des oiseaux	86
2.3.2	La mémétique appliquée à la phonologie.....	94
2.3.3	Conclusion.....	101
2.4	Le rôle de l'imitation dans le modèle mémétique	102
2.4.1	L'imitation du sens large au sens strict.....	102
2.4.2	L'imitation ne garantit pas la stabilité des éléments culturels	113
2.5	Conclusion du chapitre	134
3	La coévolution gène-culture.....	139
3.1	Comment la culture est elle apparue ?.....	148
3.1.1	Apprentissage génétique, individuel ou social.....	148
3.1.2	Conclusion.....	158
3.2	Comment la culture évolue ?	160
3.2.1	La dérive des éléments culturels	161
3.2.2	Les forces liées au contenu des éléments culturels	167
3.2.3	Les modes de transmission des éléments culturels	173
3.2.4	Le biais d'hyper conformisme.....	185
3.2.5	Le biais de prestige.....	199
3.2.6	Conclusion.....	210
3.3	Les limites du modèle sélectionniste	212
3.3.1	La sélection culturelle	212
3.3.2	L'importance de la sélection dans l'évolution culturelle	218
3.3.3	Conclusion.....	226
3.4	Conclusion du chapitre	227
4	L'épidémiologie culturelle	229
4.1	Le fonctionnement du cerveau est massivement modulaire.....	233
4.1.1	Modularité et fonction propre	234
4.1.2	Interaction entre modules et évolution culturelle.....	241
4.1.3	Le lien entre évolution culturelle et évolution génétique.....	253
4.1.4	Modularité et déterminisme sociobiologique.....	259
4.1.5	Conclusion.....	263
4.2	Un mécanisme d'apprentissage original : la communication	266
4.2.1	Communication inférentielle et théorie de la pertinence	267
4.2.2	La communication des éléments culturels	274
4.2.3	Quand la communication prend des allures d'imitation.....	288

4.2.4	Conclusion	294
4.3	Attraction et sélection dans l'évolution culturelle	296
4.3.1	Définir l'attraction	296
4.3.2	Exemple des cigarettes.....	299
4.3.3	Exemple du tir à l'arc.....	303
4.3.4	Conclusion	311
4.4	Le modèle des matrices causales évolutives (MMCE)	313
4.4.1	Elaboration du MMCE.....	313
4.4.2	La sélection dans le MMCE.....	317
4.4.3	L'attraction dans le MMCE	323
4.4.4	Des modèles formellement identiques et fonctionnellement différents..	325
4.4.5	Les modèles populationnels biologiques et culturels	327
4.5	Conclusion du chapitre.....	332
5	Conclusion	334
	Bibliographie	341

PREFACE

J'ai commencé à m'intéresser à l'évolution culturelle tardivement et presque par hasard.

Lors d'un cours d'introduction aux sciences cognitives, Anne Christophe et Christophe Pallier m'ont orienté vers l'Institut Nicod, laboratoire de philosophie qui semblait être le plus approprié pour accueillir les étudiants aux inclinations théoriques marquées. Je ne savais pas qu'il existait des laboratoires de philosophie et c'est avec un mélange de curiosité innocente et de vagues souvenirs de cours de terminale que je me rendis au rendez vous que l'on m'avait fixé.

Ma curiosité ne fit que croître à mesure que j'approchais dudit Institut. D'abord le 7^{ème} arrondissement m'était presque inconnu et je commençais par me perdre dans le dédale des avenues et des boulevards qui courent entre l'Ecole Militaire et l'Hôtel des Invalides. Les rues étaient larges, les immeubles bourgeois, les gens affairés, de cet ensemble naissait une atmosphère militaire, tirée au cordeau, mise au garde à vous. Le laboratoire, ou plutôt l'Institut devrais-je dire, était installé au rez-de-chaussée d'un immeuble d'habitation dont il fallait ouvrir deux immenses portes métalliques pour accéder au hall où se trouvait la porte d'entrée menant à mon rendez-vous avec Pierre Jacob.

Je me souviens encore du doute que j'éprouvais en appuyant sur la sonnette. Rien ne laissait penser que derrière ces murs se trouvaient un laboratoire de philosophie analytique et je préparais mentalement de plates excuses à adresser au gardien, à un habitant de l'immeuble ou même à Pierre Jacob pour avoir fait irruption dans son salon. Par là suite, je me suis souvent amusé à observer les expressions d'étonnement des nouveaux arrivants qui, comme moi à ce moment là, passaient la tête par la porte à demi entrouverte pour vérifier qu'ils ne s'étaient pas trompés.

L'Institut était un électron libre isolé au milieu d'un quartier sans vie. Lieu de réunions, de discussions et d'argumentations passionnées où venaient travailler des chercheurs philosophes de toute l'île de France. L'effervescence de l'Institut ce jour là, je me rendis compte plus tard qu'elle était liée au fait que nous étions un vendredi matin, jour du séminaire général, séminaire dont le nom est visiblement composé sur le thème du rassemblement général, m'a tout de suite séduite. Il règne à l'Institut Nicod une excitation scientifique, un mélange de sentiment d'urgence, de nouveauté et de prépondérance de la recherche que je n'avais jamais rencontré jusque là et qui n'a fait que s'amplifier depuis que nous avons déménagé à l'Ecole Normale Supérieure.

Les sciences cognitives sont une discipline nouvelle, où tout reste à faire et à découvrir, et dans laquelle les chercheurs ont une motivation extraordinaire. Cette ambiance particulière transparait dans les réunions, les discussions et même les déplacements et les mouvements des personnes impliquées. Avant ma rencontre avec Pierre Jacob j'avais déjà le sentiment qu'il se passait des choses importantes et fascinantes, ici, au milieu du 7^{ème} arrondissement parisien, dans un Institut qui aurait pu être un salon de thé. Je voulais savoir quoi.

Pierre m'est apparu, du haut de sa grandeur et de son éloquence, comme un formidable orateur. Ses larges gestes et sa ponctuation rythmée ont effacé toute trace de son propos d'alors pour ne laisser, aujourd'hui, que l'image théâtrale de ma première rencontre avec la philosophie analytique. De la substance de ses paroles je ne me souviens que de la conclusion, je devais rencontrer Dan Sperber. C'était le premier des nombreux conseils avisés que Pierre m'offrait. Pierre a contribué de manière essentielle aux travaux réunis dans ce manuscrit. A travers son rôle de directeur de l'Institut bien sûr, mais aussi plus personnellement, grâce à ses conseils, son écoute attentive et sa disponibilité. Qu'il en soit ici remercié.

Ma rencontre avec Dan Sperber ne fût pas moins étonnante que ma découverte de l'Institut Nicod. Cette fois ce fût bel et bien dans un salon, enfoncé dans son profond canapé blanc et disposant d'une tasse de café bien chaude que je rencontrais Dan pour la première fois. Dan est un grand séducteur. En l'espace de quelques semaines il allait me persuader que rien n'avait plus d'intérêt que les sciences cognitives et notamment l'évolution culturelle et ses rapports avec le darwinisme. Ce salon allait devenir notre lieu de rencontre hebdomadaire pour un stage de trois semaines qui se transformerait plus tard en stage de trois mois, puis en DEA et finalement en thèse. A travers de

longues discussions autour d'une tasse de café, Dan me faisait découvrir de nouveaux horizons de recherche passionnants, il m'expliquait les rouages du cerveau et de la culture, m'introduisait à l'anthropologie, à la psychologie, aux neurosciences, partageait avec moi ses points de vue et sa passion. En me laissant entrer chez lui, en partageant avec moi ses connaissances, en m'ouvrant sa bibliothèque, Dan a eu la patience et le courage de m'introduire à des disciplines dont je ne connaissais que le nom. Il a écouté mes inepties avec calme et sérieux tout en m'expliquant encore et encore les mêmes choses afin que je comprenne et que je me souvienne. Sa clarté de pensée, sa rigueur et sa patience me laissent toujours admiratif et m'ont donné la confiance et le courage d'entreprendre ce travail de thèse. Si je n'avais pas perçu chez Dan ce mélange subtil qui permet à une personne d'être un chercheur exceptionnel tout en restant un encadrant hors pair, je n'aurais pas tenté de réaliser ce travail. Dans ce domaine Dan est allé bien au-delà de mes espérances il a su me donner une vision globale, cohérente et interdisciplinaire des phénomènes psychologiques et culturels, il m'a enseigné la rigueur de la pensée philosophique, il a créé un groupe de recherche dynamique, m'a permis de l'accompagner lors de conférences internationales... en bref, il m'a donné les moyens de me former à la recherche dans les meilleures conditions possibles. Aujourd'hui je suis conscient de l'investissement en temps et en énergie que cela représente et pour tout cela et pour tant d'autres choses que je ne mentionne pas ici, je lui serais toujours reconnaissant. Merci dan, merci d'avoir cru en moi et de m'avoir permis d'entrer dans ce domaine de recherche passionnant.

Le groupe NASH (Naturalisme en Sciences Humaines) à travers ses discussions animées a constitué un environnement de travail fructueux et stimulant entre personnes aux histoires et aux personnalités diverses. J'en profite pour remercier plus particulièrement Jean Baptiste André, François Blanquart, Coralie Chevallier, Christophe Heintz, Yasmina Jraissati, Hugo Mercier et Hugo Viciano avec qui j'ai beaucoup discuté de tout ou partie de cette thèse et dont les nombreuses idées m'ont permis d'améliorer ce travail.

Je tiens aussi à remercier personnellement toutes les personnes qui ont eu le courage de relire tout ou partie de ce manuscrit pour me faire des commentaires constructifs et éliminer autant que possible les innombrables fautes d'orthographe que je ne suis pas en mesure d'éradiquer moi-même (Centre d'expertise collective de l'Inserm, 2007; Ramus, 2007). Merci à Nicolas Baumard, Géraldine Grimaud, Olivier Morin et

Hugo Viciano, ainsi qu'à Savita Bernal et Hugo Mercier qui ont relu le manuscrit en entier.

A travers leur soutien constant et leurs encouragements inconditionnels depuis de si nombreuses années, je tiens à remercier ma famille et en particulier Savita qui a supporté avec courage les douze derniers mois et qui n'a jamais été à court d'arguments pour m'empêcher de m'intéresser de trop près à la Bigorre dans les moments les plus troubles de mon travail.

Je tiens enfin à remercier les membres de mon jury, Jean Baptiste André, Minus van Baalen, Jean Gayon, Dominique Guillo, et Michel Morange d'avoir accepté de lire, d'évaluer et de commenter ce travail. J'espère que ce travail est à la hauteur de leurs attentes.

Je suis un biologiste et je crois qu'il est important d'insister sur ce point. Cela permet sans doute d'expliquer en partie les défauts et les avantages de ce travail. Aussi surprenant que cela puisse paraître, mon approche des phénomènes culturels est résolument celle d'un biologiste de l'évolution. Dans ce travail j'ai cherché à réunir les arguments les plus importants pour décider des rapports qui existent entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique. La thèse que je défends ici est qu'il existe une analogie intéressante, darwinienne et populationnelle, entre les phénomènes culturels et les phénomènes biologiques. Les arguments pour défendre cette thèse proviennent de divers champs disciplinaires, la psychologie, la biologie, les neurosciences, la linguistique, l'histoire des sciences pour n'en citer que quelques uns et font appel à différentes méthodologies, expériences, modélisations, synthèse, etc. Dans un domaine de recherche aussi éminemment interdisciplinaire que celui que j'ai choisi, il est difficile de satisfaire les points de vue de toutes les disciplines et j'ai passé beaucoup de temps à remanier la formulation des idées, de manière à ce qu'elles soient accessibles aux non spécialistes du domaine discuté, à éliminer les termes techniques inutiles et à définir les termes techniques indispensables. J'espère avoir réussi au moins partiellement dans cet exercice qui consiste à permettre aux non spécialistes d'un domaine de comprendre en détail les enjeux des questions scientifiques posées sans céder à la tentation de simplifier le débat.

Théories darwiniennes de l'évolution culturelle

Modèles et mécanismes

INTRODUCTION

En cette année du deux centième anniversaire de la naissance de Charles Darwin (1809) et du cent cinquantième anniversaire de l'édition de *De l'origine des espèces* (1859), de nombreux ouvrages et articles mettent en perspective les travaux de Darwin à la lumière des découvertes récentes en biologie. Peu font état cependant de l'impact que ses théories ont eu sur les travaux en sciences humaines. Pourtant, le darwinisme n'a eu de cesse d'influencer et d'inspirer les théories en sciences humaines et notamment en anthropologie :

L'anthropologie moderne est partie du point de vue évolutionniste. Elle y était invitée par le bonheur des interprétations darwiniennes concernant le développement biologique, et aussi par le désir d'hybrider les découvertes préhistoriques et les données ethnographiques. Il reste que, non seulement valides, ses propositions sont indispensables à l'homme de terrain comme au théoricien. (Malinowski, 1944)

Cette remarque de Malinowski est toujours d'actualité et, récemment, c'est-à-dire depuis la fin des années 1970, de nouvelles théories qui accordent une place importante au darwinisme se sont développées en sciences humaines (pour un rapide aperçu historique de certaines de ces théories voir Blute, 1987; Laland & Brown, 2002).

Au sein des théories 'darwiniennes' de la culture, deux emplois du terme darwinisme peuvent aisément être distingués, un usage plus littéral et un usage plus analogique. Dans un sens littéral, le darwinisme renvoie au fait que l'homme, comme tous les êtres vivants, est le résultat d'un processus d'évolution génétique. La question qui se pose est de savoir si cette évidence, une fois reconnue, peut instruire et informer les sciences humaines. Dans un sens analogique, l'évolution culturelle peut être largement indépendante de l'évolution génétique et être elle-même darwinienne. Cet usage est analogique car cela revient à considérer le darwinisme comme un ensemble de principes, certains diraient de lois ou d'algorithmes, qui sont indépendants de la biologie et peuvent s'appliquer à la culture. De nombreux évolutionnistes

s'accorderaient pour dire que les virus informatiques évoluent de manière darwinienne par exemple.

Dans cette thèse nous parlerons peu de l'usage littéral du darwinisme et nous n'évoquerons l'évolution génétique du comportement humain qu'en tant qu'argument dans la discussion de l'usage analogique du darwinisme. La question qui sera l'objet de cette thèse est la suivante : peut-on dire que l'évolution culturelle est darwinienne dans un sens analogique ? Il s'agira donc de comprendre dans quelle mesure l'évolution culturelle est *analogue* à l'évolution biologique. Mais avant de rentrer dans le détail des théories qui font un usage analogique du darwinisme, il me semble important de dresser un aperçu rapide des théories qui en font un usage littéral, pour comprendre à la fois les origines historiques des théories dont nous allons parler et les limites de celles-ci.

La sociobiologie, l'écologie comportementale humaine et la psychologie évolutionniste cherchent, chacune à leur manière, à montrer que la connaissance de l'histoire évolutionnaire de l'homme permet de mieux comprendre son comportement moderne.

La sociobiologie, qui a pour fondement les travaux de Hamilton sur l'évolution de la socialité (les travaux de Hamilton seront discutés dans la partie 1.2.4, pp 49), a été développée par Edward O. Wilson comme une nouvelle discipline dont l'objet est « l'étude systématique des bases biologiques de tous les comportements sociaux » (E. O. Wilson, 1975). Le livre de Wilson, *Sociobiology : the new synthesis* constitue une synthèse des travaux permettant d'expliquer l'origine des comportements sociaux, animaux et humains. La publication de ce livre, et notamment du dernier chapitre sur les bases évolutionnaires du comportement humain, a entraîné une controverse politique importante qui a en partie masqué, ou du moins retardé, la discussion scientifique de cette question (pour une discussion historique et scientifique approfondie de la controverse qui a entouré la sociobiologie voir Segerstråle, 2000). De nombreux arguments scientifiques ont été développés pour montrer les limites de l'approche sociobiologique de Wilson appliquée à l'homme (voir en particulier Lewontin, 1976; Lewontin, 1979) et les tentatives de prises en compte de ces critiques (Lumsden & Wilson, 1981) n'ont pas été jugées satisfaisantes (Maynard Smith & Warren, 1982). Le débat *scientifique* qui a entouré l'application de la sociobiologie à l'homme est donc aujourd'hui largement en faveur d'un rejet des idées sociobiologiques, du moins telles qu'elles ont été élaborées par Wilson.

Un argument me paraît essentiel dans ce débat : celui du rôle de la sélection naturelle. Gould et Lewontin (1979) ont critiqué ce qu'ils ont nommé le programme adaptationniste (ou encore le paradigme Panglossien) dont la sociobiologie serait un exemple extrême (Lewontin, 1979). Selon ces auteurs, la sociobiologie postule, plus qu'elle ne démontre, le fait que *tous* les comportements sont le produit, plus ou moins direct, de l'évolution biologique et de la sélection naturelle. Autrement dit, la sociobiologie part du principe que tous les comportements, humains et non humains, sont des adaptations et construit ensuite une argumentation pour justifier ce postulat. C'est cette position de principe qui est généralement prise dans les sciences évolutionnaires que critiquent Gould et Lewontin. Ces auteurs insistent sur le fait que d'autres forces entrent en jeu dans l'explication de l'évolution des organismes (comme par exemple la dérive génétique qui résulte des variations stochastiques de la fréquence des gènes), donc qu'il n'est pas possible de postuler a priori que tous les comportements humains sont le produits de la sélection naturelle. Pour Gould et Lewontin, la sélection darwinienne n'est qu'un élément de l'explication de l'évolution des organismes, et en l'absence de preuves solides il n'est pas justifié de considérer que la sélection darwinienne est l'hypothèse par défaut. Selon eux cet argument est général et vaut aussi bien pour la biologie que pour la culture.

Au contraire, selon les sociobiologistes, il est évident que les capacités qui permettent aux humains d'avoir une culture sont nécessairement le produit de la sélection naturelle, donc que ce sont les gènes et l'évolution biologique qui sont les déterminants ultimes de la culture¹. Cette hypothèse est synthétisée par Wilson dans la fameuse expression « genes hold culture on a leash » (E. O. Wilson, 1978). La citation complète est encore plus parlante :

Can the cultural evolution of higher ethical values gain a direction and momentum of its own and completely replace genetic evolution? I think not. The genes hold culture on a leash. The leash is very long, but inevitably values will be constrained in accordance with their effects on the human gene pool. The brain is a product of evolution. Human behavior—like the deepest capacities for emotional response which drive and guide it—is the circuitous

¹ Je reprends ici la distinction entre causes proximales et causes ultimes élaborée par Mayr (1961). Les causes proximales d'un comportement par exemple, renvoient aux mécanismes responsables de la production de ce comportement. Les causes distales du même comportement sont celles qui expliquent l'origine évolutive du comportement en question.

technique by which human genetic material has been and will be kept intact. *Morality has no other demonstrable ultimate function.* (E. O. Wilson, 1978, mes italiques)

L'argument de Wilson est simple, au fond, il n'existe pas d'autre explication ultime des comportements humains que la sélection naturelle. Comme le fait remarquer Campbell :

[There is an] emerging position in biology and control theory which sees the natural selection paradigm as the universal non-teleological explanation of teleological achievements, of ends-guided processes, of "fit". (Campbell, 1974)

Pour Campbell par exemple, toute connaissance est le produit d'une génération aveugle d'alternatives et de la sélection des variantes les plus adaptées, ce qu'il appelle une 'épistémologie évolutionnaire' ou encore 'une épistémologie de la sélection naturelle' (Campbell, 1960, 1974, 1976). C'est cet argument particulier qui me paraît essentiel dans le débat entourant la sociobiologie et qui peut être éclairci par l'étude des relations entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique. La sociobiologie nous pousse à trouver une nouvelle explication ultime des comportements, autre que la sélection naturelle, qui puisse justifier de l'indépendance entre évolution culturelle et évolution biologique. Nous reviendrons plusieurs fois sur cette question en montrant comment les différentes théories qui nous intéressent tentent d'y répondre.

La controverse qui a entouré la sociobiologie a ravivé l'intérêt des scientifiques pour l'étude des relations entre 'nature et culture' et favorisé l'émergence de nouvelles théories abordant cette question. D'une certaine manière, le travail de Wilson a stimulé le développement des théories darwiniennes modernes de la culture et notamment de l'écologie comportementale humaine et de la psychologie évolutionniste. L'écologie comportementale est en partie un prolongement des arguments sociobiologiques tandis que la psychologie évolutionniste est en partie une critique de la sociobiologie.

L'écologie comportementale humaine étudie les comportements humains d'un point de vue strictement adaptationniste : en cherchant à montrer que les comportements humains maximisent le succès reproductif des individus (leur fitness) et comment cette maximisation peut être à l'origine de différences culturelles. L'hypothèse fondamentale de cette discipline est que les humains disposent de mécanismes psychologiques évolués qui leur permettent d'adapter leur comportement à l'environnement dans lequel ils se trouvent de manière à maximiser leur fitness (pour un aperçu voir Borgerhoff Mulder, 2004). Les études en écologie comportementale humaine se sont principalement concentrées sur les méthodes de fourragement, les modes de mariages, le choix des

partenaires sexuels, l'investissement des parents dans les enfants ainsi que les intérêts collectifs et individuels, le plus souvent avec des études chez les chasseurs cueilleurs (Hawkes, O'Connell, & Rogers, 1997, mais voir l'exemple ci-dessous pour une exception).

Ruth Mace (1998, 2008) par exemple, a défendu l'idée selon laquelle la réduction postindustrielle de la natalité au sein des environnements urbains peut être expliquée en grande partie par des considérations évolutionnaires. Cette transition démographique pose un certain problème d'un point de vue adaptationniste : si les individus possèdent plus de richesses ils peuvent élever plus d'enfants et donc devraient avoir tendance à se reproduire davantage pour maximiser leur succès reproductif, or c'est justement le contraire qui est observé : une association entre une augmentation de la richesse et le déclin de la natalité a été observée à travers le monde entier. Mace fait remarquer que cette corrélation s'observe généralement à une échelle assez importante (typiquement celle d'un Etat), mais qu'elle disparaît si l'on considère des échelles plus fines : au niveau local on observe en général un lien positif entre la natalité et la richesse, que ce soit en environnement urbain ou rural. Le déclin de la natalité au niveau national pourrait donc s'expliquer par le phénomène suivant : dans les campagnes des pays en voie de développement, avoir un enfant supplémentaire n'implique pas un coût supplémentaire important car les investissements parentaux par enfant sont faibles (les coûts liés à l'éducation, aux soins médicaux... sont souvent moins importants et parfois absents, et la nourriture est produite directement). Si les individus cherchent à maximiser leur fitness, ils devraient, dans ce cas, avoir des familles nombreuses. Au contraire, dans les villes de ces mêmes pays, les investissements parentaux peuvent devenir très importants (logement, éducation, soins...) et le fait d'avoir un enfant supplémentaire peut entraîner un coût supplémentaire élevé. Dans ce cas, si les individus cherchent à maximiser leur fitness, ils devraient limiter leur nombre de descendants. Ce raisonnement prédit que la taille des familles devrait être globalement plus faible dans les villes que dans les campagnes, mais aussi que dans tous les cas les familles doivent être d'autant plus nombreuses qu'elles sont plus riches. Mace conclut :

The cost of raising a child includes enabling it to compete with its peers—for marriage partners, for jobs, or for the means to support a family—and if that competition increases costs, then basic evolutionary ecology predicts that optimal fertility will decline. (Mace, 2008)

Mace suggère qu'un des éléments permettant d'expliquer le déclin de la fertilité dans les sociétés postindustrielles est le fait que les individus disposent de stratégies évoluées, conscientes ou non, qui leur permettent d'adapter leur nombre d'enfants en fonction de leur investissement parental de manière à maximiser leur fitness. L'investissement parental étant plus important dans les villes que dans les campagnes, il s'ensuit que plus les pays s'industrialisent, ou plus la proportion de citadins augmente, plus le taux de natalité diminue.

Cet exemple montre comment l'écologie comportementale humaine utilise les outils disponibles en écologie et en évolution et les applique directement à l'étude de l'homme pour montrer que l'héritage de certaines capacités, qui permettent aux individus de maximiser leur fitness, peut expliquer la présence d'une certaine diversité culturelle, liée à des environnements différents. Cependant, il est clair, y compris pour les chercheurs concernés par l'écologie comportementale humaine, qu'il ne s'agit là que d'une partie de l'explication des différences culturelles, partie dont l'importance demeure assez difficile à évaluer.

On remarquera qu'il est généralement sous-entendu, mais non démontré, que les comportements humains qui satisfont aux principes de maximisation mis en évidence par l'écologie comportementale humaine sont adaptatifs dans l'environnement *actuel*. Pourtant, dans bon nombre de cas, cela n'est pas évident. Il n'est pas évident par exemple que la baisse de fertilité observée dans les environnements urbains maximise *effectivement* la fitness des individus. Boyd et Richerson (1985; 2005) par exemple, pensent que la transition démographique est le résultat de comportements maladaptatifs qui résultent de l'évolution d'un système culturel autonome par rapport au système génétique. On peut donc aussi penser que la baisse de la fertilité liée à un accroissement de l'investissement parental est un mécanisme hérité de notre histoire évolutionnaire qui a, dans le contexte moderne, un effet négatif sur la fitness. Cette interprétation est plus proche des arguments développés par la psychologie évolutionniste. Pour la psychologie évolutionniste, il est évident que l'environnement actuel diffère en grande partie de l'environnement dans lequel homo sapiens moderne a évolué ('environment of evolutionary adaptatedness') et il s'ensuit que beaucoup de ses comportements ne sont pas adaptatifs dans l'environnement actuel (Barkow, Cosmides, & Tooby, 1992; Tooby & Cosmides, 2005). Les psychologues évolutionnistes défendent donc l'idée que la

théorie de l'évolution peut nous aider à mieux comprendre le comportement actuel de l'homme, même si celui-ci est devenu inadapté dans de nombreux cas.

New et al. (2007) par exemple, ont montré que notre attention visuelle était préférentiellement dirigée vers les stimuli animaux et les personnes, deux types d'éléments qui étaient probablement particulièrement importants dans l'environnement ancestral. Les auteurs ont utilisé une tâche de détection du changement dans laquelle deux images qui diffèrent par la présence d'un élément dans la scène sont présentées successivement. Les participants doivent trouver quel élément a disparu/apparu entre la présentation des deux images. En changeant la nature des éléments à détecter, les auteurs ont montré que les participants détectaient plus facilement les changements qui affectaient les animaux et les personnes, c'est-à-dire les objets animés, que les objets statiques (des plantes ; des objets manipulables, comme un rouleau de ruban adhésif ; et des points de repères dans l'image, comme un clocher par exemple). Dans un deuxième temps, les auteurs ont aussi montré que les participants détectaient plus aisément les changements touchant les animaux et les personnes que ceux ayant trait aux véhicules (que ceux-ci soient statiques ou en mouvement). Les auteurs interprètent leurs résultats comme montrant que l'attention visuelle est préférentiellement dirigée vers des catégories (personnes, animaux) qui représentaient un danger potentiel dans l'environnement ancestral mais pas vers les catégories qui représentent un danger bien réel actuellement (les voitures).

Sociobiologie, écologie comportementale humaine et psychologie évolutionniste sont trois ensembles théoriques très proches de notre point de vue, car tous s'accordent sur le fait qu'un usage littéral du darwinisme est utile dans la compréhension des phénomènes culturels. J'ai insisté sur leurs différences pour mettre en valeur la manière dont chacune conçoit le rôle de l'explication darwinienne dans la compréhension des comportements humains (pour un aperçu plus complet voir Laland & Brown, 2002). La sociobiologie insiste sur le fait que tous les comportements sont le produit ultime de la sélection naturelle, l'écologie comportementale humaine sur le fait que certains comportements actuels sont adaptatifs et la psychologie évolutionniste sur le fait que nos mécanismes psychologiques sont adaptés à un environnement ancestral et pas forcément à l'environnement actuel.

En parallèle se sont développées des théories qui considèrent l'évolution culturelle comme autonome et néanmoins darwinienne. Ces théories font un usage

analogique du darwinisme. L'utilisation du terme de sélection naturelle dans ce contexte peut introduire une certaine confusion, et pour éviter tout malentendu, nous utiliserons le terme de sélection darwinienne pour désigner le processus qui résulte de la présence de variation, d'héritabilité et de différence de fitness. Dans les théories analogiques, la sélection darwinienne intervient dans le domaine culturel de deux manières différentes qu'il nous sera utile de distinguer en employant des termes différents.

Tout d'abord, la sélection naturelle produit des mécanismes psychologiques, ou d'autres adaptations (e.g. physiologiques), qui modifient l'évolution culturelle. Ce cas correspond simplement à l'évolution génétique de capacités biologiques, comme les oreilles, qui interviennent dans l'évolution culturelle, via la perception des sons de la langue par exemple. Cet effet de la sélection naturelle est indirect et nous parlerons de l'influence des propriétés évoluées des mécanismes psychologiques, d'évolution biologique, ou encore de sélection naturelle tout court (puisque le terme de sélection naturelle est généralement associé à l'évolution génétique, nous garderons le terme de sélection naturelle pour référer à ce processus).

Ce processus de sélection naturelle est distinct de celui qui intervient entre les éléments culturels. Les éléments culturels peuvent être héritable, variables et posséder des différences de fitness indépendamment de leur relation avec l'évolution biologique. Pour désigner ce processus, nous parlerons de sélection culturelle.

J'insiste sur le fait que ces deux processus sont parfaitement identiques, de la même manière que l'algorithme de calcul des décimales de π est identique quand il est réalisé par un ordinateur ou par une personne. La distinction entre ces deux processus permet simplement de faciliter la discussion, comme l'est celle de sélection naturelle et de sélection artificielle. Sélection darwinienne, sélection culturelle et sélection naturelle sont donc trois dénominations qui désignent des processus formellement identiques mais s'appliquant à des domaines différents.

Pour commencer notre étude il serait utile de disposer d'une définition claire de ce qu'est la culture et de ce que l'on entend par darwinisme. Malheureusement, ni la définition du darwinisme, ni celle de culture ne sont consensuelles et, pour compliquer encore d'avantage le problème, la définition de l'un dépend dans certains cas de la définition de l'autre. Selon une certaine définition du darwinisme par exemple, le darwinisme est la théorie qui rend compte de l'évolution de tous les êtres vivants. Dans

ce cas, la question de savoir si l'évolution culturelle est darwinienne est absurde ; la culture, quelle que soit sa définition, est le produit des comportements humains et en tant que telle fait partie de l'évolution des êtres vivants. Avec cette définition l'évolution culturelle est donc nécessairement darwinienne et la question des rapports entre évolution culturelle et évolution biologique ne se pose plus. Trouver, sinon une définition, au moins une caractérisation adéquate du darwinisme et de la culture, une caractérisation qui satisfasse à la fois aux exigences des sciences humaines, des éthologues et des évolutionnistes, une caractérisation qui permette surtout de mieux comprendre les phénomènes étudiés par l'ensemble de ces disciplines, sera, d'une certaine manière, un des enjeux de cette thèse. A travers l'étude systématique des théories darwiniennes de l'évolution culturelle, j'espère montrer comment une certaine définition de la culture et du darwinisme, détaillée dans le premier chapitre, permet de mieux comprendre les rapports entre toutes ces disciplines.

En anticipant, et afin d'éviter toute confusion importante, il peut être utile de présenter rapidement ce que nous entendons par 'élément culturel' (Sperber, 1985; Sperber & Claidière, 2008). Par 'culturel' nous désignons une propriété graduelle de certains éléments tels que des idées, comme l'idée qu'il existe un dieu unique, des comportements, comme le fait de jouer au football, ou des objets, comme un béret. Nous qualifierons de plus ou moins culturels les éléments qui doivent une part plus ou moins importante de leurs propriétés au fait qu'ils sont inclus dans des chaînes étendues de transmission sociale (nous parlerons plus loin de chaînes causales culturelles).

Selon cette caractérisation, certains éléments sont très fortement culturels. Par exemple, une grande partie des propriétés d'un élément culturel typique, tel que la Marseillaise, sont transmises socialement : la mélodie, les paroles, éventuellement le contexte dans lequel elle est chantée, etc. Il en est de même pour l'idée de démocratie, le jeu du football ou encore les églises, tous des éléments typiquement culturels car l'essentiel de leurs propriétés est transmis socialement (via la communication, l'imitation, etc.). D'autres éléments sont cependant moins fortement culturels. Le romarin qui pousse sur mon balcon par exemple, est un cultivar, produit de la sélection artificielle et donc d'une longue chaîne de transmission sociale. Cependant la transmission culturelle n'a fait qu'infléchir des traits biologiques qui déterminent encore, avec l'environnement de mon balcon, la plupart des propriétés de ce plan de romarin. De la même manière, certains comportements humains, comme le fait de

bâiller lorsque l'on est fatigué, de rire, ou encore d'éternuer, sont faiblement culturels – bien moins culturels par exemple qu'un serrement de main – car ils ne sont culturels que dans la façon particulière dont on les accomplit.

Dans le premier chapitre nous insisterons sur le fait qu'il existe un continuum entre les éléments dont les propriétés dépendent essentiellement de la transmission sociale et ceux dont les propriétés en dépendent moins ou pas du tout. Cette caractérisation graduelle de la 'culturalité' des éléments est propice à l'analyse des rapports qui existent entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique car elle permet de décrire l'évolution culturelle comme un changement dans la répartition des propriétés culturelles au cours du temps, de la même manière que les théories darwiniennes décrivent un changement dans la fréquence des gènes ou des caractères au cours du temps. Cette caractérisation inclut aussi les comportements culturels des animaux, donc permet une analyse comparative des phénomènes culturels en général, ce qui est important pour comprendre les relations entre évolution biologique et évolution culturelle. Enfin, cette caractérisation des éléments culturels se démarque des autres définitions de la culture par son aspect graduel².

La fameuse définition d'Edward Tylor :

Culture is that complex whole which includes knowledge, belief, art, morals, law, custom, and any other capabilities and habits acquired by man as a member of society. (Tylor, 1871)

Ou encore celle de Richerson et Boyd par exemple :

Culture is information capable of affecting individuals' behavior that they acquire from other members of their species through teaching, imitation, and other forms of social transmission. (Richerson & Boyd, 2005)

sont des définitions de type tout ou rien. Au contraire, avec la définition que nous proposons, les éléments peuvent être plus ou moins fortement culturels. Ainsi, l'information qu'il y a du beurre dans le réfrigérateur doit certaines de ses propriétés,

² La caractérisation des éléments culturels que nous élaborons se démarque légèrement des autres définitions populationnelles proposées par le fait qu'elle considère la culture comme une propriété graduelle des éléments socialement transmis. Les autres définitions populationnelles modernes, qui découlent des propositions de Murdock (1956), considèrent souvent comme culturels tous les éléments transmis socialement (voir aussi Mundinger, 1980). Durham discute avec quelque détail les définitions 'modernes' de la culture dans l'introduction de son livre (Durham, 1991, voir aussi l'appendice A.4.1).

comme la référence au beurre, à des chaînes de transmission sociale étendues, mais d'autres propriétés comme la référence au moment présent et à un réfrigérateur particulier, à une chaîne de transmission très courte et très locale. Considérer la culture comme une propriété graduelle plutôt que comme une chose ou un ensemble de choses nous semble pertinent pour en décrire l'évolution (voir aussi la partie 1.1, pp 21).

Avec la définition de la culture que nous proposons, trois ensembles de théories de l'évolution culturelle utilisent le darwinisme dans un sens analogique : la théorie mémétique, la théorie de la coévolution gène-culture et la théorie de l'épidémiologie culturelle. Bien que ces trois théories se réclament toutes du darwinisme, elles font chacune appel à différentes versions, plus ou moins contraignantes, de la théorie darwinienne. Pour analyser les relations qu'entretiennent ces différentes théories entre elles et avec les théories biologiques, il nous sera utile de commencer par définir un cadre d'analyse qui nous servira de guide tout au long de ce travail.

La méthode générale que nous développerons dans le premier chapitre sera fondée sur une approche naturaliste des phénomènes culturels et des éléments d'analyse historique et conceptuelle des théories darwinienne ayant cours en biologie.

Dans un premier temps nous verrons que les phénomènes sociaux, comme une manifestation par exemple, peuvent être décrits comme une succession de micro-événements constitués d'un enchaînement de représentations mentales, comme le fait que je pense qu'il faut aller manifester, et de productions publiques, comme le fait que je me rende effectivement à la manifestation, ou que j'en parle à mes collègues. Généralement ces enchaînements causaux sont limités dans le temps et dans l'espace, une manifestation n'impliquant qu'un nombre limité de personnes durant une courte période. Cependant, dans certains cas ces chaînes causales sociales peuvent s'étendre, dans le temps et dans l'espace, de telle sorte que les éléments qui en font partie deviennent culturels. Pensez par exemple à un conte pour enfant, transmis de génération en génération des adultes vers les enfants et reproduits dans les livres, les dessins animés, etc. De ce point de vue, l'étude de la culture, de son origine et de son évolution, revient à étudier les facteurs psychologiques, écologiques et autres qui stabilisent ou déstabilisent les chaînes causales, donc qui modifient la fréquence des éléments culturels.

Cette description des phénomènes culturels permet d'envisager ceux-ci sous un angle populationnel favorable à un développement des modèles darwiniens. Nous verrons que les théories darwiniennes peuvent être séparées en trois cadres conceptuels emboîtés : le cadre de la pensée populationnelle, le cadre sélectionniste et le cadre des répliqueurs (du plus large au plus restrictif). Le cadre populationnel est lié à la description de l'évolution en termes de changements des caractéristiques des populations et s'oppose au cadre typologique, ou essentialiste. Par exemple, la position des continents sur terre évolue au cours des temps géologiques par transformation des propriétés de la croûte terrestre et du manteau sous-jacent. Cette évolution n'implique pas un modèle populationnel. Au contraire, lorsque l'on dit que les espèces évoluent, ce n'est pas par transformation progressive des individus qui les composent, mais par modification des caractéristiques des populations d'individus.

Le cadre sélectionniste, en plus des hypothèses du modèle populationnel, suppose que la sélection darwinienne joue un rôle dominant dans l'évolution. C'est le cas en biologie bien sûr, où l'évolution biologique s'explique principalement par la sélection naturelle.

Enfin, le cadre des répliqueurs suppose, en plus des hypothèses du cadre sélectionniste, que la réplication est un mécanisme fondamental donnant lieu au processus d'évolution par sélection darwinienne. En biologie la réplication correspond au fait qu'une molécule d'ADN est utilisée pour produire deux molécules d'ADN quasiment identiques (aux mutations près). Ce processus garantit la transmission fidèle de l'information génétique des parents aux descendants et c'est cette fidélité qui permet à la sélection naturelle de se mettre en place, comme nous aurons l'occasion de l'expliquer plus en détail.

A chacun de ces cadres conceptuels darwiniens – populationnel, sélectionniste et des répliqueurs – correspond une théorie de l'évolution culturelle : la théorie de l'épidémiologie culturelle, la théorie de la coévolution gène-culture et la théorie mémétique respectivement.

Les termes 'épidémiologie culturelle', 'mémétique' et 'théorie de la coévolution gène-culture' peuvent désigner des ensembles théoriques assez vastes. La mémétique par exemple, qui connaît un succès grandissant, a donné lieu à la publication de nombreuses variantes théoriques dont les ouvrages suivants donnent un aperçu de la

diversité. Robert Aunger dans *Electric Meme* (2002) suggère qu'il est primordial de trouver le substrat physique des mèmes pour fonder une science mémétique et propose que les mèmes sont des patterns d'activité électrique cérébrale. Susan Blackmore dans *Meme Machine* (1999), Aaron Lynch dans *Thought Contagion* (1996) et Richard Brodie dans *Virus of the Mind* (1996) développent les conséquences de l'approche mémétique pour des phénomènes aussi divers que l'évolution du langage, le sexe, l'augmentation de la taille de l'encéphale dans la lignée humaine, la politique, l'économie, etc. Stephen Shennan dans *Genes, Memes and Human History* (2002) prend quant à lui une position plus distante vis-à-vis de la théorie mémétique et vante les mérites d'une approche darwinienne en archéologie. Shennan considère la mémétique comme un exemple, ou une source d'inspiration pour développer une approche darwinienne des phénomènes culturels, plus que comme une théorie à part entière ayant des propositions spécifiques. Le spectre des positions et des variations concernant la mémétique est donc assez vaste, il couvre aussi bien les personnes attribuant aux mèmes une réalité physique que celles prenant la mémétique pour une incitation à développer l'analogie entre phénomènes culturels et biologiques.

Notre objectif dans ce travail ne sera pas de fournir une étude exhaustive et détaillée de toutes les théories modernes de l'évolution culturelle. Au contraire, nous chercherons à extraire de toutes ces théories des ensembles de propositions originales pouvant être reliées au darwinisme et comparées à l'évolution biologique. Nous passerons donc moins de temps à discuter de la diversité rencontrée au sein de chaque ensemble théorique, que des propositions qui les unissent. Nous utiliserons les termes 'épidémiologie culturelle', 'mémétique' et 'théorie de la coévolution gène-culture' dans ce sens restreint, comme désignant un ensemble de propositions originales formant le cœur de l'ensemble des positions qui leur sont généralement associées.

Partant de l'analogie la plus poussée entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique, c'est-à-dire de la mémétique, nous élargirons progressivement le cadre darwinien de notre étude en nous tournant successivement vers la théorie de la coévolution gène-culture et ensuite vers la théorie de l'épidémiologie culturelle.

La mémétique, proposée initialement par Richard Dawkins, suggère que l'évolution biologique et l'évolution culturelle sont étroitement analogues et qu'il existe un équivalent culturel des gènes, les mèmes, qui sont les briques fondamentales de l'évolution culturelle. Nous montrerons que cette théorie repose sur l'idée qu'il existe

dans le domaine culturel un mécanisme psychologique équivalent à la réplication en biologie.

Pour qu'un tel équivalent psychologique existe, il faut que le mécanisme de transmission des éléments culturels soit fidèle et indépendant du contenu des éléments qu'il transmet (comme la réplication est fidèle et indépendante du contenu informationnel de la molécule d'ADN). Nous montrerons qu'il existe un compromis ('trade off') entre la fidélité et la quantité d'information qui peut être répliquée fidèlement par un mécanisme : plus la quantité est importante, plus la fidélité doit être élevée. En biologie, la fidélité de la réplication est sous contrôle de la sélection naturelle et nous en concluons que pour qu'un mécanisme psychologique analogue à la réplication en biologie existe, il faut nécessairement qu'il ait été sélectionné pour être fidèle. Nous verrons que les mécanismes d'acquisition du chant de certains oiseaux ainsi que celui d'acquisition de la phonologie ont des caractéristiques proches du mécanisme de réplication. Dans ces deux cas particuliers et probablement dans d'autres cas qui restent à étudier, la mémétique pourrait être appropriée.

Dans le cas général cependant, le principal mécanisme susceptible de jouer un rôle équivalent à la réplication, l'imitation, n'est pas assez fidèle pour jouer pleinement ce rôle. Nous en concluons que le modèle mémétique possède un domaine d'application relativement restreint et ne peut pas servir de base à une théorie générale des phénomènes culturels.

Une alternative à la théorie mémétique considère que le mécanisme de réplication n'est pas indispensable à la théorie darwinienne, du moment que la sélection est un facteur dominant de l'évolution. La théorie de la coévolution gène-culture part de cette idée. Tout en reconnaissant qu'il existe de nombreux mécanismes propres au domaine culturel, elle suggère que la sélection darwinienne joue un rôle fondamental dans l'évolution culturelle. Pour les défenseurs de la théorie de la coévolution gène-culture, l'évolution biologique aurait donné naissance à des mécanismes psychologiques originaux comme le biais de prestige ou le biais de conformisme, qui seraient à l'origine de la sélection culturelle. Tout en reconnaissant que la sélection des éléments culturels contribue à guider l'évolution culturelle, nous montrerons que son importance est à relativiser et dépend d'autres forces et mécanismes qui jouent aussi un rôle important dans cette évolution.

Cela nous conduira à évaluer l'importance de ces forces et mécanismes dans une dernière partie, dédiée à l'étude de l'épidémiologie culturelle. Nous défendrons l'idée selon laquelle les mécanismes psychologiques tendent à être modulaires et à maximiser la pertinence. Ces deux propriétés font que les mécanismes psychologiques transforment activement les inputs qu'ils reçoivent, donc qu'ils construisent les éléments culturels qu'ils transmettent. Par exemple, une histoire est rarement racontée deux fois de la même manière, même quand il s'agit du même conteur, car les locuteurs adaptent leurs discours en fonction des circonstances, de leur auditoire, de leur humeur, de l'endroit dans lequel ils se trouvent, etc. Cette grande hétérogénéité des transformations devrait logiquement conduire à une grande instabilité des éléments culturels. C'est ce qu'on observe très facilement en jouant au téléphone arabe par exemple, jeu dans lequel quelques phrases sont complètement transformées en seulement quelques étapes de transmission. Cependant, si les transformations successives qui ont lieu le long des chaînes causales ont une orientation particulière, cela peut donner lieu à une certaine forme de stabilité, que nous désignerons par le terme d'attraction.

Le phénomène d'attraction, conséquence à l'échelle de la population de ces transformations successives, permet d'expliquer de manière originale la stabilité des éléments culturels. La prononciation d'un mot par exemple, change en fonction de la personne qui le prononce, de l'endroit où le mot est prononcé... cependant, cela n'empêche pas cette prononciation d'être relativement stable à l'échelle de la population car les individus 'corrige' les variations qu'ils perçoivent en introduisant de nouvelles. Les variations successives s'annulent l'une après l'autre, donnant lieu à une prononciation stable.

Attraction et sélection sont donc les deux sources complémentaires de la stabilité des éléments culturels et nous verrons que cela suggère que l'évolution culturelle diffère sensiblement de l'évolution biologique. L'évolution culturelle est à penser dans un cadre darwinien, celui du modèle populationnel, où les modèles sélectionnistes et mémétiques ont une place, mais pas une place exclusive.

1 DEFINIR UN CADRE NATURALISTE ET DARWINIEN

Avant de nous lancer dans l'étude des modèles darwiniens de l'évolution culturelle à proprement parler, il faut trouver un moyen de décrire ces modèles dans des termes qui facilitent la comparaison et la mise en évidence des relations qu'ils entretiennent entre eux et avec les modèles de l'évolution biologique. Pour cela, nous suivrons l'approche proposée par Sperber dans le cadre de son épidémiologie culturelle. L'approche des chaînes causales repose sur la caractérisation des enchaînements causaux qui donnent naissance aux phénomènes sociaux et culturels. Par exemple, lorsqu'une personne vous tient la porte ouverte et qu'ensuite vous-même la tenez à une autre personne et ainsi de suite, il s'agit d'un enchaînement causal social typique.

En adoptant ce point de vue sur les phénomènes sociaux, nous aurons la possibilité de préciser d'avantage la définition de 'culture' que nous avons esquissée en introduction et nous verrons que les phénomènes culturels peuvent être conçus comme le résultat de chaînes causales sociales particulièrement longues et stables. Pour donner un exemple concret, le fait de tenir la porte à la personne qui vous suit est une pratique qui se transmet et diffuse d'individus en individus à travers l'observation du comportement d'autrui, à travers certaines conversations, etc.

L'évolution d'une pratique est ainsi conçue comme le résultat d'un ensemble de micro-événements comme la réalisation de cette pratique, la lecture ou l'écriture d'instructions la concernant, la démonstration par un individu compétent de sa réalisation, etc. Ces micros-événements contribuent plus ou moins fortement à stabiliser ou à déstabiliser la pratique en question et ainsi permettent d'expliquer la persistance de différences culturelles. Le fait de tenir la porte au suivant par exemple, est une pratique typiquement française. L'approche défendue par Sperber permet ainsi de faire le lien entre les micros-événements sociaux et leurs conséquences macroscopiques à l'échelle de la population.

Cette approche générale trouve bien évidemment son origine dans le domaine biologique. L'évolution des espèces résulte des conséquences d'événements microscopiques, comme la mort ou l'accouplement de tel ou tel individu, à l'échelle de la population. Regarder les phénomènes culturels en termes de chaînes causales peut donc mettre en évidence les correspondances et aussi les différences entre théories culturelles et biologiques.

Dans un second temps nous verrons que les théories darwiniennes de l'évolution biologique peuvent être regroupées en trois grands cadres conceptuels emboîtés : le cadre populationnel, le cadre sélectionniste et le cadre des répliqueurs. A chacun de ces cadres conceptuels correspondent des hypothèses différentes sur les mécanismes à l'œuvre dans l'évolution biologique. C'est en considérant ces mécanismes et en étudiant le contexte historique de leur développement que nous définirons les cadres conceptuels darwiniens qui serviront ensuite à jauger la profondeur de l'analogie entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique.

La définition des différents cadres conceptuels darwiniens et des mécanismes qu'ils supposent conditionne l'analyse des rapports qui nous intéressent ici.

1.1 LES CHAINES CAUSALES DE LA CULTURE

L'objet de cette partie sera de présenter l'approche naturaliste de l'évolution culturelle qui nous servira dans l'étude des cadres conceptuels darwiniens. Il s'agit de l'approche qui a été développée par Dan Sperber³ et dont nous articulons ici les principaux arguments pertinents à notre propos.

1.1.1 NATURALISATION DES SCIENCES SOCIALES ET ENCHAINEMENT CAUSAL

Les phénomènes sociaux et les phénomènes psychologiques ont longtemps été considérés comme étant d'une nature radicalement différente des phénomènes physiques et biologiques. A l'intuition matérialiste (tous les phénomènes causaux relèvent d'une explication physique) s'opposait notre incapacité à mettre en œuvre cette intuition pour expliquer des phénomènes tels que la perception, le raisonnement ou la religion. Les sciences cognitives sont nées de la résolution partielle de ce conflit. Le programme des sciences cognitives est en effet très clair, il s'agit de déterminer comment des processus matériels et en particulier neurologiques peuvent donner lieu aux phénomènes psychologiques. Il n'est désormais plus possible, dans une perspective scientifique, de penser un phénomène psychologique (comme l'apprentissage du langage, la mémoire à court terme ou la prise de décision) sans se soucier de la plausibilité de sa réalisation biologique dans le cerveau. Même si les liens précis entre phénomènes neurologiques et psychologiques restent pour l'essentiel à découvrir, on sait comment concevoir ces liens, comment les modéliser et comment les étudier empiriquement. Par naturalisation de la psychologie on entend donc donner aux phénomènes psychologiques des causes naturelles, c'est-à-dire liées au fonctionnement de notre cerveau.

Cette naturalisation de la psychologie permet de concevoir une nouvelle approche naturaliste de l'objet des sciences sociales. En effet, pour Sperber :

³ Pour les références concernant la théorie de l'épidémiologie des représentations développée par Sperber voir (Sperber, 1985, 1996, 2002, 2006, 2007; Sperber & Claidière, 2006a). La théorie des chaînes causales trouve sa formulation la plus détaillée dans (Sperber, 2002).

...les phénomènes sociaux sont des agencements de phénomènes psychologiques et écologiques à l'échelle des populations. (Sperber, 2007a)

Prenons un exemple ethnographique concernant les indiens Txikao du Brésil dû à Patrick Menget et discuté par Sperber :

Par une fin d'après-midi pluvieuse, Opoté revint chez lui tenant un beau poisson matrinchao qu'il avait pris dans ces nasses. Il le déposa sans un mot auprès de Tubia, l'un des quatre chefs de famille de la maison. Ce dernier se mit à le boucaner. Jusqu'à la nuit, il en mangea, seul, par petites bouchées, sous les regards intéressés des autres habitants de la maison. Personne d'autre ne toucha au matrinchao ni ne manifesta l'envie d'en avoir une part. Pourtant la faim était générale et la chair du matrinchao une des plus réputée. (Menget, 1979 cité dans Sperber 1996)

Cette description que fait Menget d'un événement de la vie des Indiens Txikao ne nous apporte jusqu'ici aucun renseignement sur la cause de tels comportements, il se contente de relater des faits. Mais le travail de l'anthropologue ne s'arrête pas là, et Menget ajoute :

Le pêcheur, Opoté, possesseur de la magie de la pêche, ne pouvait consommer sa prise sans risquer d'affecter l'efficacité de cette magie. Les autres chefs de familles évitaient la chair du matrinchao pour ne pas mettre en péril la vie et la santé de leurs enfants en bas âge, ou leur propre santé. Leurs épouses puisqu'elles allaitaient, devaient s'en abstenir pour la même raison. Les enfants auraient enfin absorbé l'esprit, particulièrement dangereux, de cette espèce. (Menget, 1979 cité dans Sperber 1996)

L'analyse de Menget se décompose donc en deux temps, le premier consiste à observer et décrire les comportements des individus, le second à interpréter ces comportements en termes de croyances, de désirs, d'émotions, etc.

Sperber distingue deux types d'objets différents qui doivent être articulés dans l'étude anthropologique : les représentations mentales et les productions publiques. Les représentations mentales sont les briques élémentaires du fonctionnement psychologique, elles sont issues de la perception ou de l'inférence, stockées en mémoire, à l'origine des actions et surtout, elles ne sont pas directement accessibles aux autres individus, elles sont internes. Les anthropologues ne peuvent pas percevoir les représentations mentales des individus, ils ne peuvent qu'en inférer la présence et le contenu à partir de leurs observations des événements publics – public au sens d'observable. En particulier, les productions publiques, faites des comportements et des modifications de l'environnement résultant de ces comportements, peuvent être vues, entendues, analysées, etc. La première citation de Menget fait références à ces productions publiques, à des faits comportementaux que l'auteur a observés tout comme les Txikao eux-mêmes. La seconde citation fait référence au contenu et à l'organisation

des représentations mentales qu'il a pu inférer à partir de ces observations. Le travail anthropologique consiste donc pour une part à expliquer les comportements observés à partir de représentations mentales inférées : si Opoté ne mange pas le poisson [comportement] c'est parce qu'il pense que s'il mange ce poisson sa magie va se trouver affectée [représentation mentale]. Il s'agit là d'expliquer en interprétant, c'est-à-dire en attribuant un sens aux actions.

Dans ces explications interprétatives, le rôle donné aux représentations mentales, et plus généralement aux significations, faisait obstacle à une approche naturaliste de la culture car jusqu'à très récemment le caractère matériel ou naturel des représentations pouvait tout au plus être postulé mais restait mystérieux. L'avènement des sciences cognitives permet aujourd'hui de concevoir comment les représentations résultent du fonctionnement cérébral.

A partir du moment où on peut s'appuyer sur une conception naturaliste des représentations, on peut développer une conception naturaliste des phénomènes anthropologiques. Les faits anthropologiques peuvent désormais être vus comme composés de représentations mentales et de productions publiques. Plus précisément, les anthropologues s'intéressent aux chaînes causales qui stabilisent les éléments culturels. Pour reprendre l'exemple précédent, le comportement d'Opoté est le résultat de croyances qu'il a formées au cours d'échanges avec les autres indiens Txikao, qui eux-mêmes tenaient leurs croyances d'autres personnes et ainsi de suite. Il existe donc un ensemble d'enchaînements d'événements publics et mentaux qui expliquent comment Opoté en est arrivé à se comporter de cette façon. Au sein de cette chaîne, le comportement d'Opoté n'est qu'un maillon qui participe au maintien et à la construction de nouvelles croyances chez d'autres individus. Le travail anthropologique consiste à analyser la manière dont se distribuent les éléments culturels au sein des chaînes causales (Sperber, 1985).

Ces chaînes causales sont tout aussi réelles, tout aussi matérielles et tout aussi scientifiquement étudiables que celles constituées par la transmission d'un virus dans une population. Lorsqu'un virus, celui de la grippe par exemple, se transmet dans une population, cette transmission est le résultat d'un grand nombre de micro-événements, d'interactions entre personnes saines et personnes contaminées qui permettent au virus de passer d'un hôte à un autre. Le virus est dans une certaine mesure comparable à une représentation mentale, dont les effets sur le comportement (toux, reniflements...)

constituent les productions publiques. Pour diagnostiquer la grippe un médecin va fonder son interprétation sur un certain nombre de symptômes, qui sont en réalité les effets du virus sur l'organisme – l'analogie des productions publiques –, pour en inférer la présence d'un virus grippal – l'analogie d'une représentation mentale. Le médecin infère la présence d'un virus à partir de ses effets sur l'organisme, l'anthropologue infère la présence de représentations mentales à partir de leurs effets sur les comportements.

L'analogie peut être poussée plus loin. Dans l'étude des maladies virales on fait clairement la distinction entre l'étude du développement d'un virus au sein d'un organisme, qui relève de la pathologie, et l'étude de la propagation des virus au sein des populations, qui relève de l'épidémiologie. Dans le premier cas on étudie comment le virus affecte l'organisme de l'hôte, on donne une explication microscopique à la présence des symptômes. Dans le second cas, on cherche à comprendre comment le virus se transmet entre les individus, dans quelles situations, à travers quels réseaux, etc. Dans le cas culturel, l'étude microscopique du lien entre représentations mentales et productions publiques relève de la psychologie cognitive tandis que l'étude macroscopique relève de l'anthropologie. C'est dans une telle perspective que Sperber propose une épidémiologie culturelle, comme étude de la transmission, de la distribution et de l'évolution des représentations au sein des populations.

Il fut un temps où la virologie n'existait pas, où les causes des symptômes que l'on observait n'étaient pas clairement identifiées. Cela n'a pas empêché l'étude des caractéristiques épidémiologiques des maladies, fondée uniquement sur les symptômes. Restait, toutefois, un doute sur le bien fondé de ces études et des hypothèses qu'elles comportaient, par exemple sur l'identification des pathologies, tant que les mécanismes des maladies restaient inconnus. L'avènement de la biologie moléculaire et cellulaire a permis de lier le fonctionnement microscopique des cellules, des virus et de leurs interactions aux symptômes observés et étudiés depuis longtemps. De même, les sciences cognitives et les neurosciences permettent d'identifier les micro-mécanismes dont l'anthropologie étudie les effets à une échelle populationnelle. La naturalisation des sciences sociales est donc rendue possible par celle de la psychologie, tout comme la naturalisation de l'épidémiologie a été rendue possible par les progrès de la médecine.

L'approche scientifique de la culture que nous nous proposons de suivre repose sur deux propositions. La première concerne le lien entre psychologie et neurosciences

et la seconde le lien entre psychologie et anthropologie. Nous avons vu que les sciences cognitives rendent possible la naturalisation de la psychologie en montrant que les faits psychologiques sont des faits physiques, matériels et naturels. Partant de là, nous avons montré que l'anthropologie étudie des enchaînements de faits qui peuvent être soit psychologiques et internes (il s'agit des représentations mentales et de leur traitement), soit externes et publics (comme les comportements et leurs conséquences). Les productions publiques étant d'ores et déjà des phénomènes dont la matérialité est évidente, la naturalisation de la psychologie, permet du même coup la naturalisation des sciences sociales.

1.1.2 LES CHAINES CAUSALES DE LA CULTURE

L'approche naturaliste de la culture telle que nous l'avons présentée repose sur l'étude des chaînes causales qui unissent représentations mentales et productions publiques. La psychologie étudie typiquement comment se réalise un maillon de la chaîne, comment un individu se comporte dans une situation donnée, tandis que l'anthropologie s'intéresse à un grand nombre de maillons et de chaînes causales. Il n'existe donc pas de frontière ontologique entre la psychologie et l'anthropologie mais une différence d'échelle. Toutes deux s'intéressent aux mêmes phénomènes, aux chaînes causales, mais à des échelles de temps et d'espace très différentes (Sperber, 2007a).

Prenons un enchaînement de faits physiques ordinaires. Une balle tombe par terre et rebondit, et, quand elle a atteint une certaine altitude, elle est percutée par un objet allant à une très grande vitesse. Elle repart alors dans la direction opposée, à une allure bien supérieure à celle précédant la percussion. Imaginons que l'objet de notre recherche soit de prédire la vitesse et la direction de la balle après la percussion avec cet objet. Pris comme tel, cet enchaînement d'événements est un enchaînement causal ordinaire, mécanique, qui peut être étudié à l'aide de la physique et plus précisément de la mécanique classique.

Elargissons maintenant la séquence des événements que nous étudions et imaginons que cette balle ait été frappée par quelqu'un. Pour rendre compte de la trajectoire finale de la balle il nous faut maintenant considérer un comportement, lui-même déterminé par les intentions d'un agent. Nous pouvons rajouter au début de notre

séquence les événements suivants : l'agent forme l'intention de modifier la trajectoire de la balle afin qu'elle aille dans une certaine direction et à une certaine vitesse ; cette intention engendre des commandes motrices puis des mouvements qui lui font frapper la balle avec telle force et dans telle direction. La psychologie permet ici de décrire une partie de la chaîne causale qui est pertinente en particulier pour expliquer la modification de la trajectoire de la balle. Ces enchaînements causaux, où les causes et les effets sont tour à tour mentaux et externes, Sperber les nomme « chaînes causales cognitives » (ou « CCC »). La psychologie s'intéresse aux chaînes causales cognitives qui vont de la perception des stimuli aux comportements, par exemple de la perception d'une balle en mouvement à une nouvelle impulsion donnée à cette balle.

Etendons encore un peu la chaîne causale. Imaginons qu'une autre personne soit responsable du mouvement initial de la balle. Deux joueurs par exemple jouent au cricket : le premier joueur lance la balle afin que le second puisse la frapper avec sa batte. Maintenant la détermination des caractéristiques finales de la trajectoire de la balle ne fait pas appel à un, mais à deux systèmes cognitifs qui ne sont pas indépendants. Le lanceur lance la balle en fonction de son adversaire, de ses mouvements et de ses habitudes. Le batteur quant à lui se prépare à frapper la balle en fonction du mouvement du lanceur et de la trajectoire initiale de la balle. Le comportement de l'un sert donc d'input cognitif à l'autre. Les deux systèmes cognitifs sont donc coordonnés à l'intérieur d'un même enchaînement causal. Sperber appelle les chaînes causales cognitives qui lient plusieurs individus des « chaînes causales cognitives sociales » (ou « CCCS »). Ces CCCS peuvent être plus ou moins longues et faire intervenir plus ou moins de personnes. Elles peuvent être étudiées à des degrés de résolution différents. Vous pouvez par exemple étendre encore l'objet d'étude pour inclure la présence d'un arbitre qui détermine l'instant du lancer par un signe de tête, ou encore la position des joueurs qui doivent réceptionner la balle et qui influencent le comportement du batteur, etc.

La plupart des chaînes causales cognitives sociales sont limitées dans le temps et dans l'espace. Un lancer de balle ne dure que quelques instants, une séquence d'interactions entre un batteur et un lanceur ne dure que quelques minutes, un match de cricket ne dure que quelques jours tout au plus, et le tout se passe sur un terrain de sport. Cependant, il existe un petit nombre d'éléments de ces chaînes sociales qui sont particulièrement stables : ces éléments font partie de chaînes causales cognitives

culturelles (CCCC). Prenons par exemple la distance à laquelle se tient le lanceur du batteur quand il lâche la balle. Cette distance dépend de l'existence d'une représentation mentale de la distance limite que le lanceur ne doit pas franchir sans qu'il y ait faute. Autrement dit, il s'agit d'une règle du jeu que le lanceur connaît, que l'arbitre, les spectateurs et les autres joueurs connaissent tous et dont l'origine date de plusieurs siècles. Il existe nécessairement une succession d'enchaînements de productions publiques et de représentations mentales qui explique comment cette règle s'est transmise jusqu'à nos jours et comment elle a atteint la répartition qu'elle connaît aujourd'hui. Cette chaîne implique des phénomènes mentaux, comme la compréhension de la règle, sa mémorisation ou encore sa sollicitation lors du jeu, et des phénomènes publics, comme la version écrite des règles dans un manuel de cricket ou leur transmission orale lors de cours de cricket, dans les pubs, durant les matchs, etc.

Replacer les phénomènes culturels dans le cadre de ces enchaînements causaux c'est aussi reconnaître l'importance du contexte dans lequel se réalise chaque événement de la chaîne. Si un lanceur très connu fait gagner un match à son équipe par exemple, la victoire va faire la une des médias et cela va contribuer à la diffusion et à la stabilisation du jeu. La plupart du temps les phénomènes culturels sont donc pris au sein d'un réseau complexe de chaînes causales qui vont contribuer plus ou moins à la stabilisation ou à la déstabilisation du phénomène étudié.

D'où provient la manière dont vous vous représentez ce qu'est un anniversaire par exemple ? Les anniversaires auxquels vous avez participé ont certainement eu un rôle déterminant dans la construction de la représentation que vous vous faites de ce que doit être un tel événement : avec ou sans bougies, en famille, avec les amis, avec ou sans cadeaux, etc. Les amis, la famille avec qui vous en avez discuté et qui ont peut être insisté pour que vous organisiez une fête ou qui l'ont fait à votre insu ont probablement aussi eu une forte influence. Enfin, il existe une myriade d'événements qui ont eu une contribution minimale, qu'il s'agisse des films que vous avez regardés, de votre désir de chocolat ou de votre allergie à l'œuf, etc. Enfin, les facteurs écologiques peuvent aussi être très importants. Si vous êtes à l'étranger par exemple, les coutumes locales peuvent être assez différentes de ce dont vous avez l'habitude, la famille et les amis peuvent ne pas pouvoir venir, etc. L'idée que vous vous faites d'un anniversaire est donc le résultat d'une intégration d'un ensemble d'informations obtenues lors d'événements dont la contribution causale aura été plus ou moins importante, associée à des facteurs

écologiques particuliers. D'autre part, votre conception d'un anniversaire contribue, à travers les conversations, à la façon dont vous organisez votre propre anniversaire ou celui de vos proches... à la formation de nouvelles représentations mentales de ce qu'est un anniversaire chez autrui et, indirectement, à de nouvelles productions publiques, anniversaires et évocations diverses de ceux-ci. Dans ces chaînes causales, on n'a pas seulement une succession d'événements du même type, les anniversaires précédents servant de modèles aux suivants : de nombreuses autres productions publiques et mentales contribuent à informer la réalisation de tels événements, à en diversifier le contenu et à les faire évoluer. Les chaînes causales culturelles sont donc caractérisées par une causalité diffuse ('promiscuous causality' Sperber & Claidière, 2006).

Cette causalité diffuse introduit une dynamique originale des phénomènes culturels. Sans doute, la plus forte contribution causale à l'idée que la plupart des adultes se font d'un anniversaire vient justement des anniversaires auxquels ils ont déjà assisté. On pourrait imaginer que cette contribution soit voisine de 100%. Les individus formeraient leur idée d'un anniversaire à partir des anniversaires qu'ils ont observés et réaliseraient ensuite, à partir de cette idée, un anniversaire quasiment identique à ceux qu'ils ont observé. Dans ce cas la causalité serait proprement reproductive – un anniversaire serait la reproduction d'anniversaires précédents – et la stabilité à l'échelle d'une population et donc le caractère culturel des anniversaires, proviendrait du mécanisme qui permet cette reproduction. En réalité, dans le domaine culturel la causalité est diffuse et la production d'un nouvel anniversaire ne se fait pas simplement en reproduisant à l'identique, hormis quelques erreurs de copie, des anniversaires précédents servant de modèles. Chaque anniversaire est différent des précédents, influencé non seulement par eux mais par d'autres facteurs, et chaque anniversaire contribue à la production non seulement d'anniversaires mais aussi d'autres événements : choix de cadeaux de Noël, récits d'anniversaires, chansons, etc. Pourtant, en dépit de leurs variations, les anniversaires restent assez semblables les uns aux autres et assez différents d'un autre type de célébration comme les pendaisons de crémaillères par exemple.

Cette question constituera le cœur de l'analyse que nous nous proposons de mener : si la source de la stabilité des éléments culturels n'est pas un simple effet du mécanisme par lequel ils sont transmis, quelle est-elle ? Comment est-ce que certains

éléments culturels arrivent à rester stables à travers cet entrecroisement de chaînes causales ?

Il n'y a pas de réponse simple à cette question. Les éléments culturels ne sont pas le produit plus ou moins direct du fonctionnement biologique de l'organisme ou de contraintes environnementales ou psychologiques. Tous ces facteurs interviennent, mais de manière spécifique pour chaque élément considéré et c'est à travers l'étude des modèles d'évolution culturelle que nous pourrions aborder l'évolution culturelle dans toute sa richesse et sa complexité.

1.1.3 CONCLUSION

Au début des années 1940, Malinowski soulève le problème de la place de l'anthropologie dans les sciences humaines et de la définition de son objet d'étude (Malinowski, 1941/1970, 1944). Malinowski conclue :

Ainsi donc on peut dire sans présomption, sans tomber dans la stérilité ni la futilité, que la voie d'accès scientifique à l'étude de l'homme est précisément ce que la science de l'homme tout entière peut attendre de l'anthropologie d'aujourd'hui et de demain. Il nous faut une théorie de la culture, de ses procédés et de ses produits, de son déterminisme propre, de ses liens avec les données élémentaires de la psychologie et de la physiologie humaines, une théorie enfin de l'empire de l'environnement sur la société. Certes l'anthropologue n'en a pas le monopole. Mais il a son mot à dire, et il piquera au jeu les historiens empiristes, les sociologues, les psychologues, et les spécialistes des diverses activités dans l'ordre juridique, économique ou pédagogique. (Malinowski, 1944)

C'est dans cette perspective de construire une théorie scientifique de la culture et de son évolution que l'épidémiologie culturelle doit être comprise.

Reprenons l'exemple d'Opoté : Opoté pêche un poisson matrinchao, cela active une représentation mentale dont le contenu est : 'si je mange du poisson matrinchao, ma magie sera affectée', ce qui le conduit à donner son poisson à Tubia. Ce sont de tels enchaînements de représentations mentales et de productions publiques qui constituent l'objet d'analyse scientifique que voulait isoler Malinowski. L'étude de ces chaînes causales, à moyenne et grande échelle, est bien un domaine original qui peut être propre à l'anthropologie et qui la lie aux autres sciences humaines.

Il ne s'agit donc pas de réduire l'anthropologie à la psychologie, mais de lui définir un domaine et un objet d'étude propre. D'un côté la psychologie cognitive

s'intéresse à des mécanismes psychologiques précis abordés de façon expérimentale, de l'autre l'anthropologie cherche à comprendre comment une myriade d'interactions ponctuelles en milieu naturel où interviennent ces mécanismes psychologiques peut stabiliser des croyances et des pratiques à l'échelle de populations. La différence entre l'anthropologie et la psychologie ainsi conçues est une différence d'échelle, comme l'est celle qui sépare la virologie de l'épidémiologie, pas une différence dans la nature des phénomènes étudiés.

1.2 LES TROIS NIVEAUX DU DARWINISME

La théorie darwinienne de l'évolution n'est pas une théorie unifiée et inchangée depuis la publication de *L'Origine des espèces* par Darwin, loin de là. En effet, depuis la redécouverte des travaux de Mendel par De Vries jusqu'aux toutes récentes avancées de l'épigénétique, notre compréhension des mécanismes cellulaires qui interviennent dans les processus évolutifs n'a pas cessé de changer⁴. Alors que Darwin et ses contemporains n'avaient pas la moindre idée de la façon dont un organisme peut contribuer à la formation d'un autre organisme, nous avons aujourd'hui une compréhension détaillée des mécanismes qui permettent à une cellule de répliquer son information génétique, de réparer son ADN si nécessaire, de se multiplier, de se différencier, etc. De nombreuses découvertes en génétique ont considérablement modifié notre vision de l'évolution (bien qu'aucune n'ait ébranlé les principes du darwinisme qui sont désormais solidement ancrés dans les résultats expérimentaux). Ces transformations successives ont rendu de plus en plus précise notre compréhension des mécanismes évolutifs et des relations entre les différents principes qui gouvernent cette évolution. Pour mieux comprendre comment s'articulent les théories de l'évolution culturelle avec le darwinisme, il nous sera donc utile de retracer à grands traits l'histoire des changements qui ont affecté la théorie darwinienne. Ce faisant nous montrerons que l'histoire des théories darwiniennes est entre autres marquée par trois grandes étapes définissant chacune un cadre conceptuel particulier du darwinisme : le cadre populationnel, le cadre sélectionniste et le cadre des réplicateurs. Cette division des théories darwiniennes en trois grands cadres conceptuels, initialement proposée par Peter Godfrey Smith, s'avère utile pour comparer l'évolution biologique et l'évolution culturelle et pourrait aussi éclairer certains débats qui ont lieu au sein de la biologie, en philosophie de la biologie et en histoire des sciences (Godfrey-Smith, 2007)⁵.

4 Nous ne donnerons ici qu'un bref aperçu des transformations qu'a subi la théorie darwinienne car il ne s'agit pas de l'objet principal de cette étude. Cependant, le lecteur intéressé par l'histoire des théories darwiniennes pourra consulter l'ouvrage de Peter Bowler (2003) sur l'histoire de la notion d'évolution, ainsi que celui de Jean Gayon sur l'hypothèse de sélection naturelle (Gayon, 1992).

5 Je reprends la méthode générale proposée par Godfrey Smith, la développe et propose des divisions légèrement différentes de celles qu'il a lui-même proposé.

La notion d'évolution, dans son sens le plus général, renvoie à l'idée d'un changement au cours du temps qui est déterminé par les états antérieurs du système. Cette notion d'évolution, qui existait bien avant la théorie darwinienne, était classiquement associée à une vision essentialiste. Un des changements importants attribués à Darwin, a été de proposer une vision non essentialiste de l'évolution, ce que Ernst Mayr a appelé la pensée populationnelle ('population thinking'). Nous suggérerons que la pensée populationnelle constitue le premier principe, le principe le plus général du darwinisme. La place centrale du principe de sélection naturelle, qui est au cœur de la théorie de Darwin, contribue de façon essentielle à expliquer comment l'évolution se produit. Nous qualifierons de sélectionniste ce second niveau du darwinisme. Enfin, les découvertes des années 60 amènent à spécifier encore davantage la théorie darwinienne en considérant que les gènes, en vertu de leur capacité à se répliquer, sont l'unité fondamentale de l'évolution. Nous appellerons réplicateurs ce troisième cadre conceptuel du darwinisme.

1.2.1 L'EVOLUTION ET LA PENSEE ESSENTIALISTE

L'essentialisme ne constitue pas un élément de la théorie darwinienne de l'évolution à proprement parler. Cependant, il est indispensable de comprendre les théories essentialistes auxquelles la théorie darwinienne s'oppose, pour appréhender l'importance et la nature du changement introduit par Darwin. Comme nous allons le voir, comparée à la pensée essentialiste, la pensée populationnelle explique de manière radicalement différente les phénomènes évolutifs.

Le terme d'évolution, dans son acceptation la plus large, ne se limite pas au domaine biologique. Le Larousse par exemple, définit l'évolution comme « une transformation graduelle et continue. L'évolution des mœurs [par exemple] » (Maubourget, 1991). On parle aussi d'évolution d'une maladie, d'une étoile, ou d'une réaction chimique... dans tous ces cas le terme ne fait évidemment pas référence à la théorie darwinienne. Dans un sens très général, un système qui évolue est un système dont l'état à un instant donné est, au moins pour une bonne part, la conséquence des états antérieurs du système ; Darwin parle de « descent with modification » (Darwin, 1859).

Si vous connaissez l'état initial d'un système et que vous disposez d'une théorie évolutionnaire, vous pouvez dans une certaine mesure prédire comment le système va évoluer au cours du temps et quel sera son état final. En chimie, sachant que tels et tels réactifs sont présents en telles et telles concentrations, on peut prédire que la concentration de tel composé va évoluer de telle manière. En physique, en connaissant la vitesse initiale, la masse et l'ensemble des forces qui agissent sur un objet, on peut prédire comment va évoluer sa trajectoire. Tant que les changements sont endogènes au système, on peut parler d'évolution. La définition du système dépend, comme en chimie ou en physique, des forces que l'on cherche à étudier et ce qui est exogène à une certaine échelle peut devenir endogène à une échelle plus large. En chimie par exemple, le système pertinent pour l'étude d'une réaction ordinaire est souvent défini par les parois du contenant dans lequel se produit la réaction. Il n'est pas nécessaire d'inclure l'ensemble de l'univers dans le système pour comprendre une réaction ordinaire. De la même manière, le système pertinent pour comprendre l'évolution des pinsons des Galápagos comprend les îles concernées. Ou encore, jusqu'à récemment, le système qui permettait d'étudier l'évolution de la technique de chasse au boomerang pouvait facilement se limiter à l'Australie.

Si un événement dont l'origine est extérieure au système vient le modifier, il ne s'agit plus d'évolution à proprement parler. Si un nouveau réactif est introduit dans une réaction en cours, cet événement ne fait pas partie de l'évolution de la réaction. Quand la plupart des Dinosaures ont disparu à la fin du Crétacé, probablement à cause de l'impact d'une énorme météorite, cela ne faisait pas partie de leur évolution car il s'agissait d'un événement que l'histoire des Dinosaures jusque là ne permettait pas de prévoir. Dans le domaine culturel, l'invasion espagnole a eu des conséquences capitales pour l'évolution de la culture aztèque mais elle ne faisait pas en elle-même partie de l'évolution de cette culture.

Que ce soit en physique, en chimie ou en biologie, l'évolution des systèmes a souvent été conçue de façon essentialiste. L'essentialisme suppose que certaines propriétés des éléments naturels permettent de les ordonner en types naturels⁶. Sober montre que l'approche essentialiste repose en réalité sur quatre propositions (Sober,

⁶ Nous utiliserons les termes essentialisme et typologisme comme synonymes car ces deux termes sont souvent utilisés pour désigner les mêmes phénomènes. Mayr en tant que systématien parle de pensée typologique, Sober en tant que philosophe parle d'essentialisme par exemple.

1980). Pour qu'un ensemble d'éléments fassent partie du même type, qu'ils partagent la même essence, il faut au moins une propriété :

- a. qui soit présente dans chacun des éléments considérés,
- b. qui soit aussi présente dans tout élément qui pourrait potentiellement faire partie du type en question,
- c. qui soit responsable du comportement des éléments considérés,
- d. qui soit constitutive des éléments en question.

Le tableau périodique des éléments chimiques (autrefois appelé espèces chimiques) constitue une classification naturelle des molécules fondée sur des principes essentialistes. Les éléments de type oxygène par exemple sont définis à partir de leur numéro atomique, 8. Tous les atomes ayant un numéro atomique de 8 sont des atomes d'oxygène (a). Réciproquement, tout élément qui est un atome d'oxygène possède un numéro atomique qui vaut 8 (b). De plus, les éléments qui se trouvent être dans la même colonne du tableau périodique des éléments ont des comportements chimiques similaires, donc le numéro atomique permet de déterminer au moins en partie le comportement des éléments chimiques considérés (c). Enfin, le numéro atomique correspond au nombre de protons d'un atome, c'est donc une propriété constitutive des éléments chimiques (d). Selon la théorie essentialiste, les types sont le résultat de l'existence d'un état naturel idéal défini par les propriétés essentielles des éléments considérés.

Sober qualifie de modèle de l'état naturel ('Natural State Model') la manière dont les théories essentialistes expliquent les différences que l'on observe au sein d'un même type. Selon ce modèle, chaque élément tend vers son état naturel mais l'action de certaines forces peut les faire s'éloigner de leur tendance naturelle. Une formulation de ce modèle se retrouve clairement dans le premier principe d'inertie de Newton qui stipule que tout corps sur lequel aucune force n'agit demeure immobile ou en mouvement rectiligne uniforme. Autrement dit, en l'absence de force, un élément demeure dans un état naturel donné. Dans le modèle de l'état naturel, pour comprendre comment un système évolue il faut caractériser l'état naturel vers lequel il tend, et identifier les forces qui agissent sur le système et sont susceptibles de le faire dévier de cette tendance.

Ce modèle d'explication a longtemps été utilisé en biologie, en considérant que la diversité des membres d'une même espèce, définie à partir de certaines propriétés des organismes qui la composent, est liée à l'existence de forces perturbant leur développement naturel. Le modèle de l'état naturel était le seul imaginable jusqu'à la seconde moitié du XIX^{ème} siècle et il est resté fréquent, même parmi les scientifiques qui étudiaient l'évolution, jusqu'à la synthèse évolutionnaire qui a eu lieu dans les années 1940 (voir Mayr & Provine, 1980 et ci-après)⁷. Cette persistance des théories essentialistes illustre leur attrait théorique et leur complexité. Comme le montre Sober, il serait erroné de croire que la pensée essentialiste ne peut pas rendre compte de l'évolution des espèces. Une vision essentialiste de l'évolution n'implique pas forcément que les espèces sont immuables, ni qu'il existe des frontières clairement identifiables entre celles-ci (Sober, 1980). Les espèces peuvent changer par recombinaison ou transformation des propriétés essentielles qui les définissent, de la même manière que deux atomes d'hydrogènes peuvent fusionner pour donner un nouvel atome d'hélium. D'autre part, la reproduction entre deux organismes d'espèces différentes peut conduire à l'apparition d'organismes intermédiaires résultant de diverses combinaisons des propriétés essentielles qui caractérisent chacune des espèces. En théorie, l'existence de frontières floues entre les espèces ne va donc pas à l'encontre d'une approche essentialiste.

Ce qui est propre à l'analyse essentialiste c'est la manière d'expliquer la permanence de certaines caractéristiques :

For the typologist, the search for invariances takes the form of a search for natural tendencies. The typologist formulates a causal hypothesis about the forces at work on each individual within a population. The invariance underlying this diversity is the possession of a particular natural tendency by each individual organism. (Sober, 1980)

Donc pour les théories essentialistes, c'est la ressemblance entre les organismes qui est fondamentale, les différences que l'on observe pouvant s'expliquer simplement par la présence de forces qui font s'écarter les organismes de leur état naturel. Cette persistance des caractéristiques des individus est le résultat de la transmission aux descendants de constituants essentiels identiques.

⁷ L'utilisation de la notion de ressemblance en systématique est diagnostique d'une pensée essentialiste. Je pense que l'on peut donc affirmer que c'est avec l'avènement de la cladistique au début des années 1970 que la pensée essentialiste a finalement disparue des sciences évolutionnaires.

Ainsi, la pensée essentialiste se caractérise en biologie par la définition des espèces à partir d'un ensemble de caractères partagés entre les individus et par une vision de l'évolution qui découle du modèle de l'état naturel. Les travaux de Darwin sur l'existence de la sélection naturelle, ainsi que ceux de Galton en statistiques sur l'héritabilité des caractères quantitatifs ont considérablement modifiés la vision des biologistes à ce sujet (sur ces aspects historiques voir Sober, 1980).

1.2.2 LA PENSÉE POPULATIONNELLE

Mayr a nommé pensée populationnelle⁸ (*population thinking*) le courant qui a remplacé les conceptions pré-darwiniennes de l'évolution à partir de la fin du XIX^{ème} siècle (Mayr, 1959, 1996). Cette distinction a pour origine le travail de Mayr sur la notion d'espèce en systématique (sur les aspects historiques de l'élaboration de la distinction entre pensée populationnelle et pensée typologique par Mayr, voir Chung, 2003). Mayr reconnaît qu'il existe principalement deux définitions de la notion d'espèce. La première définition est une application de la pensée typologique, elle définit les espèces à partir d'un type morphologique donné. Selon cette définition, un seul exemplaire suffit à mettre en évidence les caractéristiques essentielles de l'espèce dont il est membre. L'autre définition, populationnelle, définit les espèces comme un ensemble de populations dont les individus peuvent se reproduire entre eux. Selon cette définition, un seul individu ne saurait suffire à caractériser l'ensemble de l'espèce, seule une série d'individus, représentant différents types morphologiques, peut donner une idée de la diversité qui existe au sein d'une espèce. Pour Mayr donc, le changement de définition de la notion d'espèce qui s'est produit en systématique, quand on est passé d'une vision essentialiste à une vision populationnelle, renvoie à une modification plus profonde de la pensée en biologie, qui consiste en l'abandon de la pensée typologique et en la reconnaissance du fait que la variation existe et est constitutive de l'espèce.

⁸ La bibliographie sur la pensée populationnelle est relativement limitée. Les articles les plus conséquents d'un point de vue théorique sont ceux de Mayr (1959) et Sober (1980). Les articles des historiens Amundson (1998) et Chung (2003), analysent pour le premier la notion d'espèce dans son contexte pré-Darwinien et les changements qu'elle a subi par la suite et pour le second le développement de la pensée de Mayr sur ce sujet. Les publications de Hull (1990, 1994) et Gould (1984) mentionnent en passant la pensée populationnelle et le rôle qu'elle a joué dans la pensée de Mayr. Les autres auteurs qui utilisent les termes de pensée populationnelle utilisent le plus souvent directement la distinction proposée par Mayr.

The assumptions of population thinking are diametrically opposed to those of the typologist. The populationist stresses the uniqueness of everything in the organic world. What is true for the human species—that no two individuals are alike—is equally true for all other species of animals and plants. Indeed, even the same individual changes continuously throughout his lifetime and when placed into different environments. All organisms and organic phenomena are composed of unique features and can be described collectively only in statistical terms. Individuals, or any kind of organic entities, form populations of which we can determine the arithmetic mean and statistics of variation. Averages are merely statistical abstractions, only the individuals of which the populations are composed have reality. The ultimate conclusions of the population thinker and of the typologist are precisely the opposite. For the typologist, the type (eidos) is real and the variation an illusion, while for the populationist the type (average) is an abstraction and only the variation is real. No two ways of looking at nature could be more different. (Mayr, 1959)

Sober précise encore d'avantage le rôle que joue la variation dans cette transformation de la pensée en biologie:

Typologists and populationists agree that averages exist; and both grant the existence of variation. They disagree about the explanatory character of these. For Quetelet, and for typologists generally, variability does not explain anything. Rather it is something to be explained or explained away. Quetelet posited a process in which uniformity gives rise to diversity; a single prototype -the average man- is mapped onto a variable resulting population. Galton, on the other hand, explained diversity in terms of an earlier diversity and constructed the mathematical tools to make this kind of analysis possible. (Sober, 1980)

Mayr et Sober s'accordent sur le fait que le changement fondamental qui se produit est lié à la manière d'expliquer l'origine des différences entre les individus. Pour les essentialistes, la variation entre les individus est un artefact qu'il faut négliger, qui brouille la découverte des tendances naturelles des organismes. Pour les tenants de la pensée populationnelle, la variation est une caractéristique permanente des populations et c'est à partir de cette variation que se produit l'évolution.

L'abandon de l'essentialisme est en partie lié à un changement d'échelle qui s'est produit dans la manière d'aborder les phénomènes évolutionnaires. En effet, alors que l'essentialisme se focalise sur les caractéristiques des individus, la pensée populationnelle se focalise sur celles des populations. En génétique des populations par exemple, la loi de Hardy-Weinberg stipule que pour une population panmictique (dont les individus se reproduisent au hasard), d'effectif infini et sur laquelle aucune force évolutionnaire ne s'exerce, la fréquence des génotypes reste constante d'une génération à l'autre. La loi de Hardy-Weinberg est utilisée en génétique pour déterminer quelles sont les forces, notamment les forces évolutionnaires telles que la sélection ou la

migration, qui modifient la composition génétique des populations étudiées. La similarité avec le premier principe de Newton est frappante. La méthode de l'état naturel (dont la loi de Newton est un exemple paradigmatique) qui vise à caractériser un état idéal et expliquer les déviations par rapport à cet état en invoquant un ensemble de forces est toujours présente dans la théorie darwinienne. Par contre, contrairement à la loi de Newton, celle de Hardy-Weinberg ne porte pas sur un élément unique, mais sur une population d'éléments : ce qui ne change pas en l'absence de forces évolutives, c'est une distribution de génotype. Alors que dans la pensée essentialiste ce sont les individus qui évoluent, qui se transforment au cours du temps, dans la pensée populationnelle ce sont les populations, les individus n'évoluent pas.

La pensée populationnelle, au contraire de la pensée essentialiste, repose sur l'évaluation des caractéristiques des populations, comme le taux de reproduction moyen des individus, la variance ou la covariance de tel ou tel caractère avec tel ou tel autre. Donc dans un certain sens elle néglige les caractéristiques propres aux individus pour s'intéresser à celles de la population (Sober, 1980). Dans un autre sens cependant, elle ne cherche pas à s'abstraire des différences qui existent entre les individus mais considère ces différences comme causalement efficaces (Mayr, 1959). La pensée populationnelle est donc à la fois plus proche et plus éloignée des individus que la pensée essentialiste, plus proche car elle dépend des caractéristiques de chaque individu et plus éloignée par son aspect statistique (Sober, 1980).

Historiquement, l'abandon du modèle de l'état naturel s'accompagne du développement de la pensée populationnelle ; les deux phénomènes sont liés. Pourtant ces deux propositions sont logiquement indépendantes. On peut concevoir une explication populationnelle de l'évolution en ayant une vision strictement essentialiste des éléments étudiés comme on peut proposer une explication individuelle de l'évolution sans avoir pour autant une vision essentialiste de l'origine de ses éléments. Ce point est clairement explicité par Sober et il nous sera utile d'appeler modèle populationnel la description de l'évolution à partir des caractéristiques des populations, indépendamment de la manière dont les différences entre les individus sont générées.

Ce qui importe dans le *modèle* populationnel, c'est de considérer que les propriétés de populations d'éléments permettent de fournir une explication de l'évolution de ces populations. Considérons un exemple non biologique. Nous avons vu que le tableau périodique des éléments est résolument essentialiste, toutefois, la chimie

classique utilise des modèles populationnels pour étudier la dynamique des réactions chimiques. Une concentration est une propriété d'une population de molécules, c'est un nombre d'éléments d'un type donné rapporté au nombre d'éléments d'un autre type. Les vitesses de réactions sont aussi des propriétés populationnelles, elles dépendent de l'énergie moyenne dont les molécules ont besoin, et de celle dont elles disposent pour réagir entre elles.

Plus généralement, les variables et constantes de la chimie classique sont généralement interprétées, en physique statistique, comme des propriétés de la distribution des caractéristiques moléculaires. La température par exemple, est liée à la vitesse moyenne des molécules dans le milieu considéré. Les grandeurs utilisées en chimie pour comprendre l'évolution d'une réaction chimique sont donc fondées sur l'utilisation de paramètres qui représentent les caractéristiques des populations de molécules. Le modèle populationnel peut donc parfaitement être associé à une vision essentialiste des éléments des populations modélisées.

Si tel est le cas, on peut se demander pourquoi le passage à un modèle populationnel a favorisé l'abandon du modèle de l'état naturel en biologie. C'est, comme le montre Sober, que le modèle populationnel a permis d'expliquer l'existence des espèces sans recourir à une propriété constitutive des individus. Avec le modèle populationnel, une espèce peut être caractérisée comme objet statistique, comme propriété d'une population, d'un ensemble d'individus et non comme une propriété partagée par les individus.

The use of population concepts is not legitimized in those disciplines by defining them in terms of concepts applying at some lower level of organization. Rather, the use of one population concept is vindicated by showing how it stands in law-like relations with other concepts at the same level of organization. It is in this way that we can see that there is an alternative to constituent definition. Here, then, is one way in which evolutionary theorizing undermined essentialism: Essentialism requires that species concepts be legitimized by constituent definition, but evolutionary theory, in its articulation of population models, makes such demands unnecessary. Explanations can proceed without this reductionistic requirement being met. (Sober 1980)

Selon Sober le passage au modèle populationnel n'a constitué qu'une première étape qui a permis de concevoir une explication non essentialiste de l'origine de la diversité des individus.

En résumé, ce que Mayr a nommé la pensée populationnelle est lié à deux transformations majeures de la théorie de l'évolution en biologie. La principale concerne l'abandon du modèle de l'état naturel et la seconde concerne le développement d'une explication de l'évolution qui s'appuie sur les caractéristiques des populations, le modèle populationnel. La pensée populationnelle ne précise pas comment le système évolue au cours du temps, mais comment il faut étudier le système en question. Autrement dit, elle ne propose pas un modèle de comment les espèces évoluent mais suggère une manière d'aborder la question. C'est certainement pour cette raison que Mayr considère que la pensée populationnelle est l'idée la plus importante de Darwin : parce qu'elle ouvre la porte à un champ d'explications nouvelles (voir aussi Fracchia & Lewontin, 1999; Hull, 1994). C'est aussi pour cette raison que nous considérerons que la pensée populationnelle constitue le premier niveau, le plus vaste, du darwinisme (voir Figure 2, pp 53).

Cette proposition a peu de chances de faire l'unanimité parmi les biologistes car le principe de sélection naturelle est généralement considéré comme étant indispensable à toute explication Darwinienne. Jean Gayon par exemple commence son livre sur l'histoire de l'hypothèse de sélection naturelle par ces mots :

Quelque tortueuse qu'ai été l'histoire des théories darwiniennes de l'évolution, il est possible de désigner l'engagement conceptuel commun qui les rassemble depuis la publication de l'*Origine des espèces*. Est "darwinienne" toute interprétation de l'évolution comme modification graduelle des espèces, *orientée de manière prédominante par un processus de sélection naturelle* opérant sur un champ de variation intra-populationnelle. (Gayon, 1992, mes italiques)

S'agissant de l'évolution biologique, la sélection est incontestablement au cœur de la théorie darwinienne. En revanche dans d'autres domaines, comme l'évolution culturelle par exemple, une approche populationnelle peut, il me semble, légitimement se réclamer de Darwin sans tenir pour automatiquement acquis que la sélection doit être le moteur principal de l'évolution, contra Fracchia et Lewontin (1999).

Le passage de l'essentialisme à la pensée populationnelle était une condition nécessaire au développement du concept de sélection naturelle qui, lui, fournit une explication de la manière dont les espèces évoluent. Le sélectionnisme constituera notre second niveau du darwinisme.

1.2.3 LE SELECTIONNISME

Si selon Mayr la pensée populationnelle est l'idée la plus importante de Darwin, celle de sélection naturelle est sans doute la plus originale (Bowler, 2009). Darwin s'inspira des travaux de Malthus pour formuler son principe de sélection naturelle qui, d'une certaine manière, découle des hypothèses du démographe.

En écologie, le principe connu sous le nom de loi de Malthus peut être formulé de la manière suivante : si une population n'est soumise à aucune compétition et se trouve dans un milieu dont les ressources sont illimitées, alors le taux de reproduction moyen des individus est constant. Ou encore, en temps continu, si x représente le nombre d'individus d'une population et f le coefficient de Malthus, ou taux de croissance de celle-ci, alors :

$$\frac{dx}{dt} = fx \quad (1.1)$$

Cette relation exprime simplement le fait que le changement du nombre d'individus (dx) en un laps de temps dt est le produit du nombre d'individus par le taux de croissance de la population, f . La loi de Malthus fait donc une prédiction sur la dynamique d'une population dans des conditions idéales : dans des conditions idéales, la variation du nombre d'individus au cours du temps est exponentielle. Cette hypothèse est confirmée par l'expérimentation et l'observation et est aujourd'hui considérée comme l'un des principes piliers de l'écologie (Berryman, 2003; Colyvan & Ginzburg, 2003; Ginzburg & Jensen, 2004; Turchin, 2001). Expérimentalement, quand on place quelques bactéries dans un milieu stérile riche en nutriments, on observe que leur nombre croît exponentiellement pendant un certain temps, jusqu'à ce que les ressources ne soient plus suffisamment abondantes. En milieu naturel, on observe que le nombre d'individus de certaines espèces introduites accidentellement dans des milieux nouveaux, comme les lapins importés en Australie par les colons, croît de manière exponentielle pendant un certain temps. On interprète généralement ces observations par le fait que les individus sont dans un milieu dans lequel ils trouvent des ressources en abondance et ne rencontrent pas de prédateurs ni de compétiteurs directs, donc dans une situation écologique proche d'une situation idéale.

Le principe de sélection naturelle découle directement de l'hypothèse que dans un milieu idéal les populations croissent de manière exponentielle. En effet, comme en

milieu naturel les ressources ne sont jamais illimitées, inéluctablement il va se produire une compétition pour les ressources entre les individus. Si les individus sont légèrement différents, qu'ils possèdent des taux de reproduction et de mortalité légèrement différents, alors la proportion de ceux qui en moyenne se reproduisent le plus vite va augmenter, et ils vont éliminer les autres individus. Imaginons par exemple que deux variétés légèrement différentes de lapins aient été introduites en Australie, les lapins de type A et ceux de type B. En utilisant les mêmes notations que précédemment avec A et B en indices pour référer aux deux types de lapins, on peut écrire :

$$\frac{dx_A}{dt} = f_A x_A$$

$$\frac{dx_B}{dt} = f_B x_B$$

Ceci pourrait correspondre à la première phase de colonisation, le nombre des deux types de lapins croissant de manière exponentielle. Après un certain temps cependant, la quantité de ressources devient limitante. Appelons K la quantité maximale de lapins pouvant survivre en Australie, K est communément appelé capacité portante du milieu. Pour simplifier, supposons que le nombre de lapins ait atteint cette capacité et soit constant :

$$x_A + x_B = K$$

$$\frac{dx_A}{dt} = f_A x_A - \phi x_A$$

$$\frac{dx_B}{dt} = f_B x_B - \phi x_B$$

Avec ϕ tel que :

$$\phi = \frac{f_B x_B + f_A x_A}{K}$$

On en déduit que $\frac{dx_A}{dt} > 0 \Leftrightarrow f_A > f_B$, autrement dit, le nombre de lapins de type A croit si et seulement si le taux de croissance des lapins de type A est supérieur à celui des lapins de type B. Si tel est le cas, le nombre des lapins de type A augmente jusqu'à ce qu'il atteigne K , tandis que le nombre de lapins de type B diminue jusqu'à ce qu'ils disparaissent. C'est le principe de sélection naturelle.

Plusieurs généralisations peuvent être tirées de cet exemple. Dans un premier temps, on peut remarquer que ce qui fait la différence entre les lapins de type A et ceux de type B est une différence de fitness que l'on peut définir comme la capacité que possède un variant à envahir une population de résidents et qui, dans cet exemple simple, est équivalente au taux de croissance (voir Demetrius, Matthias Gundlach, & Ziehe, 2007 pour une discussion de cet aspect). Ensuite, ce modèle fait l'hypothèse implicite que les lapins de type A donnent naissance à des lapins de type A, et pas de type B. On suppose donc que les caractères qui font qu'il existe une différence de fitness entre les deux types de lapins sont héréditaires. Enfin, cet exemple montre clairement que la sélection naturelle érode la variation qui existe au sein des populations : deux types de lapins différents sont remplacés par un seul type de lapins. Sans l'existence de mécanismes qui garantissent la formation de nouveaux variants, la sélection naturelle finit par épuiser toute la variation des populations.

L'importance de ces trois éléments pour Darwin est mise en évidence dans le dernier paragraphe de *L'Origine des espèces* :

It is interesting to contemplate a tangled bank, clothed with many plants of many kinds, with birds singing on the bushes, with various insects flitting about, and with worms crawling through the damp earth, and to reflect that these elaborately constructed forms, so different from each other, and dependent upon each other in so complex a manner, have all been produced by laws acting around us. These laws, taken in the largest sense, being Growth with Reproduction; Inheritance which is almost implied by reproduction; Variability from the indirect and direct action of the conditions of life, and from use and disuse: a Ratio of Increase so high as to lead to a Struggle for Life, and as a consequence to Natural Selection, entailing Divergence of Character and the Extinction of less-improved forms. Thus, from the war of nature, from famine and death, the most exalted object which we are capable of conceiving, namely, the production of the higher animals, directly follows. There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved. (Darwin, 1859)

Ces trois conditions sont toujours reconnues comme étant nécessaire et suffisante pour que la sélection naturelle soit efficace (Griesemer, 2001; Lewontin, 1970; Smith & Maynard-Smith, 1986; Weismann, 1909) :

As seen by present-day evolutionists, Darwin's scheme embodies three principles:

- Different individuals in a population have different morphologies, physiologies, and behaviors (phenotypic variation).
- Different phenotypes have different rates of survival and reproduction in different environments (differential fitness).
- There is a correlation between parents and offspring in the contribution of each to future generations (fitness is heritable).

These three principles embody the principle of evolution by natural selection. (Lewontin, 1970).

Le processus de sélection naturelle repose donc sur des principes très généraux car aucun mécanisme n'est spécifié. L'origine de la variabilité entre les individus peut donc être aléatoire, partiellement aléatoire ou dirigée. A ce niveau d'abstraction, il n'est pas nécessaire que l'héritabilité des caractères provienne de la transmission de 'particules informationnelles' : gènes ou réplicateurs. Il est suffisant qu'une corrélation entre les parents et les descendants existe pour que le processus de sélection naturelle soit efficace. La manière dont les caractères sont transmis d'une génération à l'autre n'est pas définie, il peut s'agir de reproduction monoparentale, biparentale, ou encore d'une moyenne pondérée entre plusieurs individus par exemple. Enfin, les différences de fitness peuvent provenir d'une compétition entre les individus pour les ressources ou pour la reproduction par exemple. A ce niveau d'abstraction, il n'y a rien dans la théorie de la sélection naturelle qui précise ce qui évolue : il peut s'agir d'évolution génétique, épigénétique (facteurs cellulaires hérissables qui ne sont pas génétiques), ou culturelle (Jablonka & Lamb, 2006). Rien ne précise non plus à quel niveau l'évolution se produit : au niveau moléculaire, cellulaire, individuel, du groupe, de la population ou de l'espèce par exemple (Lewontin, 1970). La théorie stipule simplement que si ces trois conditions sont remplies alors le processus de sélection naturelle peut opérer.

Cette grande généralité constitue à la fois un atout et une faiblesse de la théorie. Un atout car en dépit des nombreuses controverses qui ont animé le débat en évolution sur chacun de ces points, de l'origine de la variation et de son importance, en passant par le fonctionnement des mécanismes d'héritabilité ou encore les niveaux de sélection, ces principes fondamentaux sont restés inébranlables. Mais cela constitue aussi une faiblesse car la généralité de ces principes les rend aussi peu opérationnels. Gayon montre comment, en dépit de la force de l'argumentaire construit par Darwin, la théorie de la sélection naturelle dépend de concepts fondamentaux, tel que l'hérédité et la

variation, qui sont encore mal définis à cet époque (Gayon, 1992). La notion d'hérédité constitue le point sensible de la théorie darwinienne et les premières découvertes en génétiques mirent à mal l'hypothèse de sélection naturelle. Il fallut attendre les années 1930, lorsque la théorie darwinienne fusionna avec les nouvelles découvertes faites en génétique, ce que Huxley a nommé synthèse évolutionnaire (Huxley, 1942)⁹ pour que la théorie devienne incontestable et acquière toute sa puissance prédictive (Gayon, 1992). Avant cette synthèse, deux courants s'opposaient. D'un côté les Darwinistes, le plus souvent naturalistes, qui soutenaient que l'évolution procède par sélection naturelle de petites différences entre les individus. De l'autre côté les Mutationnistes, généticiens, qui considéraient que l'évolution procède par changements brutaux. Comme le montre Mayr, ces deux courants ont persisté à cause d'un double malentendu (Mayr & Provine, 1980). D'un côté les généticiens montraient que les caractères étaient transmis entre les individus de manière particulière, grâce aux gènes, et pensaient l'évolution principalement en termes essentialistes. De l'autre côté, les naturalistes rejetaient toute forme d'essentialisme mais avaient une vision souvent lamarckienne de l'hérédité. La synthèse évolutionnaire désigne :

the general acceptance of two conclusions: gradual evolution can be explained in terms of small genetic changes ("mutations") and recombination, and the ordering of this genetic variation by natural selection; and the observed evolutionary phenomena, particularly macroevolutionary processes and speciation, can be explained in a manner that is consistent with the known genetic mechanisms. (Mayr & Provine, 1980)

La synthèse évolutionnaire est une réélaboration progressive de la génétique Mendélienne et de la théorie de l'évolution dans un cadre conjoint (Gayon, 1992). Elle souligne ainsi l'importance de la spécification des mécanismes biologiques pour la théorie de l'évolution. Sans la génétique, sans la compréhension des mécanismes de l'hérédité, de la mutation, de la reproduction, la théorie darwinienne reste une hypothèse parmi d'autres, au coude à coude avec l'essentialisme notamment¹⁰.

⁹ La synthèse évolutionnaire est souvent attribuée aux travaux de Fisher, Haldane et Wright qui sont responsable en grande partie du développement de la génétique des populations, ainsi qu'à Mayr pour le côté systématique (R. A. Fisher, 1930; Haldane, 1932; Mayr, 1942; Wright, 1968). Le livre de Mayr et Provine détail la contribution des différents chercheurs impliqués ainsi que les changements qu'a produit la synthèse évolutionnaire dans les différents domaines de la biologie (Mayr & Provine, 1980).

¹⁰ Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, l'abandon de l'essentialisme est lié à la réfutation de l'existence d'un type essentiel duquel les individus dévieraient. Cette réfutation est validée par les

Nous nommerons sélectionnisme la théorie de l'évolution défendue lors de la synthèse évolutionnaire car il s'agit de la première grande transformation de la théorie darwinienne. Du point de vue des mécanismes, nous considérerons que le sélectionnisme intègre les génétiques mendélienne et weismannienne, c'est à dire que le sélectionnisme suppose l'existence d'une transmission particulière des caractères héréditaires, particules que l'on appelle des gènes, et d'une séparation entre le 'germen' et le 'soma'. Cette dernière distinction, attribuée à Weismann (1893), a joué un rôle fondamental dans la formulation de la théorie de l'évolution. Si on considère en effet que les cellules germinales, celles qui vont donner naissance aux gamètes, sont séparées très précocement des cellules somatiques (toutes les autres cellules du corps), on suppose que les modifications qui peuvent affecter le corps (le soma), ne sont pas transmises aux gamètes et donc ne sont pas héréditaires. En d'autres termes, cela revient à nier la possibilité d'une certaine hérédité des caractères acquis au cours du développement, forme d'hérédité que l'on qualifie généralement de lamarckienne (voir Figure 1).

découvertes en génétique et en biologie du développement des mécanismes qui expliquent d'où proviennent les différences entre les individus, sans faire appel au modèle de l'état naturel.

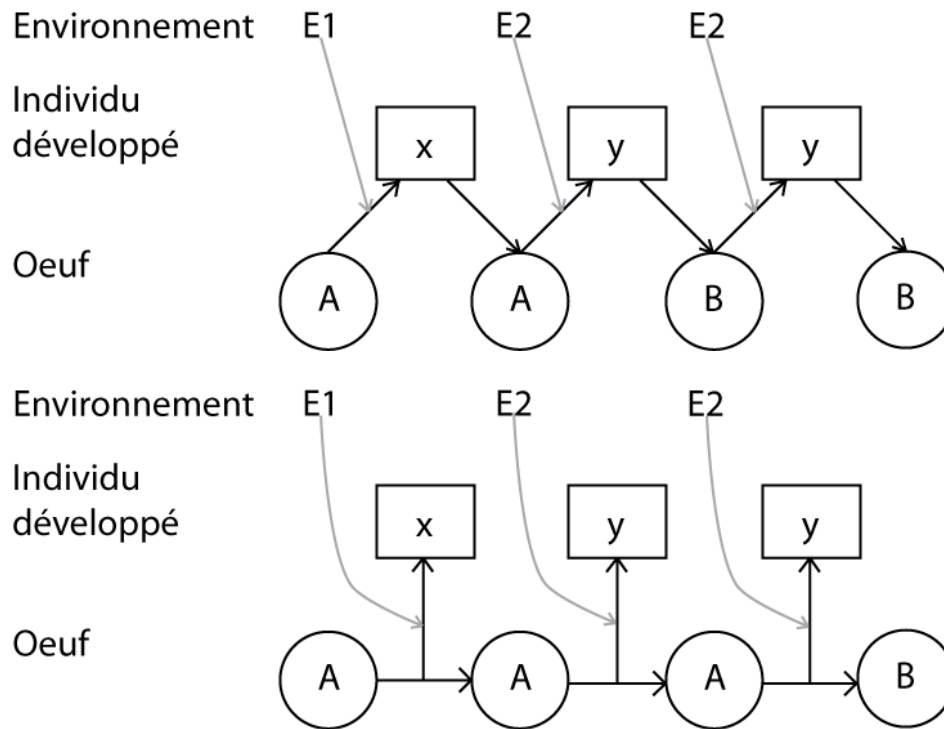


Figure 1 : Héritabilité lamarckienne (en haut) et weismannienne (en bas). Selon Lamarck, les œufs sont le résultat d’une certaine forme atteinte par l’individu au cours de son développement, par exemple la forme x conduit à la production d’œufs de type A, la forme y a ceux de type B. Ces œufs, quand ils se développent au sein de certains environnements donnent naissance à une forme particulière. Par exemple, les œufs de type A dans l’environnement E1 donnent des individus de forme x, dans l’environnement E2 ils donnent des individus de forme y. C’est aussi le cas pour Weismann, les mêmes œufs dans deux environnements différents donnent des formes adultes différentes. Cependant, pour Weismann, même si les formes adultes peuvent être différentes, les œufs qui en résultent sont identiques (x et y donnent tous deux des œufs de type A) sauf dans les rares cas de mutation (quand y donne B). Il faut remarquer que ces deux visions sont toutes deux compatibles avec la pensée populationnelle, mais seule celle de Weismann est compatible avec le sélectionnisme tel que nous l’avons défini.

Pour conclure, le principe de sélection naturelle proposé par Darwin repose sur trois conditions qui sont : 1) Variabilité, 2) Héritabilité et 3) Différences de fitness. Ces

trois conditions constituent le cœur de la théorie darwinienne de l'évolution tout en restant à un niveau de généralité très élevé. La synthèse évolutionnaire qui a eu lieu durant les années 1930 a permis de lier cette théorie très générale à des mécanismes, notamment génétiques, permettant d'expliquer comment ces trois conditions étaient remplies dans le cas biologique. Ces mécanismes sont représentés dans les principes suivants : 1) les gènes sont des unités discrètes, support de l'hérédité, 2) la variation est liée d'une part aux recombinaisons qui ont lieu lors de la formation des gamètes et d'autre part aux mutations aléatoire des gènes et enfin, 3) la sélection a lieu entre les individus qui possèdent des phénotypes différents, liés à des génotypes différents (Jablonka & Lamb, 2006). C'est à partir de cette synthèse que la théorie darwinienne a pris l'ampleur qu'on lui connaît actuellement, et c'est pour cette raison que nous nommerons sélectionnisme la théorie darwinienne telle qu'elle a été défendue lors de la synthèse évolutionnaire¹¹. L'application du principe de sélection naturelle à un autre champ d'étude que celui biologique doit donc montrer que les trois principes fondamentaux sont respectés par les mécanismes du nouveau domaine étudié, et que ces mécanismes ont un rôle analogue à ceux qui existent en biologie.

L'intégration des découvertes en génétique antérieures aux années 1930 a permis le développement et la justification du modèle sélectionniste, elle constitue une première étape vers une spécification des mécanismes à l'origine de l'évolution darwinienne. Le développement de la génétique des populations qui suit la synthèse évolutionnaire a donné lieu à une série de découvertes et d'ajouts progressifs à la théorie sélectionniste. Les recherches de Williams, Hamilton, Kimura, Maynard Smith, Trivers et Van Vaalen pour ne citer que les plus connus, ont progressivement modifié la

¹¹ Cette proposition diffère de celles émises par Peter Gofrey-Smith (2007) et Jablonka et Lamb (2006) qui considèrent que ce que nous avons appelé le sélectionnisme correspond à la formulation abstraite des conditions nécessaires à la sélection naturelle (la formulation de Lewontin). Il me semble plus juste de réserver le terme de sélectionnisme non pas à toutes les théories incluant le principe de sélection naturelle mais à celles pour lesquelles la sélection naturelle est le facteur principal de l'évolution (Gayon, 1992). Cela est notamment garanti par l'existence d'une distinction claire entre le germen et le soma (au moins du point de vue purement génétique). En effet, et comme je le montrerai plus loin, si les processus lamarckiens jouent un rôle évolutif significatif, ils limitent grandement l'importance de la sélection naturelle (voir aussi Reisman, 2005). D'autre part, la distinction que je propose permet de définir les théories sélectionnistes par la présence de mécanismes particuliers, donc de tracer une ligne de démarcation naturelle entre les différentes versions du darwinisme. Enfin, cette distinction me semble historiquement valide.

perception du rôle que jouent les gènes dans l'évolution. Récemment, Dawkins a rassemblé l'ensemble de ces résultats dans un nouveau cadre darwinien, celui des répliqueurs (Dawkins, 1976). La théorie des répliqueurs constitue le deuxième changement majeur de la théorie darwinienne, elle se développe à la fin des années 1970 et intègre les découvertes réalisées entre la synthèse évolutionnaire et cette période.

1.2.4 LE MODELE DES REPLICATEURS

Le Gène égoïste de Dawkins marque un tournant dans la biologie de l'évolution (Grafen & Ridley, 2006). En effet, bien que les résultats et les idées utilisés par Dawkins ne soient pas originaux à l'époque, l'exposition et la synthèse qui en sont faits mettent en valeur une nouvelle manière de penser l'évolution qui s'impose alors d'elle-même et qui constitue encore aujourd'hui la manière la plus courante d'aborder l'évolution. Dans ce livre, Dawkins défend deux idées qui vont nous intéresser particulièrement ici. D'une part il suggère, en suivant Williams (1966), que ce sont les gènes qui sont l'unité fondamentale de sélection et d'évolution, et non les individus ou les groupes comme il était alors classiquement admis. D'autre part, Dawkins, en proposant le terme de répliqueur, suggère que c'est le mécanisme de réplication qui est à l'origine de ces propriétés fondamentales et que c'est ce mécanisme qui fait des gènes l'unité élémentaire de l'évolution.

Selon Dawkins, seuls les gènes sont suffisamment stables pour pouvoir être considérés comme unité d'évolution.

La définition que je veux utiliser est celle de G. C. Williams. Un gène peut être défini comme une portion de matériel chromosomique qui dure potentiellement pendant un nombre suffisant de générations pour servir d'unité de sélection naturelle. (Dawkins, 1976)

Les autres unités, tels les individus ou, à fortiori, les groupes ou les espèces, n'ont qu'une existence éphémère et par conséquent ne peuvent pas être soumis au processus de sélection naturelle. Dawkins argumente ici en faveur d'un changement de point de vue (Dawkins, 1976, 1989) qui consiste à ne plus expliquer l'existence d'adaptations par le bénéfice qu'elles procurent aux individus ou aux groupes d'individus mais par le bénéfice qu'elles procurent aux gènes qui les déterminent.

...j'en reviens au message que veut délivrer le présent chapitre : il vaut mieux considérer que l'unité fondamentale de la sélection naturelle est, non pas l'espèce, ni même

l'individu mais une petite unité de matériel génétique qu'il est pratique de dénommer « gène ». (Dawkins, 1976)

Ce point constitue un des apports essentiels de la théorie des réplicateurs et confère – on le verra – à l'approche mémétique une part importante de son originalité.

Toutefois, il n'est pas toujours plus approprié de prendre le point de vue des gènes (*'gene's eye view'*), de considérer qu'ils sont l'unité élémentaire de l'évolution, que de prendre le point de vue des individus. Ce n'est que dans certains cas que ce changement de point de vue se révèle éclairant. Prenons un exemple. Comment peut-on expliquer l'évolution de l'œil ? Une première possibilité consiste à dire que l'œil est une adaptation qui permet aux individus de mieux se déplacer dans leur milieu. Selon cette explication, formulée du point de vue des individus, toutes choses étant égales par ailleurs, les individus qui possèdent un œil auront une fitness supérieure à ceux qui n'en possèdent pas. Une seconde possibilité consiste à prendre le point de vue des gènes. De ce point de vue, certains gènes ont acquis une fitness supérieure à celle de leurs concurrents en contribuant au développement de l'œil. Dans le cas de l'œil comme dans de nombreux cas, la différence de perspective ne change pas fondamentalement l'explication.

Par contre, prendre le point de vue des gènes permet d'expliquer certains phénomènes qui sont longtemps restés des énigmes de la biologie de l'évolution. Pour reprendre un exemple bien connu, certaines colonies de fourmis sont dites 'eusociales' c'est-à-dire que seule la reine de la colonie copule avec un ou plusieurs mâles et produit des descendants. Dans ces colonies, de nombreuses fourmis ouvrières ne participent pas à la reproduction mais contribuent à la vie de la colonie en allant chercher de la nourriture, en défendant ou en nettoyant le nid, etc. Le problème qui a tourmenté les biologistes de l'évolution depuis Darwin jusqu'à Hamilton consiste à expliquer comment l'évolution a pu favoriser l'abandon par certains individus de leur reproduction au profit d'autres individus. Cette question a été résolue par Hamilton (1964) et peut être illustrée à partir d'une histoire équivalente à celle imaginée initialement par Haldane (1955). Imaginez que vous vous trouviez sur une plage au bord de l'eau. Trois individus sont en train de se noyer devant vous. Si vous vous jetez à l'eau vous pouvez sauver les trois individus mais en les sauvant vous vous condamnez à la noyade. Le dilemme est le suivant, sous quelles conditions est-ce que le comportement altruiste, celui qui consiste à se noyer pour sauver les trois autres

individus, peut évoluer par sélection naturelle ? Si l'on aborde ce problème du point de vue de l'individu, quelles que soient les personnes en train de se noyer, il n'y a aucun intérêt à se noyer soi-même pour sauver les autres. Du point de vue des gènes par contre, si ces personnes sont par exemple vos frères et sœurs, la probabilité qu'un de vos gènes soit aussi présent chez chacun de vos frères et sœurs est de 0.5. Au total, pour chacun de vos gènes, ce sont en moyenne 1.5 copies d'eux-mêmes qui sont entraînés de se noyer. Un gène qui ferait en sorte que les individus se jettent à l'eau et se noient pour sauver trois frères ou sœurs se reproduirait donc plus vite qu'un gène qui laisserait se noyer les trois apparentés.

On voit tout de suite que l'évolution du comportement altruiste dépend étroitement de la relation de parenté qui lie les individus entre eux et c'est Hamilton qui a formulé de manière très générale une condition nécessaire à l'évolution de l'altruisme de parentèle (Hamilton, 1963, 1964) :

$$Br > C$$

où r est le degré d'apparentement entre les individus, B est le bénéfice et C le coût, calculé en terme de fitness. Cette formule énonce simplement le fait que si le bénéfice d'un acte altruiste multiplié par le degré de parenté des individus est supérieur au coût alors ce comportement peut évoluer par sélection naturelle. Dans le cas des insectes hyménoptères (abeilles, guêpes et fourmis notamment), un système de reproduction particulier confère généralement aux ouvrières et à la reine un degré de parenté de 0,75. Ce degré d'apparentement très élevé permet de mieux comprendre pourquoi de nombreuses espèces d'insectes hyménoptères sont eusociales. Plus généralement, l'analyse d'Hamilton montre qu'il ne faut pas se limiter aux effets d'un gène sur sa propre reproduction pour comprendre comment ce gène évolue, mais qu'il faut prendre en compte ses effets sur l'ensemble des gènes de même type, ce que Hamilton appelle la fitness inclusive.

Prendre le point de vue des gènes permet d'expliquer des situations qui paraissent paradoxales du point de vue des individus ou des groupes et cette perspective a permis de résoudre de nombreux problèmes liés à l'évolution des comportements altruistes notamment. Toutefois cette perspective n'est valable que parce que les gènes sont l'unité fondamentale de l'évolution et ce en vertu de leur stabilité. Dawkins

considère, à raison, que c'est grâce au mécanisme de réplication que les gènes peuvent être aussi stables.

La stabilité des gènes, nous dit Dawkins, ne provient pas de leur configuration thermodynamique, comme c'est le cas pour tous les autres assemblages moléculaires, mais du fait qu'ils produisent des copies d'eux-mêmes. En effet, selon Dawkins, la vie commence lorsqu'

[à] un certain moment, il se forma par accident une molécule particulièrement remarquable. Nous l'appellerons le réplicateur. Ce n'était pas forcément la plus grande ou la plus complexe des molécules des environs, mais elle avait l'extraordinaire propriété de pouvoir créer des copies d'elle-même. (Dawkins, 1976)

Si une molécule est capable de produire des copies d'elle-même et si cette molécule est suffisamment complexe, si elle résulte d'un assemblage de sous-unités par exemple, alors certaines copies peuvent être différentes et se copier à des vitesses différentes. Les copies qui se multiplient les plus vite entreront en compétition avec celles qui se copient plus lentement et ces dernières seront progressivement éliminées. Le processus de sélection naturelle commencera. Ce qui est nécessaire pour que l'évolution par sélection naturelle existe, c'est la présence d'une nouvelle forme de stabilité, liée au processus de réplication.

La théorie des réplicateurs repose donc en définitive sur deux propositions : 1) l'unité fondamentale de l'évolution est le gène, car seul les gènes sont suffisamment stables et 2) c'est le cas car les gènes sont des réplicateurs. Les réplicateurs pour évoluer doivent bien évidemment remplir les conditions nécessaires au processus de sélection naturelle, c'est-à-dire qu'ils doivent exhiber les trois propriétés fondamentales qui sont : variation, hérédité et différences de fitness. Toutefois, selon la théorie des réplicateurs, ces propriétés sont des conséquences plus ou moins directes du processus de réplication. Donc au contraire du modèle sélectionniste, qui ne précise pas par quels mécanismes l'information génétique se propage, le modèle des réplicateurs suppose qu'il s'agit toujours d'un processus de réplication.

1.2.5 CONCLUSION

La théorie darwinienne de l'évolution s'est progressivement transformée au gré des découvertes, notamment génétiques, sur les mécanismes qui sont à l'œuvre dans

l'évolution. Trois grands cadres conceptuels que l'on peut tous qualifier de darwiniens ont pu être identifiés à partir de l'étude des transformations qu'a subi la théorie de l'évolution. Le premier cadre conceptuel, celui de la pensée populationnelle, est lié à l'abandon du modèle essentialiste dans la pensée évolutionnaire et à la reconnaissance du rôle des populations dans l'évolution. Le second cadre conceptuel, celui du sélectionnisme, est lié à la synthèse évolutionnaire qui a consisté en l'intégration des génétiques mendélienne et weismannienne à la théorie de l'évolution. Enfin, le troisième cadre conceptuel, celui des répliqueurs, est lié à l'unification, dans un même cadre explicatif, des découvertes antérieures aux années 1980. Ces trois cadres conceptuels représentent différentes visions du darwinisme qui ne s'excluent pas mutuellement mais qui sont incluses les unes dans les autres. Le cadre des répliqueurs est inclus dans le cadre sélectionniste qui lui-même est inclus dans le cadre populationnel (voir Figure 2).

Darwinisme

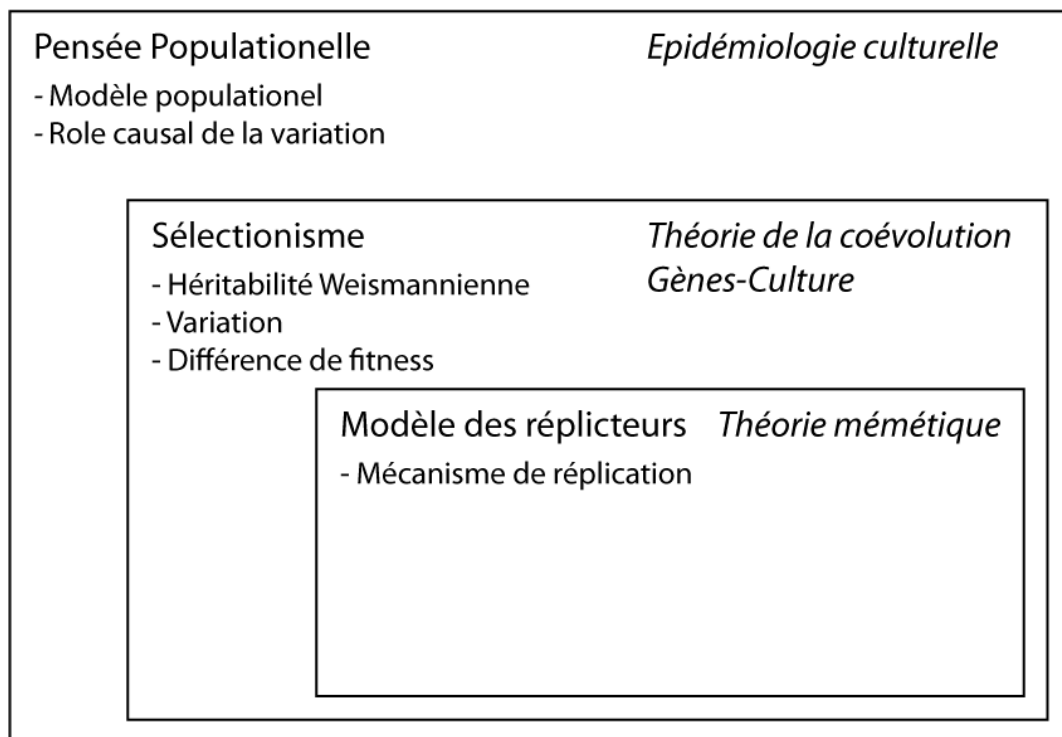


Figure 2 : Les différents cadres conceptuels du darwinisme et leurs équivalents culturels.

Nous considérerons que le schéma qui est présenté ici des théories darwiniennes de l'évolution peut être utilisé pour évaluer les modèles d'évolution culturelle. Pour anticiper sur ce qui va suivre, nous allons montrer qu'à chacun des cadres conceptuels

que nous avons décrits correspond un modèle donné de l'évolution culturelle. Le cadre des réplicateurs est représenté dans le domaine culturel par la mémétique, le cadre sélectionniste par la théorie de la coévolution gène-culture et le cadre populationnel par l'épidémiologie culturelle. Il peut être utile de donner dès à présent des exemples de phénomènes culturels et non culturels qui correspondent à chacun de ces cadres conceptuels pour mettre en valeur ce qui les différencie.

Le cadre des réplicateurs suppose l'existence d'entités qui se répliquent. L'exemple paradigmatique des réplicateurs en biologie est bien sûr le gène. En marge du domaine culturel, les virus informatiques sont de bons exemples de réplicateurs. En effet, ces virus se répliquent car ils contiennent un ensemble d'instructions permettant la duplication et la transmission de leur code d'un ordinateur à un autre. Ils peuvent varier car ils peuvent être récupérés et modifiés par des hackers, intégrer de nouvelles parties de code, s'insérer au mauvais endroit, être modifiés par d'autres programmes, etc. Enfin, certains virus informatiques, en particulier ceux qui visent à prendre le contrôle des ordinateurs, sont en compétition entre eux. Un rapide coup d'œil aux phénomènes plus typiquement culturels suggère que le cadre des réplicateurs pourrait aussi s'appliquer aux rumeurs, à l'étude de l'évolution des mots ou à celle de la mode par exemple : le modèle des réplicateurs semble s'adapter facilement aux phénomènes culturels ayant un caractère contagieux.

Qu'en est-il du cadre sélectionniste ? Pouvons nous trouver des exemples de phénomènes clairement sélectionnistes qui ne sont pas répliatifs ? Comme nous l'avons souligné précédemment, il s'agit de trouver des éléments culturels dont les propriétés sont héréditaires, sans pour autant être répliquées. Prenons par exemple un site internet comme Youtube (<http://fr.youtube.com>) dans lequel des vidéos peuvent être regardées par tout le monde. Une vidéo Youtube peut être caractérisée d'une part par le nombre de fois qu'elle a été vue par un internaute, et d'autre part par le temps qu'elle a passé sur le site (temps de mise en ligne). Supposons par exemple que les usagers préfèrent voir, parmi les 100 vidéos les plus vues, celles qui sont les plus récentes. Une vidéo récente, qui vient à peine de rentrer dans la liste va être positivement sélectionnée, les utilisateurs vont la regarder plus souvent que les autres vidéos. Plus les utilisateurs la regarderont, plus son rang augmentera dans la liste, mais plus son temps de mise en ligne augmentera et moins elle sera regardée. On observe ainsi un phénomène de

roulement car les utilisateurs choisissent de voir les vidéos les plus récentes ; ils les sélectionnent sur la base de leur nouveauté¹².

Dans cet exemple il n'y a pas de phénomène de réplication. Les vidéos ne se répliquent pas sur le site Youtube quand une personne les visionne : même si un internaute télécharge la vidéo sur son ordinateur, il n'y a toujours qu'une seule vidéo qui est présente sur le site Youtube. Le nombre de fois que les vidéos ont été vues et le temps qu'elles ont passées sur internet ne se répliquent pas non plus. Par ailleurs, les principes fondamentaux du darwinisme sont respectés : il y a bien variation, du temps que les vidéos ont passées sur internet et du nombre d'utilisateurs qui les ont vues, hérédité, du temps et du nombre en question, et différences de fitness, car elles sont toutes susceptibles de passer plus ou moins de temps dans la liste des 100 vidéos les plus vues. Ce dernier point pourrait être discuté bien sûr, on pourrait faire remarquer qu'il ne s'agit pas vraiment de fitness puisqu'il n'y a pas vraiment de descendance d'une vidéo. Nous aurons l'occasion de discuter des objections que soulève cette analyse dans le prochain chapitre, où elles seront étudiées en détail. Pour l'instant nous remarquerons juste qu'à première vue il s'agit d'un processus sélectif sans réplicateur.

A quoi correspondrait un phénomène populationnel qui ne soit pas sélectif ? Le bourg de San Gimignano va nous en donner un aperçu¹³. San Gimignano est un petit bourg médiéval de Toscane (Italie) de moins de 10 000 habitants qui contient un nombre incroyable de maisons-tour (voir Figure 3).

12 La dynamique du nombre d'utilisateur ayant regardé une vidéo sur Youtube a notamment été étudiée par (Crane & Sornette, 2008).

13 Quelques informations historiques peuvent être trouvées dans les documents suivants : (Felloni, 1963; Lasansky, 2004; Osheim, 2000)



Figure 3 : Photo de San Gimignano avec ses tours (ca 1900, extrait de Lasansky, 2004).

Ces maisons ont toutes été construites entre le 11^{ème} et le 14^{ème} siècle et des 72 qui existaient au 13^{ème} siècle, il n'en reste aujourd'hui plus que 14. L'origine de la construction des tours est liée à des conflits internes à la ville qui amenèrent la population à se diviser en deux parties. Chacune des parties construisit une tour pour observer ce que les ennemis de l'autre moitié du village complotaient. Rapidement la hauteur des tours devint un symbole de puissance et de richesse et les différentes familles du village se mirent toutes à construire des tours de plus en plus imposantes et de plus en plus hautes. Au début du 14^{ème} siècle, les autorités tentèrent de mettre fin à la construction d'édifices de plus en plus dangereux. Elles firent construire une tour de 54 mètres, interdirent la construction de tours plus hautes et firent abaisser les tours déjà existantes qui étaient plus hautes que cette limite. Cela n'empêcha pas les tours de continuer à représenter un symbole de richesse, les différentes familles se mettant alors à construire deux tours au lieu d'une seule ! C'est finalement lorsqu'une épidémie de peste noire ravagea le village au milieu du 14^{ème} siècle que la compétition prit fin (UNESCO, 2009).

Comment peut-on expliquer l'évolution de la hauteur des tours du village ? On peut d'abord remarquer que la hauteur des tours est variable et que la construction d'une

tour est au moins en partie influencée par la présence d'autres tours dans le voisinage, donc qu'il y a une certaine forme d'héritabilité de la hauteur des tours. Par contre les tours ne se reproduisent pas, une tour n'engendre pas une autre tour, et elles ne sont pas non plus sélectionnées sur la base de leur hauteur, les tours les plus basses ne sont pas détruites par exemple. Il n'y a donc pas de processus de sélection qui puisse rendre compte de l'évolution de la hauteur des tours dans le village. En réalité, la construction d'une tour dépend de nombreux facteurs comme le revenu des familles, les matériaux disponibles, les techniques employées... La présence d'autres tours à proximité n'est donc qu'un facteur parmi d'autres qui explique comment les tours sont construites et comment leur hauteur évolue. Un modèle qui ne se focaliserait que sur un seul de ces paramètres et qui considérerait tous les autres comme auxiliaires manquerait une part importante de l'explication évolutionnaire. Pour expliquer l'évolution de la hauteur des tours il faut tenir compte de l'évolution des techniques de construction, de celle des échanges commerciaux du village, de celle des lois et du nombre d'habitants, etc. Nous verrons que cet ensemble peut être interprété et décrit en termes populationnels, en considérant l'évolution de populations d'artefacts, d'idées et de comportements.

Peut-on encore remonter d'un niveau ? Existe-t-il des exemples de phénomènes culturels qui ne soient pas interprétables en termes populationnels ? Godfrey Smith (2007) par exemple soutient que certains phénomènes culturels ne sont pas de nature populationnelle. Selon lui, certains éléments culturels n'évoluent pas. La Tour Eiffel par exemple n'évolue pas. Toutefois, comme nous aurons l'occasion de le développer dans la dernière partie, expliquer l'origine de ces éléments nécessite de les inclure dans un contexte plus large qui, lui, requiert une approche de type populationnelle. La tour Eiffel existe car elle est enchâssée au sein d'un vaste réseau de représentations mentales (comme le fait qu'il s'agit d'une des 7 merveilles du monde), de comportements (comme le fait de monter ses marches) et d'objets (comme des minis tour Eiffel vendues en souvenir) qui font qu'elle est entretenue et visitée. La construction de cet édifice pour l'exposition universelle de 1889, son maintien à la fin de l'exposition, son entretien et les diverses réparations qu'elle a subies sont le résultat de processus populationnels en tout point comparables à ceux d'autres objets culturels. De ce point de vue, le cas de la tour Eiffel n'est pas différent de celui des tours de San Gimignano.

2 LA MEMETIQUE

L'évolution culturelle est-elle identique à l'évolution biologique ?

La mémétique, ou science des mèmes, connaît un succès certain. Pour s'en convaincre il suffit de noter que le terme 'meme' fut utilisé pour la première fois en 1976 par Richard Dawkins, qu'en 1998 la recherche du mot 'memetic' sur internet renvoyait environs 5 000 résultats (Dawkins, 1999) et qu'aujourd'hui la même recherche renvoie environ 300 000 résultats. En ajoutant la présence d'un article sur le sujet dans l'encyclopédie Wikipédia, la définition des termes 'meme' et 'memetic' dans l'Oxford English Dictionary, et une dizaine de livres consacrés exclusivement à ce sujet il ne fait aucun doute que la théorie mémétique est de loin la plus populaire des théories de l'évolution culturelle dont nous allons parler. Parmi les scientifiques elle suscite néanmoins des réactions extrêmement contrastées qui sont au moins en partie liées à l'absence de définition claire de ce qu'est la mémétique.

Si l'on prend, par exemple, la définition d'un mème de l'Oxford English Dictionary :

Un mème est un élément du comportement ou de la culture transmis par imitation ou par d'autres moyens non génétiques. (Dictionary, 2009)

ou la définition que l'on trouve sur wikipédia :

A meme is any thought or behavior that can be passed from one person to another by learning or imitation. Examples include thoughts, ideas, theories, gestures, practices, fashions, habits, songs and dances. (Wikipedia, 2009)

on remarque que tous les comportements qui peuvent être transmis entre les individus sont des mèmes. Par exemple, Blackmore considère que le fait de porter des boucles d'oreilles est un mème. Puisque les personnes qui en portent ne l'ont pas inventé elles-mêmes, elles ont donc forcément imité ce comportement (Blackmore, 2008). Cette définition minimale des mèmes, en tant qu'unités élémentaires de la culture transmises socialement, est plus large que la définition de la culture *tout court* que nous avons donnée en introduction. Le raisonnement est donc circulaire : comment un mème, si c'est un élément culturel, peut-il ne pas être transmis entre les individus ? Et si les mèmes sont la culture, quel est l'intérêt de les appeler mèmes et pas simplement culture ?

Au-delà de cette définition, certains considèrent que la mémétique est une théorie qui se propose d'utiliser les principes de l'évolution darwinienne pour l'étude des phénomènes culturels (e.g. Shennan, 2002). Loin d'être uniques dans l'histoire de la biologie ou des sciences humaines et sociales, les analogies entre évolution biologique et évolution culturelle ont toujours été une source d'inspiration utilisée aussi bien par les biologistes que par les chercheurs en sciences sociales (Guillo, 2003). Il est reconnu par exemple que Darwin s'est inspiré des travaux de Malthus sur la démographie des populations humaines pour élaborer le principe de sélection naturelle (voir la partie 1.2.3, pp 41). De même, la théorie des jeux, introduite par Maynard Smith en biologie pour étudier les comportements sociaux, provient directement des sciences économiques (Maynard Smith, 1982). Les échanges ne sont évidemment pas unilatéraux. Les théories anthropologiques par exemple ont été largement influencées par les travaux de Darwin¹⁴. Les analogies entre sciences de la nature et sciences humaines et sociales sont donc nombreuses et se révèlent parfois fructueuses.

Beaucoup de personnes sont fascinées par la perspective de trouver dans le domaine culturel des phénomènes analogues à ce qu'ils observent en biologie. Prenez la notion d'autostop en génétique par exemple. Un gène neutre, ou même légèrement délétère, se trouve à proximité d'un gène bénéfique, dont la fréquence augmente par sélection naturelle. La fréquence du gène neutre va augmenter, non en vertu de ses qualités, mais de sa position à proximité d'un gène sélectionné. Peut-on trouver un phénomène analogue dans le domaine culturel ? On pourrait faire remarquer que le biais de prestige est un tel équivalent. Brièvement, car nous aurons l'occasion de revenir sur

¹⁴ Pour ne donner qu'un exemple, Lewis a montré l'importance du darwinisme dans les travaux de Franz Boas (Lewis, 2001a, 2001b).

ce sujet dans la partie 3.2.5 (pp 199), le biais de prestige correspond au fait qu'un élément culturel se propage, non en vertu de ses qualités intrinsèques, mais en vertu du prestige d'une personne. Tel est le cas par exemple quand un footballeur connu fait de la publicité pour de l'eau minérale. En vertu de son succès avec un certain comportement culturel, le football, Zidane propage un autre item culturel sans lien causal apparent, une bouteille de Volvic. Certains voient dans ce type d'analogie une preuve que l'évolution culturelle et l'évolution biologique relèvent des mêmes procédés fondamentaux et peuvent être étudiés de la même manière. Mesoudi, Whiten et Laland dressent ainsi la liste des points communs entre les domaines de recherche en biologie et ceux en sciences sociales afin de convaincre leurs lecteurs que l'évolution culturelle est bien darwinienne (Mesoudi, Whiten, & Laland, 2006). Avant eux Gerard et al. ont aussi dressé la liste des points communs entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle dans le même but (Gerard, Kluckhohn, & Rapoport, 1956) et une étude plus poussée montrerait certainement qu'il ne s'agit pas des premiers à l'avoir fait. En effet, comme le note Kuper:

...in practice, from time to time, writers simply transfer a check-list of attributes of the gene to the meme. Whatever qualities the gene may have must be mirrored in the meme. The meme is consequently in some danger of becoming a gene in drag. It would then seem to follow that the evolutionary process must work in the same way for memes and for genes. And the obvious conclusion is then drawn, that a science of culture should be modelled on neo-Darwinian biology. [...] To base methodological conclusions on these loose analogies is reminiscent of what James George Frazer, in *The Golden Bough*, called sympathetic magic. It is like sending black smoke into the sky in order to make rain (if I may be permitted an analogy). (Kuper, 2000)

La critique de Kuper est certainement liée au fait que ce genre d'analogies à déjà été largement utilisé en sciences sociales dans le cadre de ce que l'on peut appeler la métaphore de l'organisme en sciences sociales. La métaphore de l'organisme correspond aux tentatives de description des phénomènes socio-culturels sous forme d'organismes. Une telle métaphore est employée lorsque l'on parle des 'organes de la société' par exemple. Dominique Guillo, en faisant une histoire des théories des sciences sociales d'inspiration biologique, montre comment la métaphore de l'organisme a profondément et durablement influencé les sciences humaines (Guillo, 2003). Selon Guillo, les sciences humaines se sont en partie initialement construites sur l'idée qu'il existait une analogie profonde entre les sciences de la nature, et

principalement l'anatomie comparée, et les sciences sociales. La conclusion de Malinowski sur les résultats d'une telle approche est sans appel :

Si j'ai insisté aussi lourdement sur la définition minimale de la science, c'est aussi parce que, dans un champ de recherche nouveau comme celui de la culture, il est infiniment dangereux d'emprunter ses méthodes aux disciplines mieux assises, et de plus longue date. Utiliser comparaisons organiques et métaphores mécaniques, croire que la numération et la mesure suffisent à départager la science et le laïus - ces ficelles, tout comme l'emprunt et la référence aux autres disciplines, ont fait plus de tort que de bien à la sociologie. (Malinowski, 1944)

Autrement dit, l'analogie énumérative (qui consiste à énumérer les ressemblances entre domaines de recherche) est non scientifique et contre-productive. Définir la mémétique comme l'utilisation dans le domaine culturel des principes de l'évolution darwinienne n'est donc pas vraiment satisfaisant.

De plus, l'utilisation des principes darwiniens dans les sciences humaines est ancienne et sans autre précision qu'une vague ressemblance entre évolution biologique et évolution culturelle, la théorie mémétique s'expose aux critiques qui ont déjà été adressées aux théories anthropologiques antérieures (Bloch, 2000; Kuper, 2000).

Pourtant, tout ceci ne doit pas nous empêcher de voir dans la mémétique une théorie originale. La formulation de la théorie mémétique telle que proposée par Dawkins repose sur une idée extrêmement précise de l'évolution, celle de réplicateur (voir le premier chapitre, pp 49). A partir de cette hypothèse nous pouvons concevoir une autre forme d'analogie, que je qualifierais d'analytique, et qui consiste à construire progressivement une correspondance entre les concepts de domaines différents. Au contraire de l'analogie énumérative, l'analogie analytique permet de développer une nouvelle théorie indépendante et autonome. Si la confrontation de l'hypothèse selon laquelle il existe des répliqueurs culturels est valide, alors la théorie mémétique est valide, indépendamment de l'existence de répliqueurs en biologie. L'analogie analytique permet de mettre en évidence des concepts, des mécanismes et des relations dans un domaine donné à partir de leur existence dans un autre domaine. Une fois mise en évidence, la nouvelle théorie devient intéressante par elle-même et non pas en vertu de sa relation avec le domaine d'origine. Tant que la mémétique s'en tient à une application de la théorie des répliqueurs au domaine culturel, elle constitue bien une théorie originale qui, à mon avis, mérite d'être étudiée en détail sur le modèle analytique. Cependant, toute tentative de réduction de cette proposition à une simple

analogie énumérative entre évolution biologique et évolution culturelle réduit considérablement la portée et la puissance de cette théorie :

If one takes the notion of a meme in the strong sense intended by Richard Dawkins (1976, 1982), this is indeed an interesting and challenging claim. On the other hand, if one were to define 'meme', as does the Oxford English Dictionary, as 'an element of culture that may be considered to be passed on by non-genetic means', then the claim that culture is made of memes would be a mere rewording of a most common idea: anthropologists have always considered culture as that which is transmitted in a human group by non-genetic means. (Sperber, 2000)

Dans une première partie de ce chapitre nous verrons comment la théorie mémétique peut être comprise dans un sens strict, c'est-à-dire comme hypothèse concernant l'existence de répliqueurs culturels, et comment elle s'affranchit ainsi des principales critiques qui lui ont été adressées. Nous verrons ensuite que la théorie des répliqueurs repose sur deux propriétés fondamentales que sont la fidélité et l'indépendance par rapport au contenu du mécanisme de réplication. Nous verrons aussi que la fidélité de la réplication est une adaptation, autrement dit, le taux de mutation des organismes est sous contrôle de la sélection naturelle. Dans une troisième partie, l'étude des exemples du chant des oiseaux et de la linguistique nous amènera à conclure que la sélection des mécanismes psychologiques pour une plus grande fidélité est une condition nécessaire pour l'application de la théorie mémétique. Dans une dernière partie nous montrerons que l'imitation, meilleur candidat potentiel pour une application de la mémétique aux cas culturels en général, n'est pas suffisamment fidèle pour stabiliser les phénomènes culturels. Nous en concluons que contrairement au cas biologique, la stabilité des phénomènes culturels est le résultat d'un ensemble variable de facteurs et pas de la fidélité de la réplication. Il n'est pas exclu que la théorie mémétique puisse s'appliquer à un certain nombre de cas particuliers mais toute tentative de construire une théorie générale des phénomènes culturels sous l'angle mémétique paraît vouée à l'échec.

2.1 COMMENT FAIRE DU DARWINISME UN MODELE UNIVERSEL DE L'EVOLUTION

Pour Dawkins comme pour de nombreux évolutionnistes, l'évolution par sélection darwinienne est plus qu'un ensemble de mécanismes rattachés à un substrat particulier, il s'agit d'une 'loi' de l'évolution équivalente aux lois physiques ou mathématiques :

Qu'y a-t-il à présent de si spécial à propos des gènes? La réponse réside dans le fait que ce sont des réplicateurs. Les lois de la physique sont supposées vraies pour tout l'univers accessible. Certains principes de biologie peuvent-ils avoir une valeur universelle ? [...] s'il fallait parier je miserais sur un seul principe fondamental : la loi selon laquelle toute vie évolue par la survie différentielle d'entités qui se répliquent. (Dawkins, 1976)

Dennett, fervent défenseur de la théorie des réplicateurs, parle quant à lui de l'algorithme darwinien :

The idea that evolution is an algorithmic process is the idea that it must have a useful description in substrate-neutral terms. (Dennett, 1995)

Pour Dennett, trois propriétés des algorithmes sont essentielles pour comprendre comment fonctionne l'évolution par sélection darwinienne :

1. Un algorithme est une procédure et en tant que tel, n'est rattaché à aucun substrat particulier. Par exemple, un algorithme mathématique pour calculer les décimales de π peut être réalisé de tête, avec du papier et un crayon, par un ordinateur, etc. De la même manière, le processus de sélection naturelle peut être mis en œuvre dans la nature (d'où le nom de sélection naturelle), artificiellement (sélection artificielle des espèces domestiques), au sein d'un ordinateur, etc.
2. Les algorithmes donnent des résultats complexes à partir d'une succession d'opérations extrêmement simples. En suivant la recette d'un livre de cuisine par exemple, vous réalisez une suite d'opérations simples qui vous amènent à produire un plat subtil. Dans le domaine biologique, les adaptations sont le résultat complexe d'une succession d'étapes : naissance, compétition, reproduction, mort... qui sont elles-mêmes relativement simples.

3. Un algorithme produit inévitablement un résultat. Dans un tournoi, il y a toujours un seul vainqueur, puisqu'à chaque étape les perdants sont éliminés. En biologie, l'évolution par sélection naturelle est inévitable.

Décrire la sélection darwinienne comme un algorithme permet d'envisager l'évolution comme un processus inévitable dès lors que certaines conditions formelles sont remplies.

La théorie des réplicateurs proposée par Dawkins n'est donc pas censée se limiter en principe au domaine génétique. Le gène est, selon Dawkins, un exemple de réplicateur et l'évolution génétique n'est qu'un exemple d'évolution darwinienne.

L'argument que j'avancerai, aussi surprenant qu'il puisse sembler de la part de l'auteur des premiers chapitres, est que, pour comprendre l'évolution de l'homme moderne, il nous faut commencer par rejeter le gène comme seul fondement de nos idées sur l'évolution. Je suis un darwinien enthousiaste, mais je pense que le darwinisme est une théorie trop vaste pour être réduite au contexte étroit du gène. Le gène ne constituera qu'une analogie dans mon exposé, et rien de plus. (Dawkins, 1976)

Pour illustrer ce fait, Dawkins nous offre plusieurs exemples de réplicateurs originaux. Ainsi, les virus informatiques contiennent des instructions permettant leur multiplication et leur diffusion à travers les systèmes informatiques. Ils constituent donc des réplicateurs non biologiques, qui sont apparus avec l'augmentation du nombre des ordinateurs et la mise en réseau de ceux-ci (Aunger, 2002; Dawkins, 1976; Dennett, 1995). Mais Dawkins va plus loin :

En tant que darwinien enthousiaste, je n'ai pas été satisfait des explications que mes collègues ont données au sujet du comportement humain. Ils ont essayé de chercher des avantages biologiques dans les différents attributs de la civilisation humaine. (Dawkins, 1976)

Pour Dawkins, et contrairement aux sociobiologistes, la culture possède une dynamique propre, elle évolue indépendamment des gènes et des individus qui la rendent possible.

Time and again, my sociobiological colleagues have upbraided me as a turncoat, because I will not agree with them that the landmark criterion for the success of a meme must be its contribution to Darwinian 'fitness'. (Dawkins, 1982/1999)

Si la théorie de l'évolution est universelle et que l'évolution culturelle est indépendante de l'évolution biologique, cela suggère qu'il pourrait exister des réplicateurs culturels. Ces réplicateurs, Dawkins les appellent des « mèmes » et ils pourraient constituer, selon lui, les briques de base de la culture humaine. Les mèmes

utiliseraient notre cerveau pour se répliquer au même titre que les virus informatiques utilisent les ordinateurs pour se multiplier.

A chaque fois que les conditions seront rassemblées pour qu'un nouveau répliqueur puisse faire des copies de lui-même, ces nouveaux répliqueurs prendront le relais et commenceront à leur tour une nouvelle évolution. Une fois que cette évolution aura commencé, elle ne sera en aucune façon l'esclave de la première. L'ancienne évolution due à la sélection par les gènes, et grâce à la fabrication de cerveaux, fournit une « soupe » dans laquelle les premiers mèmes ont fait leur apparition. Une fois répliqués, les mèmes se sont répandus, et leur propre type d'évolution, plus rapide, a pris son essor. (Dawkins, 1976)

Dawkins considère initialement que les mèmes sont des entités physiques, des patterns d'activité cérébrale qui peuvent se transmettre de cerveaux en cerveaux par le biais de la communication ou de l'imitation. Pour Dawkins un livre par exemple est le phénotype de mèmes qui se trouvent dans la tête de l'écrivain. Les gens qui lisent le livre en viennent à acquérir les même mèmes que l'écrivain sauf si une mutation, via une erreur d'écriture ou une erreur d'interprétation, a lieu. Différents mèmes chez différents écrivains vont se transmettre à travers des livres qui auront plus ou moins de succès. Les mèmes seront donc en compétition pour être lus et mémorisés par le plus grand nombre d'individus possible. Les mèmes les plus plaisants ou les plus choquants par exemple, se répliqueront plus vite que leurs concurrents et les élimineront. Dawkins considère aussi que les effets phénotypiques des mèmes sont identiques à ceux des gènes, c'est-à-dire que les mèmes influencent leur propre survie et reproduction à travers les effets qu'ils ont sur les organismes qui les portent.

But what about the second kind of effect of DNA, the kind conventionally called 'phenotypic'? How do a meme's phenotypic effects contribute to its success or failure in being replicated? The answer is the same as for the genetic replicator. Any effect that a meme has on the behaviour of a body bearing it may influence that meme's chance of surviving. (Dawkins, 1982/1999)

Dawkins suggère, plus qu'il n'élabore, une théorie darwinienne de l'évolution culturelle fondée sur le modèle des répliqueurs. L'idée a été reprise et a soulevé de nombreuses questions.

2.1.1 QU'EST-CE QU'UN MEME ?

La question a suscité de nombreux débats (Aunger, 2000, 2002; Blackmore, 1999; Dawkins, 1982/1999; Dennett, 1990, 1995; Hull, 2000) qui ne sont pas clos. Nous ne chercherons pas à apporter une réponse définitive à la question car les différentes positions sur ce sujet sont toutes compatibles avec l'analyse de la mémétique qui est réalisée par la suite. Nous nous limiterons donc à un aperçu des différentes positions qui ont été défendues dans la littérature et dont nous pouvons extraire trois propositions principales : celle de Dawkins, celle de Dennett et celle de Hull.

Comme nous l'avons vu précédemment, Dawkins suggère que les mèmes sont des patterns d'activités cérébrales. Toutefois, si tel est le cas, est-ce que les mêmes comportements sont représentés par les mêmes activités cérébrales chez différents individus ? Ce n'est pas évident, le mot français "thé" par exemple, n'est certainement pas représenté de la même manière dans le cerveau d'un français natif ou d'une personne dont le français est la seconde langue, pourtant il s'agit bien du même mot. Lorsqu'un mème se réplique il doit donner naissance à un nouveau mème qui lui est quasiment identique. Si les mèmes sont des patterns d'activité cérébrale et que ceux-ci sont très différents d'un cerveau à l'autre, doit-on alors considérer qu'il s'agit de deux mèmes différents ? Si tel est le cas, cela pose de sérieux problèmes d'identification des mèmes. Seules des techniques d'imagerie cérébrales, bien plus puissantes que celles dont nous disposons actuellement pourraient nous permettre l'étude des mèmes. Cette idée limite sérieusement l'intérêt de la mémétique.

Pour contourner ce type de problèmes¹⁵, Dennett suggère que les mèmes ne sont pas des entités physiques mais une information qui se réplique indépendamment du support dans laquelle elle est incarnée :

... we would be even more flabbergasted were we to discover that the brain-cell complex that stored the original meme for bifocals in Benjamin Franklin's brain was the same as, or very similar to, the brain-cell complex that is called upon today to store the meme for bifocals whenever any child in Asia, Africa, or Europe first learns about them-by reading about them, seeing them on television, or noticing them on a parents nose. What this reflection makes vivid is the fact that what is preserved and transmitted in cultural

15 « The obvious problem noted by all is that it is very unlikely—but not quite impossible—that there is a uniform "brain language" in which information is stored in different human brains, and this makes brains very different from chromosomes » (Dennett, 1995)

evolution is information—in a media-neutral, language-neutral sense. Thus the meme is primarily a semantic classification, not a syntactic classification that might be directly observable in "brain language" or natural language. (Dennett, 1995)

Dennett considère donc qu'un livre contient des mèmes, indépendamment du fait qu'il soit lu ou non et que le livre est le phénotype des mèmes qu'il contient¹⁶. Pour Dennett, la photocopie d'un livre correspond à une réplique des mèmes du livre et il est donc possible que les mèmes se répliquent indépendamment du cerveau humain. Cependant, Dennett insiste sur le fait que les mèmes sont actuellement contraints de passer au moins une partie de leur existence dans un cerveau humain et que c'est durant cette phase qu'ils entrent en compétition et qu'ils sont sélectionnés :

The day may come when non human meme evaluators suffice to select and arrange for the preservation of particular memes, but for the time being, memes still depend at least indirectly on one or more of their vehicles' spending at least a brief, pupal stage in a remarkable sort of meme nest: a human mind. (Dennett, 1995)

Hull quant à lui prend une voie intermédiaire, il considère que les mèmes sont des activités cérébrales mais qu'une partie seulement des conséquences qu'ont les mèmes constituent leur phénotype (Hull, 2000). Certaines manifestations des mèmes comme les mots écrits ou articulés ne font pas partie du phénotype car ils retiennent la structure des mèmes à travers la relation mot-concept. Pour Hull, un livre de cuisine n'est donc pas le phénotype des recettes qui s'y trouvent expliquées, c'est la cuisine de ces recettes qui en constitue la véritable expression. Le livre constitue un état intermédiaire du processus de réplique des mèmes qui va d'un cerveau à un autre.

Pour ma part, il me semble que le point de vue de Dawkins est celui qui pose le moins de problèmes. Prenons le chant des oiseaux par exemple dont nous verrons plus loin qu'il constitue une bonne application de la théorie mémétique (voir la partie 2.3.1, pp 86). Certains oiseaux, comme les jeunes mâles des pinsons de Darwin *Geospiza fortis*, apprennent le plus souvent de leur père un chant unique qu'ils utiliseront ensuite toute leur vie (Grant & Grant, 1996). Cet exemple semble idéal pour la mémétique. Le père transmet à ses descendants mâles un mème, qui est le chant que lui-même utilise,

¹⁶ Dawkins adopte un point de vue similaire à celui de Dennett dans *The blind watchmaker* : « They are patterns of information that can thrive only in brains or the artificially manufactured products of brains - books, computers, and so on. But, given that brains, books and computers exist, these new replicators, which I called memes to distinguish them from genes, can propagate themselves from brain to brain, from brain to book, from book to brain, from brain to computer, from computer to computer. » (Dawkins, 1986)

via un processus d'apprentissage qui conduit à la reproduction fidèle du mème en question. Le mème du chant pourrait donc être un pattern d'activité cérébrale qui a différents effets. Une partie de ces effets affecte l'individu qui porte le mème, elle modifie par exemple son taux de reproduction à travers le choix que font les femelles de s'accoupler avec les mâles qui produisent certains chants plutôt que d'autres, alors qu'une autre partie de ces effets conduit à la transmission du mème à d'autres individus par un processus analogue à la réplication. Ici, le phénotype est constitué des effets du mème sur l'individu, le 'véhicule', qui le porte ; le génotype est constitué du mème en tant qu'activité cérébrale et le processus de réplication est constitué des effets du mème qui conduisent à sa reproduction. De la même manière, en biologie les effets des gènes sont généralement séparés entre ceux qui affectent la survie et la reproduction des individus, ils constituent le phénotype, et ceux qui conduisent à la réplication. Ce qui est troublant dans le cas mémétique c'est que le mème est transmis entre les individus dans une forme (le chant) qui est différente de celle du répliqueur (le pattern d'activité cérébrale). Cependant, il existe aussi des cas similaires en biologie, dans le cas des rétrovirus à ARN, comme le virus VIH par exemple ; l'ARN est d'abord transformé en ADN avant que de nombreuses copies d'ARN soient à nouveau produites. Dans ce cas, l'ADN constitue une étape intermédiaire dans le processus de réplication des ARN viraux. D'autre part, le fait que le même chant puisse être représenté par différents patterns d'activités cérébrales ne semble pas constituer une difficulté insurmontable. On pourrait considérer qu'à l'instar des gènes, les différents mèmes/gènes qui ont les mêmes effets constituent différentes variations neutres.

2.1.2 COMMENT LES MEMES EVOLUENT ?

L'évolution des mèmes serait, comme pour l'évolution des gènes, en grande partie liée à la sélection darwinienne. Toutefois, l'idée que l'évolution culturelle autorise une certaine forme d'évolution lamarckienne peut sembler assez évidente au premier abord¹⁷ :

17 « The equivalent of Weismannism is less rigid for memes than for genes: there may be 'Lamarckian' causal arrows leading from phenotype to replicator, as well as the other way around. » (Dawkins, 1982/1999). Voir aussi Szathmary (2002) pour un argument similaire.

“So according to this view, what reaches the new host is only phenotypic information, potentially modified during its journey from brain to brain. Each time a meme leaves one host brain, the next host brain would have to reconstruct the replicator from an observed behavior or a spoken phrase. If you call the bit in the middle—the information in the social channel—a phenotype, then the fact that it does interact with the world, and is changed by it, and then gets taken in by the next host, makes cultural evolution Lamarckian: What is inherited down the line is acquired variation. In effect, variation introduced into the transmission process through experience and interaction with the environment becomes the source for subsequent replication reactions.” (Aunger, 2002)

Cependant, comme le montre Maria Kronfeldner, lorsque l’on essaye de préciser ce que l’on entend par évolution lamarckienne on peut considérer qu’elle est constituée de trois phénomènes indépendants (Kronfeldner, 2007) :

- a. l’héritabilité des caractères acquis, qui renvoie à l’idée qu’une modification du développement liée à l’environnement puisse être transmise aux descendants,
- b. l’évolution par transformation des individus, en opposition à l’évolution par sélection darwinienne et
- c. l’existence de changements dirigés, c’est-à-dire de changements qui conduisent à une adaptation des individus aux contraintes de leur environnement.

Chacun de ces concepts a été utilisé pour qualifier ou disqualifier l’évolution culturelle de lamarckienne par différents auteurs. Par exemple, Jablonka et coll., Aunger et Hodgson et coll. utilisent les termes d’évolution lamarckienne dans le sens (a) (Aunger, 2002; Avital & Jablonka, 2000; Hodgson & Knudsen, 2006; Jablonka & Lamb, 2006), Hull dans le sens (b) (Hull, 2000) et Dawkins et Dennett utilisent le terme Lamarckien dans le sens (c) (Dawkins, 1976; Dennett, 1995). D’autre part, certains auteurs comme Gould (1979) utilisent les termes d’évolution lamarckienne dans un sens littéral : Gould considère que l’évolution culturelle est lamarckienne car elle repose sur un système d’héritabilité non génétique.

Toutes ces vues sur les modalités de l’évolution culturelle sont mutuellement exclusives et ne concernent pas seulement des difficultés définitionnelles ou terminologiques, elles mettent en évidence des problèmes inhérents aux concepts biologiques qui se trouvent amplifiés lorsque l’on essaye de les appliquer au domaine culturel. Dans une analyse détaillée de cette question, Kronfeldner montre que

l'évolution culturelle est partiellement lamarckienne uniquement si les changements acquis par une génération de mèmes sont hérités par les générations de mèmes suivantes, ce qui suppose que la distinction génotype/phénotype possède un équivalent 'mémétique' :

Thus whether culture is Lamarckian becomes a question whether acquired changes concerning the cultural items themselves are 'inherited' by the new generation of cultural items. (Kronfeldner 2007)

Il faut de plus, insiste Kronfeldner, que ces changements ne soient pas aléatoires mais 'dirigés' pour que l'évolution soit lamarckienne, c'est-à-dire guidés dans une direction donnée par le processus qui conduit au changement. Dans le cas des mèmes, un tel changement guidé, aussi appelé variation guidée (« guided variation », voir la partie 3.2.2, pp 167), est le résultat des processus cognitifs qui sont à l'œuvre dans l'acquisition, la modification et la transmission des mèmes. Dans le cadre de la résolution de problèmes par exemple, les solutions qui sont inventées pour résoudre un problème ne sont pas le simple fruit du hasard mais sont orientés par les mécanismes cognitifs qui permettent de trouver une solution. Les changements qui affectent les mèmes, même s'ils peuvent être aléatoires, ne le sont pas toujours ; on peut donc considérer qu'une part de l'évolution des mèmes est lamarckienne. Le fait que l'évolution mémétique soit partiellement lamarckienne n'est pas un argument contre une théorie darwinienne de l'évolution culturelle (voir la partie 1.2, pp 31) mais cela met en avant une différence majeure entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle.

2.1.3 LES MEMES, PARTICULES ELEMENTAIRES DE LA CULTURE ?

La théorie mémétique repose en définitive sur une idée assez intuitive : si les individus qui perçoivent un comportement le reproduisent ensuite à l'identique, alors ce comportement peut se propager, d'abord au sein des populations, ensuite entre différentes populations. Cependant, comme l'ont noté les critiques du diffusionnisme en anthropologie, une théorie de l'évolution culturelle qui ne reposerait que sur des processus de diffusion ne peut pas rendre compte de la cohérence des items culturels entre eux. Pour reprendre un exemple de Maurice Bloch :

... the fact that the habit of making noodles came to Italy from China does not explain why Italians make noodles. An explanation requires why making noodles seemed, and still seems, right to Italians given their beliefs, symbolism, economy, agriculture and perhaps family organization. This is why Italians want, and do, make noodles. What noodles mean to Italians is therefore quite different from what they mean for the Chinese. (Bloch, 2005)

Autrement dit, la critique principale adressée à la théorie diffusionniste et par extension à la théorie mémétique est que

any borrowed trait is not a foreign body with a life of its own, but only exists because it is given life by its incorporation into a new whole. (Bloch, 2005)

Cette critique revient à déplacer le poids de l'explication de l'évolution culturelle des phénomènes principalement liés à la transmission des items culturels vers l'appropriation ou l'assimilation de ces items par les individus. Bloch insiste, à juste titre je pense, sur le fait que l'on ne peut pas réduire l'évolution culturelle à la simple propagation d'items culturels entre les individus car ces items sont systématiquement modifiés et adaptés par les individus qui les utilisent. Cependant, la critique est au fond moins forte qu'il n'y paraît au premier abord, car il est clair que les items culturels ne sont pas assemblés en un tout immuable et parfaitement cohérent et que les phénomènes de diffusion font aussi partie de toute explication de l'évolution culturelle. Comme le fait remarquer Malinowski :

L'autre grand courant de l'anthropologie de naguère insistait sur la diffusion, c'est-à-dire l'adoption ou l'emprunt des procédés, des outils, des institutions, des croyances d'une culture par une autre. Le phénomène culturel de la diffusion est aussi objectif, aussi incontestable que celui de l'évolution. Il paraît clair que les deux sont inséparables. (Malinowski, 1944)

Autrement dit, le fait que l'habitude de faire des pâtes ait été importée en Italie depuis la Chine explique au moins en partie pourquoi les Italiens font des pâtes, maintenant et dans le passé, car le fait que les pâtes aient pu être transmises entre les individus est une condition nécessaire à leur incorporation dans la culture italienne. La critique de la théorie diffusionniste repose en définitive sur l'idée que les théories diffusionnistes ne peuvent pas expliquer à *elles seules* la modification et l'assimilation des items culturels lors de leur diffusion, plus que la simple négation de l'importance des processus de diffusion.

Cependant, il existe de ce point de vue une différence de taille entre la théorie mémétique et les théories diffusionnistes car ces dernières ne reconnaissent pas le phénomène de sélection darwinienne comme un processus de l'évolution culturelle. Les théories diffusionnistes se sont en effet focalisées sur les caractéristiques des *objets* culturels et ont cherché à retracer l'histoire évolutionnaire de ces objets en supposant la permanence de leurs caractéristiques à travers les échanges entre les populations. En conséquence, les théories diffusionnistes n'ont pas pour objectif de rendre compte de l'organisation des items culturels entre eux, ni même de leur adaptation à un environnement culturel nouveau, mais de reconstituer l'histoire de la diffusion de ces artefacts. Outre le fait, comme le fait remarquer Bloch, que l'étude de l'évolution culturelle ne peut pas se limiter à des phénomènes de diffusion, les méthodes employées par les diffusionnistes ont aussi été fortement critiquées :

Le principal grief qu'on adressera à la Kulturkreislehre [principale école diffusionniste], c'est de considérer, contre toute raison, la forme physique d'un objet comme le principal, voire le seul indice d'identification culturelle. Le diffusionnisme, sous l'influence de certains rats de bibliothèque comme Graebner et Ankersmann, a partie liée avec ce goût des objets disparates et indéfinissables qu'on amoncelle dans les vitrines et dans les sous-sols des vieilles bâtisses. Or le diffusionnisme s'appuyant sur l'exacte identification de réalités culturelles localisées sur une carte, les erreurs d'identification provoquées par les fameux critères de forme et de quantité ont passablement compromis la carrière d'une tendance d'ailleurs acceptable. (Malinowski, 1944)

La mémétique, au contraire des théories diffusionnistes, propose une explication alternative intéressante à la modification et à l'adaptation d'un élément culturel au contexte dans lequel il diffuse. Pourquoi est-ce que les pâtes Chinoises se sont adaptées à la culture Italienne quand elles ont diffusé en Italie ? Sur la base d'une analogie avec les processus en biologie, on pourrait, pour simplifier, considérer deux sortes de pâtes : les pâtes Chinoises et les pâtes Italiennes. Les pâtes Chinoises, apparues en premier, diffusent à travers l'Asie et jusqu'à l'Italie par un processus de copie. Une fois en Italie, la fabrication et la consommation des pâtes Chinoises commence à se répandre jusqu'à ce qu'une nouvelle méthode et de nouvelles pâtes soient inventées, les pâtes Italiennes. Ces pâtes Italiennes, pour des raisons liées au contexte dans lequel les pâtes se répandent, comme l'économie, l'agriculture ou encore la structure de la famille, se propagent plus vite que les pâtes Chinoises. Tant et si bien qu'à terme les pâtes Chinoises disparaissent et la fabrication et la consommation de pâtes Italiennes se répand dans toute l'Italie. Cette explication, qui peut paraître simpliste au premier abord,

propose néanmoins une explication qui dépasse largement le cadre des explications diffusionnistes, car le plus grand taux de reproduction des pâtes Italienne peut s'interpréter comme le fait qu'elles étaient mieux adaptées à l'environnement culturel Italien. Après tout, en biologie, la théorie des répicateurs postule l'existence de gènes, particules élémentaires qui diffusent au sein des populations, des espèces et même entre les espèces, et qui sont sélectionnés en fonction du contexte dans lequel ils se trouvent et notamment en fonction des autres gènes avec lesquels ils sont associés.

Cela nous amène à une seconde critique qui a été formulée par les anthropologues à l'encontre de la théorie mémétique et qui tire elle aussi son origine de la critique des théories diffusionnistes. Le caractère particulaire semble souvent être un élément essentiel des théories diffusionnistes et mémétiques et il leur a souvent été objecté que la culture ne constitue pas un assemblage d'éléments identifiables. Par exemple Kuper affirme que :

Even if memes are just ideas, and we specify the ideas rather more precisely than Dawkins has done in these instances, they should not then be treated as isolates. Unlike genes, cultural traits are not particulate. (Kuper, 2000)

Cette affirmation repose sur le raisonnement suivant, clairement formulée par Bloch :

Memetics implies that human culture is made of discrete bits. This is suggested by the analogy with genes. [...] The question is: is this a reasonable way to represent the knowledge of people - in other words their culture? Is it made up of distinguishable bits? As I look at the work of meme enthusiasts, I find a ragbag of proposals for candidate memes, or what one would otherwise call units of human knowledge. At first, some seem convincing as discrete units: catchy tunes, folk tales, the taboo on shaving among Sikhs, Pythagoras' theorem, etc. However, on closer observation, even these more obvious 'units' lose their boundaries. Is it the whole tune or only a part of it which is the meme? The Sikh taboo is meaningless unless it is seen as part of Sikh religion and identity. Pythagoras' theorem is a part of geometry and could be divided into smaller units such as the concept of triangle, angle, equivalence, etc. [...] In reality, culture simply does not normally divide up into naturally discernible bits. (Bloch, 2005)

Bien que convaincant au premier abord, ce raisonnement est erroné. Ce n'est pas parce qu'il est difficile d'identifier des unités culturelles à un instant donné qu'elles n'existent pas d'un point de vue évolutionnaire. Pour s'en convaincre il suffit de remarquer que cet argument s'applique aussi bien au domaine culturel que génétique : les gènes ne sont pas facilement identifiables et leurs effets dépendent toujours de la présence d'autres gènes dans leur environnement. Or, comme nous l'avons vu précédemment, l'idée qu'il

existe des particules élémentaires en évolution vient d'une analyse de la stabilité temporelle et de l'histoire évolutionnaire des organismes et de leurs parties. Il n'est pas évident, quand on regarde son bras d'identifier des éléments indépendants les uns des autres. Est-ce que la main constitue une entité indépendante ? Est-ce que les doigts le sont ? Ou est-ce que les phalanges le sont ? Pourtant, bien que le bras, ou le corps, constitue un ensemble cohérent, l'évolution de chacune de ses sous-parties peut être partiellement indépendante. Comme nous le montre l'histoire des membres de mammifères, la main peut évoluer indépendamment du reste du bras et les doigts et les phalanges peuvent évoluer indépendamment du reste du corps. Ce n'est qu'en considérant l'histoire évolutionnaire des entités que l'on étudie que l'on peut déterminer si celles-ci constituent une unité évolutionnaire. Pour prendre un exemple culturel, si les pâtes ont diffusé de la Chine à l'Italie où elles se sont adaptées à la culture Italienne, cela montre bien que les pâtes peuvent évoluer indépendamment du reste des cultures chinoise et italienne. Elles constituent donc bien une unité évolutionnaire. D'autre part, si la présence d'unités évolutionnaires permet une approche particulariste de l'évolution culturelle, elle n'implique pas que ces particules soient facilement identifiables et indépendantes les unes des autres à un instant donné dans une culture donnée. L'existence des mêmes n'est donc pas remise en cause par l'absence de particules culturelles à un moment donné. Pour reprendre la citation ci-dessus : la mémétique implique que *l'évolution culturelle* est faite de particules indépendantes et la question est : est-ce une bonne manière de représenter *l'évolution des connaissances* ? Comme nous allons le voir, c'est certainement le cas.

2.1.4 CONCLUSION

La mémétique, en combinant la réplication comme mécanisme de diffusion et la sélection darwinienne comme mécanisme d'évolution, s'abstrait en grande partie des critiques qui ont été faites aux théories anthropologiques et notamment diffusionnistes. En conséquence, il me semble que la mémétique constitue une théorie originale et que ses limites sont à rechercher au sein de cette originalité et non pas dans les critiques des théories déjà formulées.

L'une des particularités de la mémétique est son postulat de l'existence d'un mécanisme de réplication dans le domaine culturel et nous allons voir qu'il constitue le point faible de cette théorie.

2.2 LE ROLE DE LA REPLICATION DANS LA THEORIE DES REPLICATEURS

La citation suivante clarifie la définition d'un réplicateur :

The criterion for recognizing a true replicator for a Darwinian model is a rigorous one. The putative replicators must vary in an open-ended way; the variants must exert phenotypic effects that influence their own survival; the variants must breed true and with high fidelity such that, when natural selection chooses one rather than its alternative, the impact persists through an indefinitely large number of generations (more precisely, survives at a high enough rate to keep pace with mutational degradation). If there is something other than DNA that meets these criteria, let us by all means include it, with enthusiasm, in our Darwinian models. (Dawkins, 2004)

Comme le montre cette citation, pour Dawkins la présence de réplicateurs est à la fois nécessaire et suffisante pour que l'évolution darwinienne se mette en place (variation et compétition résultent, plus ou moins directement, du processus de réplication). S'il existe des entités qui satisfont aux critères cités, alors elles font nécessairement partie des modèles darwiniens, sinon elles ne doivent pas en faire partie.

La formulation que nous offre Dawkins des critères qui permettent de reconnaître les réplicateurs est indépendante des mécanismes particuliers qui interviennent dans le cas biologiques. Néanmoins, l'emploi du terme 'réplicateur' indique que c'est grâce à la réplication que les gènes acquièrent les propriétés qui font d'eux des réplicateurs. Dans cette partie, nous chercherons à mettre en évidence les propriétés qui font de la réplication un mécanisme indispensable, nécessaire et suffisant, dans la théorie des réplicateurs.

Nous verrons que la réplication possède deux propriétés fondamentales : l'indépendance par rapport au contenu et la fidélité de réplication. Nous en concluons que les mêmes, s'ils doivent exister, doivent se répliquer à travers un mécanisme psychologique qui respecte ces deux propriétés, sinon il ne s'agit pas de réplicateurs.

2.2.1 LA REPLICATION EST UN MECANISME FIDELE ET INDEPENDANT DU CONTENU

En biologie, la réplication est le mécanisme biochimique par lequel une molécule d'ADN permet la production de deux molécules d'ADN. Ces deux molécules sont initialement présentes dans la même cellule, mais elles sont ensuite séparées lors de la division cellulaire. La réplication fait donc partie de l'ensemble des mécanismes qui préparent une cellule à se diviser, elle permet de doubler la quantité d'ADN tandis que d'autres mécanismes permettent de doubler la quantité d'autres éléments cellulaires (lipides, protéines, etc.). Ce qui est original dans le processus de réplication c'est que les enzymes qui catalysent la réplication ne sont pas sensibles à la composition des acides nucléiques qu'elles copient. Une des propriétés fondamentales de la réplication est son indépendance par rapport au contenu de ce qui est répliqué. Autrement dit, si un gène G est modifié par mutation en gène G*, la réplication de G* pourra être catalysée par les mêmes enzymes que celles qui auraient servi à copier G. Le processus de réplication ne peut donc pas identifier ni transformer un gène en fonction de ses effets. Si G est un gène bénéfique et G* un gène qui provoque une maladie, aucun mécanisme dans la cellule ne peut reconnaître G* comme étant un gène déficient et l'éliminer ou le transformer en G. Pourtant, lors de la réplication, ou lorsque la cellule est endommagée, certains systèmes permettent éventuellement de vérifier que les acides nucléiques ne sont pas modifiés et qu'ils ne contiennent pas d'erreurs ; ils peuvent corriger et modifier les acides nucléiques et donc limiter le nombre de mutations, mais ils le font indépendamment des conséquences qu'ont ces transformations pour l'organisme. Cette propriété est originale, même du point de vue des enzymes qui agissent sur les acides nucléiques, car la plupart d'entre elles sont très sensibles au contenu de ces molécules. Certaines enzymes de restriction par exemple reconnaissent spécifiquement une séquence précise d'acide nucléique, un seul changement dans la séquence les empêche de fonctionner.

D'un point de vue évolutionnaire, l'indépendance de la réplication par rapport au contenu de l'information génétique est essentielle car elle permet la formation de variants et l'entrée en compétition de ces variants entre eux. Si les enzymes de la réplication étaient aussi sensibles que les enzymes de restriction au contenu des acides nucléiques, seul un ou quelques variants pourraient être copiés et exister en grande

quantités. L'indépendance par rapport au contenu permet aux répliqueurs d'engendrer par la réplication un nombre indéfini, et potentiellement infini, de variants différents. Cependant, si la réplication n'est pas suffisamment fidèle, si par exemple la probabilité qu'un répliqueur produise une copie exacte de lui-même est très faible, les différents variants ne peuvent pas entrer en compétition les uns avec les autres et la sélection darwinienne ne peut pas se mettre en place. Pour que la sélection darwinienne existe, la réplication doit être fidèle.

Autrement dit, si l'on prend un acide nucléique de type G par exemple, la réplication permet de produire des copies de G. Le plus souvent, les copies de G seront aussi de type G. Avec une certaine probabilité cependant, la réplication n'étant pas parfaite, une mutation se produit, et la copie de G produit un gène différent, V (pour variant de G). Nous appellerons fidélité de la réplication (f_G) la probabilité que G donne bien G et probabilité de mutation (m_G) la probabilité que ce ne soit pas le cas (donc $f_G = 1 - m_G$). r_G quant à lui, qualifiera le nombre moyen de descendants de G qui sont produits par unités de temps et $x_G(t)$ sera le nombre de copies de G présentes à l'instant t (voir Figure 4). Chacun de ces paramètres est susceptible d'être différent pour V et pour chaque autre variant de G. La sélection naturelle opère quand G et un ou plusieurs variants sont en compétition entre eux et que celui qui se réplique le plus vite devient le plus fréquent dans la population. Par exemple, imaginons que le taux de mutation de G et V soit nul et que G se réplique plus vite que V. Au bout d'un certain temps, la proportion de gène G sera maximale, la sélection naturelle agit. Au contraire, si les taux de mutations de G et V sont de 50 % par exemple, quelles que soient les vitesses de réplifications de G et V, ils seront toujours en proportion $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$. La sélection naturelle n'a aucun effet. Il existe donc un domaine, qui dépend de la probabilité de mutation, au sein duquel la sélection naturelle agit et en dehors duquel elle n'a pas d'effet.

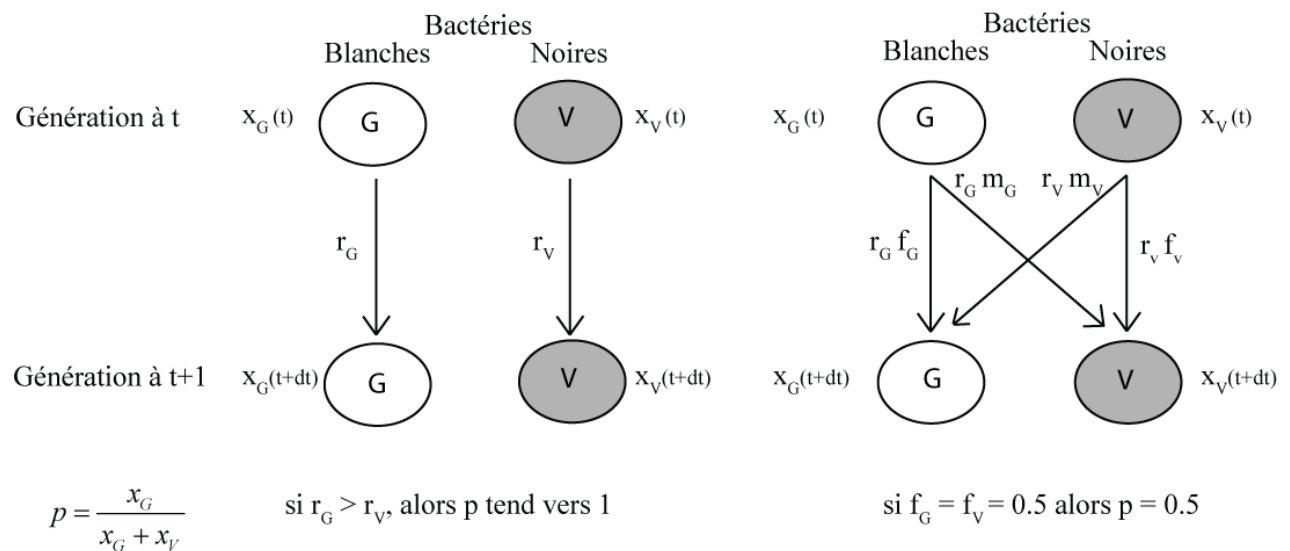


Figure 4 : Illustration de la balance entre le taux de mutation et la sélection. Imaginons qu'un gène unique contrôle la couleur de certaines bactéries et qu'il existe sous deux formes alléliques différentes, G et V. A gauche, si le taux de mutation est nul, les bactéries possédant le taux de reproduction le plus élevé sont sélectionnées, la sélection naturelle opère. Au contraire, à droite, si le taux de mutation est maximal (1/2), ou la fidélité minimale (1/2), quelle que soit la différence entre les taux de reproduction des bactéries, les deux bactéries existent en proportion identique : la sélection naturelle n'opère pas. On en déduit que si le taux de mutation est trop important, la sélection naturelle n'a plus d'effets. Il existe donc un taux de mutation seuil, qui dépend des vitesses de reproduction, en deçà duquel la sélection naturelle est efficace.

2.2.2 L'EQUILIBRE ENTRE LE TAUX DE MUTATION ET LA SELECTION

L'idée qu'il existe un taux de mutation seuil au-delà duquel la sélection naturelle n'a plus d'effet provient des travaux de Williams, d'Eigen et de Schuster (Eigen, 1971; Eigen & Schuster, 1979; Williams, 1966). Eigen et Schuster par exemple, s'intéressaient aux origines de la vie et à son émergence à partir de molécules simples. Eigen souleva un paradoxe qui est maintenant connu sous le nom de paradoxe

d'Eigen¹⁸ : si le taux d'erreurs pendant la réplication est élevé, seule de petites quantités d'information peuvent être fidèlement répliquées, mais, pour réduire ce taux d'erreur, il faut que de grandes quantités d'informations soient déjà capables de se répliquer.

Prenons par exemple le cas du virus VIH responsable du SIDA : son taux de mutation moyen est environ 100.000 fois supérieur au taux de réplication de l'ADN humain (Drake, Charlesworth, Charlesworth, & Crow, 1998; Mansky & Temin, 1995; Nachman & Crowell, 2000). Puisque le taux de mutation du virus est important, la quantité d'information qui peut être fidèlement répliquée est faible. On observe en effet que la molécule d'ARN qui contient l'information génétique du VIH est environ 100.000 fois plus petite que la nôtre (Venter, et al., 2001). Le paradoxe d'Eigen se comprend de la manière suivante dans le cas du VIH : pour que le taux de mutation du VIH diminue il faudrait qu'il produise de nombreuses protéines qui limitent les erreurs lors de la réplication. Ces protéines devraient elles-mêmes être codées dans l'ARN viral, donc l'ARN devrait être beaucoup plus long, or ce ne peut pas être le cas puisque le taux de mutation du VIH est élevé.

En réalité, le VIH profitant de la machinerie cellulaire de l'hôte pour se reproduire, la quantité d'information nécessaire à sa réplication est déjà partiellement dans l'environnement du virus. Mais ce n'était certainement pas le cas aux origines de la vie, lorsque les hôtes capables de fournir la machinerie de réplication n'existaient pas. Eigen et Schuster se sont penchés sur ce problème et on proposé une solution originale au paradoxe d'Eigen. Nous n'avons pas besoin de rentrer dans le détail ici¹⁹. Ce qui

18 "The genome of an RNA-phage hardly exceeds a few thousand nucleotides just enough to encode for a few (e.g. four) protein molecules. As is shown in part A, this limit is set by the fidelity which only could be reached with the help of a well adapted replication enzyme. Any further extension of the information content would require such sophisticated mechanisms as proofreading including exonuclease and ligase action, which is available only to the DNA-polymerases at quite advanced stages of evolution. How could even a primitive translation system originate, if reproduction fidelity was based solely on the physical properties inherited by the nucleic acids not permitting the reproducible accumulation of more than fifty to hundred nucleotides in any individual nucleotide chain? The amount of information required for a translation system, without which no improvement of fidelity could be achieved, amounts to a multiple of what was available in the single self reproducible chains." (Eigen & Schuster, 1979)

19 Les personnes intéressées pourront consulter les articles suivants. Sur l'explication des origines de la vie à travers la notion d'hypercycle voir (Eigen, 1971; Eigen & Schuster, 1979; Eigen, Winkler, & Woolley, 1992), pour un avis opposé sur cette question consulter (Orgel, 2008). Sur la notion de quasi-espèce et son utilisation pour étudier les dynamiques évolutives des virus voir par exemple (Nowak,

importe pour notre propos, c'est de comprendre pourquoi plus une molécule d'acide nucléique contient d'information, plus sa réplication doit être fidèle.

Pour comprendre cette idée, imaginez un gène G, composé de n nucléotides. Supposons que G se réplique à une vitesse $r_G = 1+s$. Si la probabilité qu'un nucléotide change est m_N à chaque fois que le gène produit une copie de lui-même, la probabilité que le gène mute est $m_G = 1-(1-m_N)^n$. Pour simplifier nous pouvons considérer qu'il n'y a que deux gènes, le gène G, et le gène V qui correspond à l'ensemble de variants de G et qui se reproduit à une vitesse moyenne $r_V = 1$. Si l'on suppose que n n'est pas trop petit, il existe un grand nombre de variants possible du gène, on peut aussi considérer que la probabilité qu'un des variants produise le gène G est nulle. Dans ce cas, si l'on désigne par $x_G(t)$ et $x_V(t)$ la proportion de gènes G et V à l'instant t , on en déduit les équations suivantes (Nowak 92, Maynard Smith 89) :

$$\frac{dx_G}{dt} = r_G(1-m_G)x_G - \phi x_G$$

$$\frac{dx_V}{dt} = r_V x_G + r_G m_G x_G - \phi x_V$$

Avec $\phi = \frac{r_G x_G + r_V x_V}{x_G + x_V}$. A l'équilibre, $\frac{dx_G}{dt} = \frac{dx_V}{dt} = 0$ et ainsi :

$$\frac{x_G}{x_V} = \frac{(1-m_G)r_G - r_V}{m_G r_G}$$

Pour que le gène G, qui se réplique le plus vite se maintienne, il faut que $\frac{x_G}{x_V} > 0$, donc

que :

$$m_G < \frac{s}{1+s}$$

Appelons le seuil $S = s/(1+s)$. Si $m_G > S$ alors la proportion de gène G est nulle à l'équilibre, ce qui signifie que, bien que le gène G se reproduise plus vite que ses variants, il ne peut pas se maintenir dans la population car il mute trop vite. Au contraire, si $m_G < S$ alors le gène G existe et est stable dans la population car le taux de mutation

1992; Nowak & Schuster, 1989; Sardanyés, Elena, & Solé, 2008) et les critiques et réponses dans (Domingo, 2002; Holmes & Moya, 2002; Wilke, 2005).

(m_G) est suffisamment faible pour que la sélection (s) puisse maintenir le gène dans la population. Comme la probabilité totale qu'un gène mute est fonction du nombre de ses nucléotides (N), plus un gène est grand, plus le taux de mutation total est grand, donc plus le taux de mutation par nucléotide (m_N) doit être faible pour que le gène se maintienne. Plus précisément, on peut montrer que si le taux de mutation par nucléotide est faible, alors la condition $m_N < \frac{1}{N} \log(1+s)$ doit être vérifiée pour qu'un gène de taille N se maintienne (Maynard Smith 89).

Les résultats d'Eigen et Schuster montrent qu'il existe un compromis (trade-off) entre la fidélité de la réplication et le potentiel de variation des gènes. Plus les gènes sont longs, plus ils ont de chances d'être modifiés, plus la fidélité de la réplication doit être élevée. Selon ces résultats il existe une corrélation inverse entre le taux de mutation moyen de chaque nucléotide et la taille des génomes et c'est effectivement ce que l'on observe en général, au moins pour les génomes de faible dimension²⁰. Cela suggère que le taux de mutation des organismes est une adaptation.

En effet, si les individus ont des taux de mutations variables et qu'ils transmettent ces taux à leurs descendants, on peut penser que ces taux peuvent évoluer par sélection naturelle (Sturtevant, 1937). Deux forces principales peuvent potentiellement gouverner l'évolution du taux de mutation. D'une part, la plupart des mutations sont délétères, donc on peut s'attendre à ce que des gènes qui diminuent le taux de mutation soient sélectionnés. D'autre part, les mutations sont la source de variations sur laquelle agit la sélection naturelle, donc on peut aussi penser que dans certains cas les organismes qui possèdent un taux de mutation plus élevé peuvent

20 Les taux de mutation spontanés des organismes sont assez difficiles à déterminer donc les données sont relativement maigres (Baer, Miyamoto, & Denver, 2007; Kondrashov, 2008). Cependant, la corrélation entre la taille du génome et le taux de mutation semble être assez forte pour les organismes avec un petit génome et des taux de mutation élevés (Drake, et al., 1998; Drake & Holland, 1999). Il n'est pas évident qu'elle soit élevée pour les organismes avec des génomes plus imposants. Par exemple, le taux de mutation (en 10^{-9} mutation par base par réplication) de la levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*) est de l'ordre de 0,33 pour un génome (en million de paires de bases, Mb) de l'ordre de 17 Mb (M. Lynch, et al., 2008). Celui de *Caenorhabditis elegans* est de 21 pour un génome d'environ 100 Mb (Denver, Morris, Lynch, & Thomas, 2004). Celui de la drosophile (*Drosophila melanogaster*) de 8,4 pour environ 170 Mb (Haag-Liautard, et al., 2007). Finalement, pour l'homme il est d'environ 25 pour 2900 Mb (Nachman & Crowell, 2000).

s'adapter plus rapidement à des changements de l'environnement et être ainsi naturellement sélectionnés.

Dans un environnement constant, il ne fait aucun doute que le taux de mutation le plus faible possible, le taux minimum, est toujours sélectionné. Ce taux minimum est lié au coût de l'augmentation de la fidélité de la réplication, car les organismes doivent investir des ressources pour augmenter cette fidélité. Quand l'environnement change cependant, les organismes ayant des taux de mutations plus importants que le taux minimal peuvent éventuellement avoir un avantage en s'adaptant plus vite à ce nouvel environnement et économiser le coût de la fidélité de réplication. La question de savoir si la sélection naturelle peut sélectionner des organismes ayant un taux de mutation supérieur au taux minimal a été débattue dans la littérature (voir Metzgar & Wills, 2000; Sniegowski, Gerrish, Johnson, & Shaver, 2000 pour des revues sur ce sujet) et il ressort des expériences (Giraud, et al., 2001; Sniegowski, Gerrish, & Lenski, 1997) et des modèles récents (Taddei, et al., 1997) que le taux de mutation de certains organismes peut s'adapter très rapidement en fonction des conditions environnementales. Giraud et al. par exemple, ont montré que les bactéries *E. coli* qui possèdent un taux de mutation important éliminent leurs concurrentes avec un taux de mutation plus faible quand elles sont inoculées à des souris. Des tests complémentaires ont permis d'établir que ce résultat est lié au fait que les bactéries acquièrent plus rapidement de nouvelles adaptations.

L'effet positif d'un accroissement du taux mutation est probablement plus faible pour les organismes sexués (Leigh, 1970) et pour les populations de petites tailles (Andre & Godelle, 2006) mais il semblerait qu'au moins dans le cas d'organismes à reproduction principalement asexués, le taux de mutation est en permanence ajusté par sélection naturelle. Dans les autres cas, la sélection naturelle favorise principalement une baisse maximale du taux de mutation, jusqu'à ce que les coûts liés à l'augmentation de la fidélité ne compensent plus les pertes liés à la production de descendants délétères.

La fidélité de la réplication est donc une propriété évoluée, une adaptation, des organismes.

2.2.3 CONCLUSION

Dans *Le Gène égoïste*, Richard Dawkins soutient que les gènes, et non les individus ou les groupes, sont l'unité fondamentale de l'évolution par sélection naturelle. Cette vision repose sur l'existence de réplicateurs, c'est-à-dire de molécules qui se répliquent à un rythme et avec une fidélité suffisamment élevés pour ne pas être dégradées par les mutations. En effet, comme l'on montré Eigen, Schuster et Williams, il existe une valeur de mutation seuil au delà de laquelle les mutations, et donc l'entropie, l'emporte sur le phénomène de sélection naturelle. Cette valeur dépend de la quantité d'information qui est répliquée : plus la quantité d'information répliquée est grande, plus la fidélité doit être élevée pour que la sélection naturelle soit efficace. De manière générale on observe effectivement que les organismes ont un taux de mutation inversement proportionnel à la taille de leur génome. Cela suggère que le taux de mutation des organismes est contrôlé par sélection naturelle, ce qui est aussi confirmé expérimentalement par le fait que le taux de mutation des organismes est généralement limité grâce à la présence d'enzymes spécifiques. La fidélité de la réplication est donc une propriété évoluée des systèmes biologiques, c'est une adaptation qui permet aux organismes de répliquer l'intégralité de leur information génétique avec un minimum de mutations.

La fidélité et l'indépendance de la réplication par rapport au contenu sont deux propriétés fondamentales qui confèrent aux gènes stabilité, variabilité et fécondité, c'est à dire qui permettent au processus de sélection naturelle de se mettre en place. Si une théorie de l'évolution culturelle calquée sur le modèle que propose Dawkins doit exister, au minimum, il faut montrer qu'il existe un, ou des, mécanismes qui permettent aux mêmes d'être répliqués fidèlement et indépendamment de leur contenu. Mais avant de rentrer dans une critique approfondie de la mémétique, il me semble important d'étudier les conditions qui conduisent à l'émergence de réplicateurs culturels.

2.3 LE CHANT DES OISEAUX ET LA PHONOLOGIE

En dépit des nombreuses controverses qu'elle a suscitées, peu d'études ont tenté d'appliquer sérieusement la théorie mémétique à des données expérimentales, avec l'exception notable de l'étude de l'évolution du chant des oiseaux faites par Lynch et coll que nous détaillons ci-dessous. Nous verrons que le cas du chant des oiseaux et, par analogie, celui de la phonologie sont des exemples qui permettent de concevoir la théorie mémétique dans un cadre qui lui est propice. Ces exemples montrent que la mémétique peut s'appliquer, dans une certaine mesure, à des cas culturels concrets et donc qu'il faut prendre cette théorie au sérieux. Ils permettent aussi de mettre en évidence le rôle que joue la sélection darwinienne dans l'évolution du degré de fidélité des mécanismes d'apprentissage. Nous verrons en effet que, comme pour les gènes, les mécanismes à l'origine de la répllication de l'information culturelle ont évolué par sélection naturelle pour être fidèles. En généralisant, nous en concluons que la mémétique est restreinte aux domaines culturels au sein desquels la fidélité du mécanisme d'apprentissage est le produit de la sélection naturelle.

2.3.1 LA MEMETIQUE APPLIQUEE AU CHANT DES OISEAUX

Le chant des oiseaux peut être considéré comme un phénomène culturel car dans de nombreuses espèces, comme dans le cas du pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) étudié par Lynch, le chant d'un oiseau est appris au contact de ses congénères²¹. Dans une série d'articles, Lynch et coll. utilisent la théorie mémétique pour quantifier les paramètres qui gouvernent l'évolution du chant (A. Lynch & Baker, 1993, 1994; A. Lynch, Plunkett, Baker, & Jenkins, 1989). Lynch a étudié le chant des pinsons en Nouvelle Zélande, en Espagne, au Portugal ainsi que dans les îles atlantiques de Madère, des Açores et des Canaries. Dans chacun de ces sites il a enregistré plusieurs chants pour chacun des oiseaux qu'il a étudiés. En Nouvelle Zélande par exemple, Lynch a réalisé un transect de 200 km le long duquel il a enregistré 20 chants pour chacun des 30 oiseaux étudiés sur 19 sites différents (soit un total de 570 oiseaux et 11400 chants

21 Dans cette partie nous nous concentrerons sur trois exemples mais une revue des mécanismes à l'origine de l'évolution des chants des oiseaux peut être trouvée dans (Podos, Huber, & Taft, 2004).

enregistrés). Chaque chant a ensuite été décomposé en une série de syllabes élémentaires, c'est-à-dire de notes reconnaissables, et chaque syllabe a été regroupée dans un type particulier sur la base de sa morphologie. Chaque type est donc constitué d'un certain nombre de variants syllabiques. On peut ainsi étudier l'évolution du chant, A1-B2-B2-C7 par exemple, où A, B et C sont des types de syllabes et 1, 2 et 7 qualifient des variants de ces types. Les deux unités d'analyse, les syllabes (A1, B2, B2, C7) ou les types de syllabes (A, B, B, C), peuvent être utilisées pour quantifier cette évolution. Lynch, en suivant Dawkins (1976), propose de définir un mème comme un ensemble de syllabes pouvant être fidèlement transmis entre les individus :

To quantify variability within populations, we used the concept of a song meme, defined as a single syllable or a series of linked syllables capable of being transmitted. (A. Lynch & Baker, 1993)

Lynch ne fait donc pas d'hypothèse particulière sur la longueur des mèmes. Le chant A1-B2-B2-C7 est constitué des mèmes de longueur 1, A1, B2 et C7, des mèmes de longueur 2, A1-B2, B2-B2 et B2-C7 et ainsi de suite pour les mèmes de longueur 3 et 4.

Les mèmes peuvent muter quand ils sont transmis d'un oiseau à un autre, soit par mutation ponctuelle, c'est-à-dire par création d'une nouvelle syllabe, soit par réarrangement des unités entre elles si c'est une mutation par recombinaison. Le taux de mutation, ainsi que le taux de migration des mèmes entre les différentes populations de pinsons permettent de déterminer quelles seront les nouvelles syllabes et comment elles diffuseront entre les populations. Par ailleurs, Lynch considère que les différentes syllabes sont toutes équivalentes, c'est-à-dire qu'aucun mème n'est plus attrayant ni ne se reproduit plus vite qu'un autre. Autrement dit, les variations ne sont pas sélectionnées et seuls les phénomènes de dérive agissent en sus de la migration et de la mutation pour déterminer l'évolution du chant. En conséquence, Lynch utilise un modèle d'évolution neutre qui permet de quantifier les taux de mutation et de migration des mèmes à partir de la taille de la population (qui quant à elle permet de déterminer la dérive).

A partir des données recueillies en Nouvelle Zélande, Lynch établit les résultats suivants : 1) plus la taille des mèmes est faible plus ils sont présents dans de nombreuses populations (voir Figure 5) et 2) plus deux populations sont rapprochées plus elles ont de chances de partager des mèmes longs. Ces deux résultats peuvent être expliqués par un taux de mutation relativement élevé. Si le taux de mutation, par recombinaison et mutation ponctuelle, est important, les mèmes les plus longs seront

vite détruits et transformés en nouveaux mèmes quand ils se propageront. Il s'ensuit que les mèmes longs sont présents dans peu de populations différentes et que lorsqu'ils le sont, c'est dans des populations géographiquement proches les unes des autres. Ces résultats viennent donc en partie confirmer nos prédictions théoriques de la section précédente : plus un réplicateur est long, plus son taux de mutation est élevé, moins il est stable et moins il est susceptible de constituer une unité évolutionnaire.

As expected, memes comprising individual syllable types are the most conservative units. They have the lowest mutation rate, and as a consequence the fewer syllable types occur at higher frequencies (within a population, each syllable type occurs in an average of 12 different song types). The probability of extinction by sampling drift is therefore relatively low. At the other extreme, we have the longer memes composed of syllable variants. They are subject to high mutation rates (which include point mutations and recombination) and thus occur at low frequencies (memes of six linked syllable variants occur in an average of 1.3 different song types), making them extremely susceptible to extinction by drift. (A. Lynch, et al., 1989)

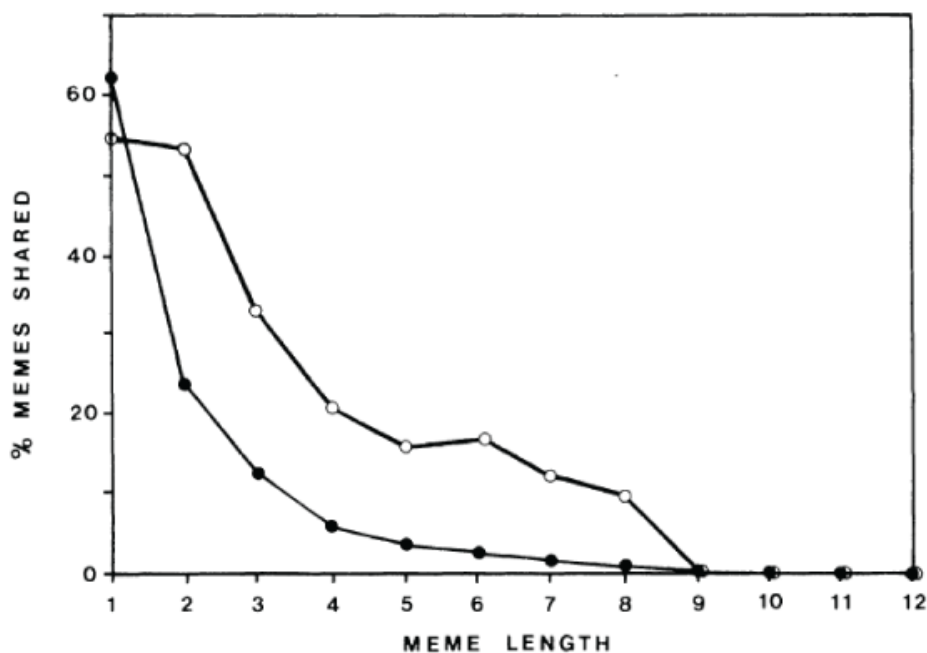


Figure 5 : Pourcentage de mèmes partagés entre deux populations ou plus en fonction de leur longueur. En cercles pleins analyse au niveau des syllabes, et en cercles creux, analyse au niveau des types de syllabes. (reproduit de A. Lynch, et al., 1989)

Le taux de mutation relativement important des mèmes conduit à une dynamique évolutionnaire peu courante en biologie. En effet, dans le cas des gènes, les taux de mutations étant très faibles, les phénomènes de migration tendent à homogénéiser les

populations et à limiter les phénomènes de dérive. Les nouveaux allèles, rarement produits par mutation, sont rapidement distribués à toutes les populations par migration. Dans ce cas, toute déviation des résultats par rapport au modèle neutre peut être interprétée par l'action d'autres forces, telle que la sélection darwinienne, l'isolement géographique, etc. Quand le taux de mutation est faible, les différences entre les populations permettent de reconstruire l'histoire évolutive et les liens généalogiques de ces populations. Dans le cas présent, de nouveaux mèmes sont produits en permanence par mutation et éliminés par dérive. Ils n'ont donc pas la possibilité de diffuser largement par migration et de rester stables pendant longtemps. Contrairement au cas génétique donc, les différences entre les populations sont liées principalement au taux de mutation des mèmes et ne permettent pas une analyse poussée de l'histoire évolutive de ces populations (A. Lynch & Baker, 1993, 1994; A. Lynch, et al., 1989). Autrement dit, comme les mutations relèvent des phénomènes entropiques, un taux de mutation important efface rapidement toute trace des événements évolutifs antérieurs.

Malgré ces difficultés, Lynch montre que la distribution des types de syllabes n'est pas exactement celle que le modèle de dérive prédit. Comme les taux de mutation des types de syllabes sont moins élevés que ceux des syllabes, il se pourrait que leur distribution garde les traces d'un phénomène migratoire majeur. Etant donné que la distribution des types syllabique observée est clinale (variation graduelle d'un caractère le long d'un transect), Lynch émet l'hypothèse que cette distribution conserve les traces de la colonisation de la Nouvelle Zélande par les pinsons quand ils y ont été introduits par les Anglais (ce qui a été le cas à plusieurs reprises dans les années 1860) :

A likely explanation for this pattern is a major migration event, perhaps during the wave of colonization. Stochastic changes in the peripheral populations would produce a clinal pattern of autocorrelation, with linkage between these syllables not completely destroyed by recombination and maintaining the correlation between variables. It seems that the low levels of mutation experienced by these syllable types has not obscured the historical pattern emanating from a wave of colonization as the introduced populations expanded and spread from their initial release points. (A. Lynch, et al., 1989)

Donc les mèmes qui possèdent un taux de mutation faible possèdent une distribution qui est toujours affectée par cet événement migratoire alors que ce n'est pas le cas pour ceux qui possèdent un taux de mutation plus élevé.

L'étude des pinsons menée par Lynch permet de tirer quelques conclusions pour la théorie mémétique en général. Tout d'abord, les mèmes sont ici définis comme des parties élémentaires d'un comportement, le chant, qui sont suffisamment stables pour être transmises entre les individus. Cette définition correspond à celle proposée par Dawkins (voir la partie 2.1.1, pp 67). Ensuite, Lynch montre que plus ces entités sont longues et complexes, plus elles mutent rapidement. Ce résultat est en accord avec les considérations théoriques de la partie précédente sur la balance entre le taux de mutation et la force de la sélection (voir pp 80). Enfin, si l'évolution par mutation et dérive est importante, la diffusion successive de variants neutres efface toute trace de l'histoire des populations étudiées. Notons enfin qu'avec les mêmes principes que l'évolution génétique, l'évolution culturelle atteint une dynamique originale où la mutation, au lieu de la sélection, devient le principal facteur structurant.

Cependant, l'absence de sélection darwinienne limite considérablement la portée de cette étude. Le modèle neutre rend en effet très bien compte de la distribution des mèmes, ce qui laisse penser que tous les variants syllabiques sont identiques d'un point de vue fonctionnel dans la limite des contraintes imposées par les mécanismes vocaux (Podos, et al., 2004). Si la sélection est absente, le chant des pinsons ne sera pas soumis à des processus d'adaptation et de complexification dont l'explication constitue en général le but de la démarche évolutionnaire. D'autre part, les modèles neutres sont principalement utilisés comme outil de reconstitution des événements passés, pour retrouver les mouvements de population ou mettre en évidence des phénomènes majeurs comme les goulets d'étranglements (réduction temporaire importante des effectifs d'une population). Or, comme nous l'avons vu, le taux de mutation des mèmes limite la résolution des techniques de reconstruction des événements passés. L'utilisation de la mémétique ici relève donc plus d'une tentative d'application de la théorie que de la véritable mise en lumière des phénomènes étudiés. Cependant, il est possible d'envisager des cas similaires où l'approche mémétique pourrait se révéler fort utile.

Dans d'autres espèces de pinsons, comme les pinsons de Darwin *Geospiza fortis* étudiés par Grant et Grant, les juvéniles apprennent le plus souvent de leur père un chant qu'ils reproduisent ensuite toute leur vie (Figure 5, Grant & Grant, 1996). Cet apprentissage est relativement fidèle et durant les 13 années que couvrent l'étude, aucun type de chant nouveau n'a été observé. Contrairement à l'exemple précédent, les mutations sont donc relativement rares et subtiles et produisent un changement

progressif des chants au cours des générations. D'autre part, Grant et Grant montrent que le choix des mâles par les femelles est négativement corrélé au chant de leur père, les femelles évitent donc de s'accoupler avec les mâles qui chantent de la même manière que leur père, ce qui constitue une pression de sélection favorisant la diversification des chants. Enfin, dans les rares cas où un mâle d'une espèce apprend le chant caractéristique d'une autre espèce, les femelles de son espèce évitent de s'accoupler avec lui. Il existe donc une pression de sélection qui favorise la diversification des chants et une autre qui limite cette diversification dans un domaine propre à l'espèce.

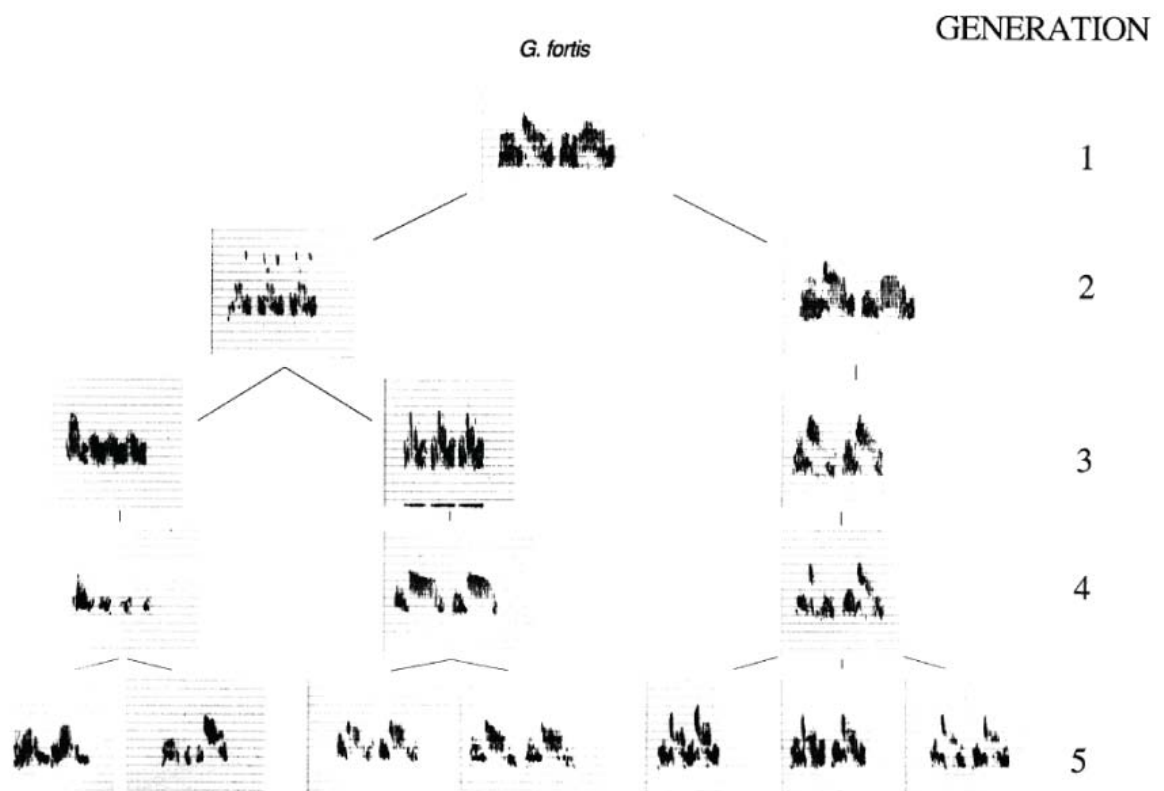


Figure 6 : Transmission du chant des oiseaux *Geospiza fortis* à travers 5 générations. La plupart des descendants mâles reproduisent fidèlement le chant de leur père (lignée de droite), tandis que certains copient le chant d'un autre individu (lignée de gauche).

Reproduit de Grant et Grant (1996)

Cette double contrainte pourrait favoriser les phénomènes de spéciation des pinsons de Darwin. En effet, dans les Galapagos, les îles les plus petites sont fréquemment colonisées par des oiseaux venus des îles plus importantes qui se trouvent à proximité. Si un petit nombre d'individus, un ou quelques couples, arrivent sur une île, leurs chants vont rapidement diverger, par mutation et dérive, et devenir différents de

ceux de l'île originelle. Si la période d'isolement dure suffisamment longtemps, les chants peuvent constituer une barrière reproductive efficace et faciliter les phénomènes de spéciation. Ce scénario est analogue au phénomène d'isolement génétique mais peut se produire avec une vitesse bien supérieure. D'autre part, si les femelles choisissent les mâles sur la base des chants, les rares cas où un mâle apprend le chant d'une autre espèce peuvent produire des hybrides, ce qui peut provoquer des changements évolutifs importants. En somme, dans le cas des pinsons de Darwin *G. fortis*, l'évolution des mêmes, qui correspondraient ici très probablement au chant complet d'un individu, est soumise à la sélection culturelle et peut conduire à des phénomènes évolutifs importants, tels la spéciation ou l'hybridation. C'est le cas notamment parce que la transmission des chants est beaucoup plus fidèle que dans le cas des pinsons des arbres vu précédemment.

Or si cette transmission est si fidèle, c'est certainement qu'elle a été sélectionnée. En effet, comme le suggèrent Grant et Grant :

A father-son transmission of a short song that remains unaltered throughout life facilitates individual recognition of songs by females, and this could serve as a cue for the avoidance of inbreeding. Females that avoid mating with males of similar song to their father's would have a higher probability of not mating with kin than those mating with males with songs similar to their father's songs. On small islands, with restricted dispersal and fluctuating population sizes, the chance of mating with relatives is high. (Grant & Grant, 1996)

La fidélité de transmission serait donc le résultat d'une sélection des mécanismes d'apprentissage du chant qui permettrait d'éviter les unions consanguines dans un contexte où ces unions peuvent être fréquentes et avoir des effets délétères.

L'idée que les phénomènes de spéciation pourraient être favorisés par des isolements liés au chant est renforcée par les études des oiseaux parasites de la famille des Viduidés. Ces oiseaux déposent leurs œufs dans le nid d'hôtes spécifiques qui élèvent ensuite leurs petits. Payne et al. ont d'abord montré que lorsqu'ils plaçaient les œufs de *Vidua chalybeata* dans les nids d'un nouvel hôte, *Lonchura striata*, à la place de l'hôte habituel, *Lagonosticta senegala*, les mâles parasites apprenaient et reproduisaient le chant de leur nouvel hôte (Payne, Payne, & Woods, 1998). Ils ont ensuite montré avec la même expérience que les femelles parasites qui étaient élevées par des hôtes nouveaux, choisissaient des mâles qui utilisaient le chant de la nouvelle espèce et pondaient dans les nids de cette espèce (Payne, Payne, Woods, & Sorenson, 2000). Donc si une femelle pond 'par erreur' dans le nid d'une nouvelle espèce d'hôte

et que cet hôte élève les oiseaux parasites (ce qui est fréquemment le cas Payne, Woods, & Payne, 2001), les juvéniles vont apprendre à produire et reconnaître le chant de cette espèce et vont donc spécifiquement parasiter cette nouvelle espèce. L'isolation reproductrice sera donc immédiate et conduira à terme à l'apparition d'une nouvelle espèce de Viduidés parasites adaptée à ce nouvel hôte. Ce même mécanisme peut parfois conduire à des phénomènes d'hybridation. Si deux espèces de Viduidés différentes colonisent le même hôte, les mâles et femelles des deux espèces vont chanter et reconnaître le même chant et éventuellement s'accoupler (Sorenson, Sefc, & Payne, 2003). Cette hypothèse sur l'origine de la spéciation des Viduidés a pu être confirmée par des études génétiques qui montrent une spéciation récente de cette famille avec le plus souvent plusieurs épisodes de colonisation de la même espèce (Sorenson, et al., 2003). Le phénomène de spéciation par imprinting (apprentissage précoce et définitif) pourrait donc être largement répandu parmi les oiseaux (Cate, 2000; Sorenson, et al., 2003).

A travers l'étude de ces trois exemples nous avons vu que la longueur des mêmes, unités évolutives du chant des oiseaux, varie en fonction du taux de mutation présent dans l'espèce considérée. Dans le cas des pinsons des arbres, les mêmes sont constitués de syllabes et de types syllabiques relativement courts alors que dans les deux autres cas, les mêmes sont constitués du chant complet d'un individu. Dans le premier cas nous avons aussi vu qu'un taux de mutation important effaçait rapidement les traces des événements antérieurs tandis que dans les exemples suivants, la grande fidélité d'apprentissage des chants favorisait la reconstruction de l'histoire évolutive des espèces et l'interprétation d'événements évolutifs majeurs tels la spéciation ou l'hybridation. Nous avons aussi vu que ces différences de fidélité étaient liées à des différences dans les pressions de sélection qui avaient conduit à l'évolution des mécanismes d'apprentissage et de production des chants. En effet, dans le cas des pinsons des arbres, les différentes variations syllabiques sont très probablement neutres, elles sont toutes équivalentes d'un point de vue fonctionnel. Il n'y a donc pas eu de pression de sélection favorisant la reproduction fidèle du chant des congénères. Dans le cas des pinsons de Darwin, ou de la famille des Viduidés, nous avons vu qu'il existe des pressions de sélection qui favorise l'évolution d'un mécanisme d'apprentissage qui reproduit fidèlement le chant des congénères. La conclusion principale de cette partie

est que *les mécanismes d'apprentissage ne sont pas fidèles en général, ils le deviennent uniquement lorsqu'ils ont évolué pour l'être.*

Si la théorie mémétique peut décrire les phénomènes culturels chez les animaux, il est probable qu'elle le puisse aussi dans le cas de la culture humaine. Toutefois, s'il n'est pas évident de trouver un bon exemple d'application de la théorie mémétique dans le cas des cultures animales, c'est encore plus délicat dans le cas de la culture humaine. L'exemple du chant des oiseaux suggère néanmoins que la linguistique et notamment la phonologie pourraient constituer un tel exemple.

2.3.2 LA MEMETIQUE APPLIQUEE A LA PHONOLOGIE

L'idée d'une analogie entre évolution linguistique et évolution biologique est ancienne et la littérature sur le sujet est vaste (pour un rapide aperçu voir Whitfield, 2008a). Cependant, l'objectif n'est pas de fournir ici une étude critique des théories linguistiques expliquant l'évolution des langues mais de montrer comment une telle évolution pourrait être abordée à l'aide de la théorie des répliqueurs. Pour notre propos il nous suffira donc de montrer que la théorie mémétique peut *en principe* s'appliquer à l'évolution des langues et nous insisterons plus particulièrement sur l'évolution de la phonologie, qui nous semble être le cas le plus proche du modèle mémétique. Nous n'aborderons que très succinctement l'intérêt d'une telle approche par rapport aux autres théories. Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'évolution des créoles car c'est à partir de leur étude que Salikoko Mufwene propose une théorie générale de l'évolution linguistique qui est très proche de la théorie mémétique²². En effet, bien que Mufwene ne s'inspire pas particulièrement de la théorie mémétique, il reconnaît explicitement l'importance de l'analogie entre génétique des populations et évolution linguistique. Les approches plus classiques en linguistique ont plutôt tendance à privilégier les analogies entre langues et organismes, privilégiant ainsi les aspects plus systémiques. Cependant, et contrairement au courant dominant, Mufwene considère les langues comme des espèces :

22 Pour une vue d'ensemble du travail de Mufwene voir les deux livres suivants (Mufwene, 2005a, 2008). Un complément d'information peut être trouvé dans les articles suivants (Mufwene, 1997, 2002, 2005b, 2007; Mufwene & Pargman, 2003).

Dans la perspective plus générale de ce livre, j'utilise le terme évolution plus ou moins de la même façon qu'en génétique des populations. Je tiens compte du fait que les variétés langagières communautaires — « langue », « dialecte », ou « sociolecte » — sont comparables à des populations ou à des espèces biologiques dans le sens où elles sont des regroupements d'« idiolectes » conçus comme des « organismes ». Cette dernière position est une rectification de la tradition qui depuis le XIXe siècle conçoit de manière erronée les langues comme des organismes (contrairement à Paul 1891). (Mufwene, 2005a)

L'approche de la langue comme organisme est souvent défendue en faisant remarquer que pour un individu donné une langue constitue bien un ensemble déterminé, l'ensemble des termes et règles grammaticales que cet individu associe à cette langue. Cet argument est souvent vu comme une justification de l'existence de la langue comme entité définie et circonscrite au niveau de la population. Cependant il est clair que ce n'est pas parce qu'un individu possède un ensemble de traits²³ linguistiques clairement définis qu'il en est de même au niveau de la population. Deux individus peuvent parler la même langue alors qu'une sous partie de leurs traits ne se recouvre pas. On peut donc imaginer un continuum qui, de proche en proche, passe d'une variété langagière à une autre. La définition de l'unité 'langue' en devient confuse au niveau de la population, comme l'est de toute façon la notion d'espèce en biologie, mais elle reste claire au niveau psychologique individuel, comme l'est celle de génome au niveau cellulaire. Pour faire la différence entre les deux usages de langue nous réserverons le terme langue au niveau populationnel et celui d'idiolecte au niveau individuel. Selon cette convention, un bilingue possède donc deux idiolectes distincts, un pour chaque langue.

Bien que Mufwene n'insiste pas sur la nature exacte des traits linguistiques, leur caractérisation devrait faire appel aux mêmes principes que celle des gènes, c'est-à-dire d'unités suffisamment stables pour être sélectionnées. Les traits linguistiques peuvent donc être de simples phonèmes comme 'pa' et 'ba', des mots entiers comme 'chien', des enchaînements de mots stables comme 'là-bas' et peut être même certaines expressions comme par exemple 'sincères salutations'. Les règles grammaticales et syntaxiques, bien qu'elles ne soient pas facilement décomposables en éléments, font aussi partie de ces unités linguistiques. Mufwene appelle l'ensemble des unités linguistiques d'une langue utilisées à un instant donné, le « *feature pool* », par analogie avec le pool de gènes en biologie. Ce « *feature pool* » contient l'ensemble des éléments

23 Mufwene utilise le terme 'trait' pour désigner les unités linguistique que nous appellerons aussi 'mème' ou 'éléments' à l'occasion, tous ces termes étant considérés ici comme synonymes.

linguistiques qui peuvent être transmis à la génération suivante, c'est la variabilité à partir de laquelle opère la sélection culturelle.

En effet, chaque élément linguistique peut varier en fonction des individus et au sein des mêmes individus. Différents individus peuvent utiliser des traits différents dans des occasions similaires. Certains préféreront utiliser 'Salut !' quand d'autres diront 'Bonjour !' par exemple. La variabilité est aussi intra-individuelle, car 'Salut !' et 'Bonjour !' sont deux alternatives possibles entre lesquelles un même individu peut choisir. Cette forme de sélection introduit une compétition entre les mêmes linguistiques. 'Rouge' et 'Magenta' par exemple sont deux noms de couleurs qui sont plus en compétition entre eux que l'un de ces termes ne l'est avec 'Bleu', car leur signification est plus proche. L'utilisation d'un même plutôt que d'un autre par un locuteur contribue donc à la reproduction du même (par le même locuteur et par les auditeurs qui l'écoutent) au dépend de ses concurrents. Cette différence de contribution causale est analogue à une différence de fitness en biologie. De cette façon on peut définir la fitness d'un même linguistique comme son succès reproductif à long terme.

On ne parle pas de descendance biologique bien sûr, mais de l'influence qu'aura un élément sur la production d'éléments de même type ultérieurement. Un exemple peut être utile ici. En 1955, IBM s'apprête à lancer le premier ordinateur à usage commercial, l'IBM 650. François Girard, alors responsable du service promotion générale et publicité d'IBM France, se voit attribuer la tâche de nommer le nouvel appareil. Il demande conseil à Jacques Perret, professeur de latin à la Sorbonne, qui propose en premier choix le mot 'ordinateur', "comme adjectif désignant dieu qui met de l'ordre dans le monde" (Azan, 2005). Les événements qui ont conduit à la résurrection du mot ordinateur pour désigner les 'computer' américains sont donc relativement clairs et on pourrait facilement représenter l'enchaînement causal donnant naissance au mot ordinateur. Dans ce cas, la production publique du terme ordinateur par Perret cause la formation de nouvelles représentations mentales et de productions publiques du même type. L'événement initial, association d'un terme ancien avec un nouveau référent, peut être comparé à une mutation. La reproduction ultérieure du même 'ordinateur' peut être comparée à la réplication. Le terme initialement choisi par Perret sera ensuite sélectionné par IBM pour désigner la nouvelle machine. Plusieurs termes étaient pourtant disponibles : les machines précédentes étant généralement appelées 'calculator' ou 'computer' en anglais, une traduction littérale comme 'calculateur' ou 'computeur'

était envisageable. Il semblerait qu'il s'agisse d'un choix délibéré de la part du service commercial d'IBM France que d'avoir cherché un mot nouveau pour désigner le nouveau produit. L'IBM 650 sera d'ailleurs appelé le "Magnetic Drum Calculator" en anglais.

L'utilisation du mot ordinateur modifie la compétition entre les différents variants possibles pour désigner les ordinateurs parmi les personnes qui en ont besoin. Chaque individu doit faire un choix parmi les termes qu'il connaît pour désigner la machine en question et cette utilisation a des conséquences directes sur l'utilisation de ces termes par les autres personnes. Les termes comme 'calculateur', 'ordinateur' et 'ordinateur' peuvent être considérés, en première approximation, comme des mèmes en compétition qui se répliquent lors des épisodes de communication. Dans ce cas, le terme qui se réplique le plus vite va rapidement augmenter en proportion jusqu'à dominer complètement. La vitesse de réplication des différents mèmes sera fonction des caractéristiques écologiques dans lesquels ils se trouvent. Par exemple, le terme 'ordinateur' semble avoir été rapidement adopté dans la communauté française, son taux de réplication, ou sa fitness, a donc été supérieure à celle de ses concurrents. Plusieurs raisons pourraient expliquer pourquoi 'ordinateur' a eu une fitness plus importante que celle de ses concurrents. Ceci peut être en partie lié au fait que l'usage des termes 'calculator' et 'computer' en anglais a eu des effets négatifs sur la réplication de 'calculateur' et 'ordinateur' en français et des effets positifs sur celle 'd'ordinateur' (ce que Mufwene qualifierait d'écologie interne d'une langue). Le terme 'ordinateur' peut aussi être plus attractif d'un point de vue psychologique, il peut notamment être plus attrayant phonétiquement (ce que Mufwene appelle écologie externe directe). Enfin, le terme 'ordinateur' peut avoir bénéficié d'une utilisation par des personnes clés dans les réseaux sociaux concernés (ce que Mufwene appelle écologie externe indirecte). Ces facteurs écologiques sont susceptibles de varier au cours du temps et entre différentes langues, induisant des changements dans les pressions de sélection qui s'exercent sur les mèmes et conduisant à des résultats différents. Ainsi, le terme français 'Ordinateur' s'est propagé à l'espagnol, 'Ordenador' mais pas au Portugais 'Computador' (voir le Tableau 1). Ces différences peuvent s'expliquer par des contextes écologiques différents qui ont conduit à la sélection d'alternatives différentes.

Langue	Terme	Langue	Terme
Anglais	Computer	Français	Ordinateur
Portugais	Computador	Espagnol	Ordenador
Allemand	Computer		
Italien	Computer	Norvégien	Datamaskin
Polonais	Komputer	Suédois	Dator
Néerlandais	Computer	Croate	Računalo
Roumain	Computer	Finnois	Tietokone
Danois	Computer	Tchéque	Počítač

Tableau 1 : Nom des ordinateurs par pays.

Mufwene applique ce principe, d'analyse de facteurs écologiques qui conduisent à la sélection de certains traits linguistiques, à tous les traits linguistiques d'une langue d'une part, et à tous les contextes dans lesquelles les langues changent d'autre part. Par exemple, et contrairement à ce qui est généralement admis, Mufwene considère que l'évolution des créoles est comparable à celle des autres langues qui évoluent dans un contexte plus ordinaire. C'est une écologie particulière, celle des colonies de plantation, qui a provoqué selon lui une divergence rapide et profonde des langues créoles par rapport aux langues européennes dont elles sont issues. Dans le cas des créoles, Mufwene remarque que la langue parlée par les colons constituait un pool de mêmes initiaux déjà très différents de la langue européenne métropolitaine. D'une part parce que les colons utilisaient un sous ensemble du feature pool des langues européennes, car les colons aux contacts des engagés (travailleurs immigrés des plantations) étaient souvent d'origine modeste, et d'autre part parce que la langue des colons a elle aussi évolué localement au contact des langues des engagés. A partir de ce pool, déjà différent du pool métropolitain, les engagés des plantations qui ont appris la langue européenne ont sélectionné les mêmes qui étaient les plus adéquats, par rapport à la situation des plantations (écologie externe indirecte) et par rapport à leur langue native

(écologie externe directe, facteurs psychologiques et physiologiques). Ce processus de sélection a entraîné une spéciation de la langue native Européenne en créole, nouvelle langue vernaculaire. Mufwene insiste à juste titre sur l'importance des contraintes écologiques dans l'explication de l'évolution linguistique, car au delà du processus de répllication et de transmission des mèmes, c'est une écologie particulière qui détermine les facteurs de sélection culturelle.

En résumé, l'approche mémétique de l'évolution linguistique suggère que les langues sont des populations d'unités linguistiques qui sont fidèlement répliquées par les individus. Le *feature pool*, ensemble de tous les mèmes d'une langue, représente la variation initiale à partir de laquelle les mèmes sont sélectionnés. Cette sélection est déterminée par le contexte écologique dans lequel les locuteurs se trouvent. L'étude de l'évolution linguistique requiert donc la mise en évidence des facteurs écologiques qui sélectionnent les mèmes.

Cette approche repose, comme nous l'avons montré précédemment, sur le processus de répllication des traits linguistiques. Deux points peuvent donc être débattus, la fidélité de la transmission et l'indépendance de celle-ci par rapport au contenu.

En ce qui concerne la fidélité, des études récentes suggèrent que celle-ci varie en fonction de la fréquence des unités linguistiques (Lieberman, Michel, Jackson, Tang, & Nowak, 2007; Pagel, Atkinson, & Meade, 2007). Les mèmes les plus fréquents sont aussi ceux qui évoluent le moins vite. La fidélité peut donc être très élevée et semble être généralement importante. Les mots d'une langue par exemple, ne sont pas sujets aux mêmes variations que celles qui affectent le chant des oiseaux (voir ci-dessus, partie 2.3.1). Cependant, le degré de fidélité avec lequel les traits linguistiques sont acquis est susceptible de varier en fonction des unités linguistiques que l'on considère. On peut penser que la phonologie d'un terme peut être transmise plus facilement et avec une plus grande fidélité que le sens d'un mot. D'abord parce que la phonologie d'un mot peut être directement perçue, tandis que son sens ne peut être qu'inféré (voir aussi la partie 4.2, pp 266). Ensuite parce que le lien entre un mot et un sens peut être assez lâche. Il n'est pas évident par exemple que le sens du mot 'amour' soit copié fidèlement d'un individu à un autre. Au contraire, le lien entre un terme et sa phonologie est beaucoup plus strict, ce que l'on peut remarquer dès que l'on s'essaye à parler une langue étrangère. On peut donc penser que l'analyse mémétique est potentiellement plus adéquate dans le cas de la phonologie que dans celui de la sémantique.

Cependant, même dans le cas de la phonologie, il n'est pas toujours évident que la transmission soit indépendante par rapport au contenu. La phonologie des mots 'ordinateur' et 'calculateur' par exemple, peut sans aucun doute être répliquée à l'identique en français, mais pas celle de 'calculator' par exemple. Si ce dernier terme était introduit en français, utilisé par exemple pour désigner un nouvel ordinateur d'IBM, sa phonologie serait très certainement modifiée en 'calculateur' par les locuteurs. Il n'existerait pas dans ce cas deux variants, l'un issue d'une reproduction fidèle de l'anglais et l'autre francisé, qui se reproduiraient à des vitesses différentes. Le terme francisé serait activement reconstruit par les locuteurs. Cet aspect sera plus largement développé dans le dernier chapitre où nous traiterons de la partie constructive des mécanismes d'apprentissage et de leur importance dans l'évolution culturelle (voir notamment la partie 4.1, pp 233). Pour l'instant, notons simplement qu'il n'est pas évident que l'évolution linguistique, même phonologique, corresponde toujours au modèle du répliqueur bien que ce soit probablement souvent le cas.

Malgré cela, une raison qui laisse penser que le modèle mémétique est bien adapté à l'étude de l'évolution de la phonologie vient des contraintes liées à la communication. Un acte de communication linguistique ne peut en effet être réussi que si les individus qui communiquent parlent la même langue. C'est donc dans l'intérêt des locuteurs d'utiliser une phonologie très similaire, pour à la fois comprendre et être compris d'autrui :

The bottom line is that every individual speaks or signs in a way that is internally systematic. Communication with other individuals triggers mutual accommodations, which make the individual systems converge and thus become similar both in the ways individual sounds or signs are produced and in how they combine together into more complex interpretable units. What is really required in such settings is ability on the part of each participant to understand and be understood by others. Nobody is required to speak or sign in exactly the same way, and sameness hardly happens among idiolects. However, doing things in similar ways must facilitate mutual intelligibility. Languages as communal systems are construed on the basis of similarities in the ways people speak or sign in order to facilitate mutual intelligibility. (Mufwene 2008)

La remarque de Mufwene est d'autant plus vraie que les problèmes de coordination sont importants, ce qui est clairement le cas pour la phonologie, et beaucoup moins clair en ce qui concerne les autres unités linguistiques. On peut donc penser que les pressions de sélection qui ont conduit à l'émergence des capacités d'acquisition de la phonologie ont

été en partie dirigées vers une augmentation de la fidélité de reproduction des éléments phonologiques.

Les mécanismes psychologiques intervenant dans le langage ont donc probablement été, au moins en partie, sélectionnés pour leur fidélité de reproduction et c'est ce qui autorise, au moins en théorie, une approche mémétique de la linguistique, et surtout de la phonologie.

2.3.3 CONCLUSION

Nous avons vu à travers deux exemples comment la théorie mémétique pouvait être appliquée au domaine culturel. La mémétique s'applique aussi bien au chant des oiseaux qu'à la phonologie car dans les deux cas des pressions de sélection favorisent l'existence de mécanismes de reproduction fidèle. Dans les deux cas cette sélection est le résultat des contraintes liées au processus de communication et on peut donc s'attendre à ce que cette analyse s'étende aux autres modes de communication. L'analogie s'arrête là néanmoins, car la nature de l'information véhiculée par les deux modes de communication est très différente.

Dans le cas biologique comme dans le cas culturel, les systèmes qui permettent aux répliqueurs d'exister sont des systèmes dont la fonction est d'être suffisamment fidèle. Mais comme la reproduction n'est pas parfaite, une certaine quantité de variation et un processus de sélection darwinienne se mettent en place. L'importance de la théorie mémétique est donc subordonnée à la prévalence de pressions de sélections accroissant la fidélité des mécanismes d'apprentissage. La question qui se pose maintenant est donc la suivante : peut-on généraliser ces résultats à l'ensemble de la culture comme la mémétique se propose de le faire ? Ou encore : est-ce que la culture se transmet à travers des mécanismes psychologiques qui ont évolué pour être fidèles ?

2.4 LE ROLE DE L'IMITATION DANS LE MODELE MEMETIQUE

Pour montrer que l'évolution culturelle dans son ensemble est mémétique il faut montrer qu'il existe des mèmes qui se reproduisent via un ou des mécanismes psychologiques fidèles et indépendants du contenu. Dawkins, lorsqu'il propose la théorie mémétique, suggère que l'imitation pourrait être un tel mécanisme :

Tout comme les gènes se propagent dans le pool génique en sautant de corps en corps par le biais des spermatozoïdes et des ovocytes, les mèmes se propagent dans le pool des mèmes, en sautant de cerveau en cerveau par un processus qui, au sens large, pourrait être qualifié d'imitation. (Dawkins, 1976)

Nous verrons que ce faisant, Dawkins s'inscrit dans une longue tradition qui fait de l'imitation la pierre angulaire de la culture humaine. Cependant, et contrairement à ce que suggère Dawkins, la mémétique ne peut pas se contenter d'un processus qui « au sens large pourrait être qualifié d'imitation ». Au contraire, si la mémétique veut atteindre l'objectif qu'elle s'est fixé, à savoir de trouver un équivalent culturel des répliqueurs biologiques, elle doit s'en tenir à une définition stricte de l'imitation, en tant que mécanisme psychologique. Ainsi, nous montrerons que contrairement aux théories sociologiques et anthropologiques qui utilisent aussi le concept d'imitation, la mémétique repose sur une définition psychologique de celle-ci et c'est de là que naissent à la fois son originalité et ses faiblesses. En effet, et bien que certains psychologues et comportementalistes supposent que l'imitation au sens psychologique du terme est un mécanisme de reproduction fidèle, la fidélité dont il est question est généralement bien plus faible que celle observée en biologie et par conséquent bien incapable de produire à elle seule une stabilité suffisante pour permettre la sélection darwinienne.

2.4.1 L'IMITATION DU SENS LARGE AU SENS STRICT

L'imitation, dans un sens large comme celui que semble suggérer Dawkins, correspond au fait qu'un comportement produit par un individu peut être similaire à un comportement perçu par celui-ci. Ou encore, en reprenant le cadre que nous nous sommes fixés dans la première partie, une production publique au temps t peut causer

une représentation mentale qui a son tour peut causer une représentation publique identique au temps t+1 (voir Figure 7).

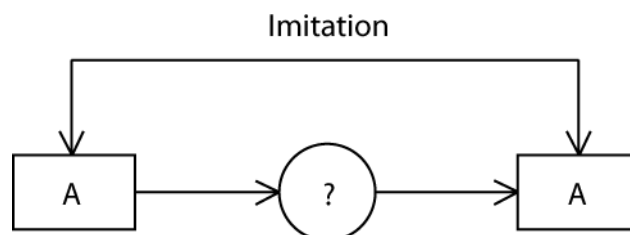


Figure 7 : L'imitation correspond à un rapport de similarité entre deux productions publiques. Le mécanisme responsable de cette similarité n'est pas spécifié (indiqué par ?). Figure adaptée de Sperber (2006).

Par exemple, les prénoms se transmettent typiquement par imitation, peu de prénoms sont réellement inventés, ils sont le plus souvent la simple copie d'un prénom déjà existant. C'est dans ce sens très large, qu'au moins depuis Socrate, sociologues et anthropologues attribuent à l'imitation un rôle prépondérant dans l'apparition et l'évolution de la culture humaine. Tarde par exemple, dans son ouvrage *Les Lois de l'imitation* (1890/1895), fait de ce processus de copie le cœur de sa théorie sociologique. Dans son ouvrage, Tarde essaye

de dégager, avec le plus de netteté possible, le côté *purement* social des faits humains, abstraction faite de ce qui est en eux simplement vital ou physique. Mais précisément, il s'est trouvé que le point de vue à la faveur duquel j'ai pu bien marquer cette différence, m'a montré entre les phénomènes sociaux et les phénomènes d'ordre naturel les analogies les plus nombreuses, les plus suivies, les moins forcées. (Tarde, 1890/1895)

Tarde perçoit donc une analogie profonde entre les phénomènes biologiques et les phénomènes sociaux et en arrive à la conclusion que c'est le phénomène de répétition qui est universel :

Chaque progrès du savoir, en effet, tend à nous fortifier dans la conviction que *toutes les similitudes sont dues à des répétitions*. Il y aurait, je crois, à développer cette proposition dans les trois suivantes :

1e Toutes les similitudes qui s'observent dans le monde chimique, physique, astronomique (atomes d'un même corps, ondes d'un même rayon lumineux, couches concentriques d'attraction dont chaque globe céleste est le foyer, etc.) ont pour unique explication et cause possible des mouvements périodiques et principalement vibratoires.

2e Toutes les similitudes, d'origine vivante, du monde vivant, résultent de la transmission héréditaire, de la génération soit intra, soit extra-organique. C'est par la

parenté des cellules et par la parenté des espèces qu'on explique aujourd'hui les analogies ou homologies de toutes sortes relevées par l'anatomie comparée entre les espèces et par l'histologie entre les éléments corporels.

3e Toutes les similitudes d'origine sociale, qui se remarquent dans le monde social, sont le fruit direct ou indirect de l'imitation sous toutes ses formes, imitation-coutume ou imitation-mode, imitation-sympathie ou imitation-obéissance, imitation-instruction ou imitation-éducation, imitation-naïve ou imitation-réfléchie, etc. De là l'excellence de la méthode contemporaine qui explique les doctrines ou les institutions par leur histoire. Cette tendance ne peut que se généraliser. On dit que les grands génies, les grands inventeurs se rencontrent ; mais, d'abord, ces coïncidences sont fort rares. Puis, quand elles sont avérées, elles ont toujours leur source dans un fonds d'instruction commune où ont puisé indépendamment l'un de l'autre les deux auteurs de la même invention ; et ce fonds consiste en un amas de traditions du passé, d'expériences brutes ou plus ou moins organisées, et transmises imitativement par le grand véhicule de toutes les imitations, le langage. (Tarde, 1890/1895)

Donc pour Tarde, l'imitation est la forme que prend le phénomène universel de répétition dans le domaine social :

Aussi bien, on reconnaîtra peut-être, en lisant ce travail, que l'être social, en tant que social, est imitateur par essence, et que l'imitation joue dans les sociétés un rôle analogue à celui de l'hérédité dans les organismes ou de l'ondulation dans les corps bruts. (Tarde, 1890/1895)

Dans ce sens, l'imitation est une observation, l'observation que certaines idées, certains comportements, se répètent. C'est dans ce sens que Tarde définit l'imitation, et bien qu'il reconnaisse explicitement l'importance de la psychologie dans la détermination des faits sociaux, il caractérise l'imitation comme un état passif du cerveau qui tend à re-produire ce qu'il perçoit :

Quoi qu'il en soit, j'espère au moins avoir fait sentir que le fait social essentiel, tel que je l'aperçois, exige, pour être bien compris, la connaissance de faits cérébraux infiniment délicats, et que la sociologie la plus claire en apparence, la plus superficielle même d'aspect, plonge par ses racines au sein de la psychologie, de la physiologie, la plus intime et la plus obscure. La société, c'est l'imitation, et l'imitation c'est une espèce de somnambulisme. (Tarde, 1890/1895)

En somme, Tarde part de l'hypothèse que puisque les formes sociales se répètent, elles sont le résultat de mécanismes qui re-produisent ces formes sociales et il désigne par imitation l'ensemble de ces mécanismes.

L'imitation, telle qu'elle est définie en général et plus particulièrement par Tarde, peut être le résultat de nombreux mécanismes psychologiques car elle n'est qu'une description d'un rapport de similarité entre deux productions publiques. Par exemple, il existe principalement deux méthodes qui peuvent être utilisées pour nouer ses lacets de chaussures²⁴. La première, que nous nommerons méthode deux boucles (DB), consiste à faire deux boucles, en tenir une dans chaque main, et à les nouer ensemble (voir Figure 8). La seconde, la méthode une boucle (UB), consiste à ne faire qu'une boucle dans un premier temps pour faire la deuxième en même temps que le nœud. Supposez qu'une personne en observe une autre effectuer le nœud deux boucles devant elle et que cette personne utilise le même nœud pour lacer ses chaussures. Dans ce cas il s'agit bien d'imitation dans le sens que nous venons de décrire, il existe un rapport de similarité entre le comportement observé et celui effectué. Pourtant, d'un point de vue psychologique, il y a deux possibilités très différentes qui peuvent conduire à ce résultat. Si la personne connaît déjà ce nœud, la mémoire est le principal mécanisme psychologique qui lui permet de lacer ses chaussures, par contre, si elle ne savait pas faire ce nœud et que c'est en le voyant faire qu'elle a appris à le faire, de nombreux mécanismes entrent en jeu, notamment ceux qui permettent de transformer une action exécutée par autrui en sa propre action²⁵. La mémoire dans ce dernier cas n'est pas le mécanisme prépondérant.

24 Ce qui est une simplification puisque Ian Fieggen, un spécialiste des lacets et de leurs nœuds, répertorie 17 méthodes pour nouer les lacets de chaussures, voir <http://www.fieggen.com/shoelace/index.htm>.

25 Je n'aborderai pas dans le détail les mécanismes psychologiques qui permettent l'imitation au sens strict (pour plus de détail voir Hurley & Chater, 2005b Vol 1.).

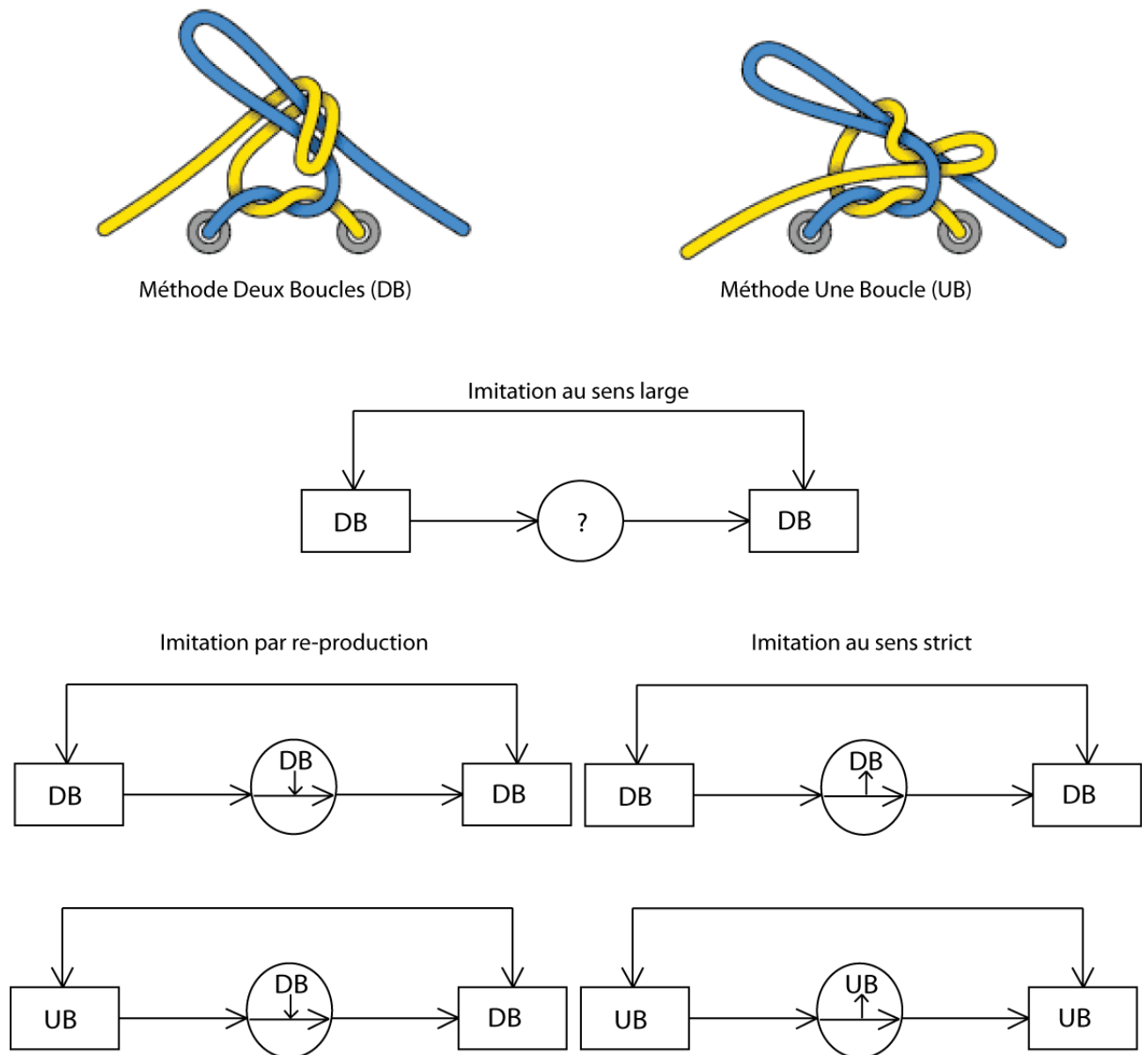


Figure 8 : Considérons deux variantes possibles et équivalentes pour lacer ses chaussures, la variante Deux Boucles (DB) et la variante Une Boucle (UB). Si un individu apprend par observation à lacer ses chaussures et que la variante DB lui est démontrée, il va reproduire cette variante. De même, si la variante UB lui est montrée, il aura tendance à reproduire cette méthode. Dans ce cas on peut parler d'imitation au sens strict car l'individu reproduit le comportement qu'il a observé indépendamment de la variante utilisée. Evidemment, si on montre à un individu qui connaît déjà le nœud DB un nœud DB, il reproduira ce nœud, mais si on lui montre un nœud de type UB, il produira quand même un nœud de type DB. Dans ce second cas, on ne peut pas parler d'imitation au sens strict mais juste de re-production.

L'imitation au sens large inclut les deux cas, elle ne fait donc pas la différence entre la production d'un comportement qui est en train d'être appris et la production liée à la réactivation d'un comportement déjà maîtrisé, alors même que ces processus mettent en jeu des mécanismes psychologiques très différents et ont des conséquences évolutives différentes.

En effet, si je connais déjà le nœud deux boucles, le comportement que j'observe n'est qu'une incitation à produire un nœud pour lacer mes chaussures, et bien que le résultat final de mon comportement soit similaire à celui que j'ai observé, ce comportement ne dépend que très faiblement de celui que j'ai observé. Par exemple, si le comportement que j'observe contient une erreur, je ne vais pas la reproduire. Donc l'imitation au sens large n'est généralement pas indépendante du contenu : au contraire de ce que l'on observe en génétique avec la réplication, un comportement 'muté', faire un nœud UB, est 'corrigé', en nœud DB.

A l'opposé, si j'apprends en observant un individu à faire un nœud deux boucles et que je réalise le même nœud par la suite, en plus du rapport de similarité qui existe entre la production publique que j'ai observée et celle que j'ai réalisée, existe aussi un rapport de causalité étroite entre mon comportement et celui observé. La similarité entre mon comportement avec celui que j'ai observé provient du comportement observé. Autrement dit, l'ensemble des mécanismes psychologiques qui m'ont permis d'observer, d'acquiescer et de produire ce comportement l'ont fait indépendamment du contenu de ce comportement. Si le comportement que j'ai observé contient une erreur, je vais reproduire cette erreur. L'imitation au sens strict est donc indépendante du contenu, au même titre que la réplication.

Pour faire la différence entre ces deux types d'imitation, nous parlerons de reproduction pour qualifier l'imitation du premier type et nous réserverons le terme d'imitation à son sens le plus strict. Comme l'a fait remarquer Sperber, seule l'imitation au sens strict peut être un équivalent du phénomène de réplication car elle seule garantit l'indépendance vis-à-vis du contenu (Sperber, 2000).

Ce fait est de la plus grande importance quand il s'agit de mesurer la fidélité avec laquelle les mèmes sont reproduits. En effet, la critique la plus importante de la mémétique, qui constitue le cœur de cette partie, repose sur l'idée que la reproduction des mèmes n'est pas assez fidèle pour qu'ils constituent des répliqueurs susceptibles

d'être sélectionnés. Comme l'ont noté de nombreux critiques de la mémétique (Bloch, 2000; Dennett, 1995; Sperber, 1985), et comme le reconnaît Dawkins :

The copying process is probably much less precise [in the case of memes] than in the case of genes: there may be a certain 'mutational' element in every copying event...
(Dawkins, 1982/1999)

Dawkins tente de répondre à cette objection en suggérant qu'il existe deux types d'imitation, l'une basée sur la reproduction du phénotype d'un mème, peu fidèle, et l'autre basée sur la reproduction d'une série d'instructions, beaucoup plus fidèle (Dawkins, 1999). Pour illustrer ce point, imaginez que l'on réalise deux chaînes de transmission. Dans chacune de ces chaînes on demande à une personne d'observer pendant quelques secondes un dessin, de le reproduire sur une feuille de papier et de transmettre son propre dessin à la personne suivante. On obtient un équivalent écrit du téléphone arabe en quelque sorte. En guise d'illustration, j'ai réalisé cette expérience avec Hugo Mercier et des étudiants de terminale. Partant de deux dessins différents, par exemple un caractère chinois et une lettre de l'alphabet, on obtient des résultats très différents (voir Figure 9). Dans le cas du caractère chinois on observe une accumulation de modifications successive et donc un taux de mutation important. Si l'on met les différents dessins dans le désordre il est relativement facile de les réordonner. Par contre, dans le cas de la lettre de l'alphabet, toutes les lettres se ressemblent et si les dessins sont mélangés il est quasiment impossible de les réordonner.

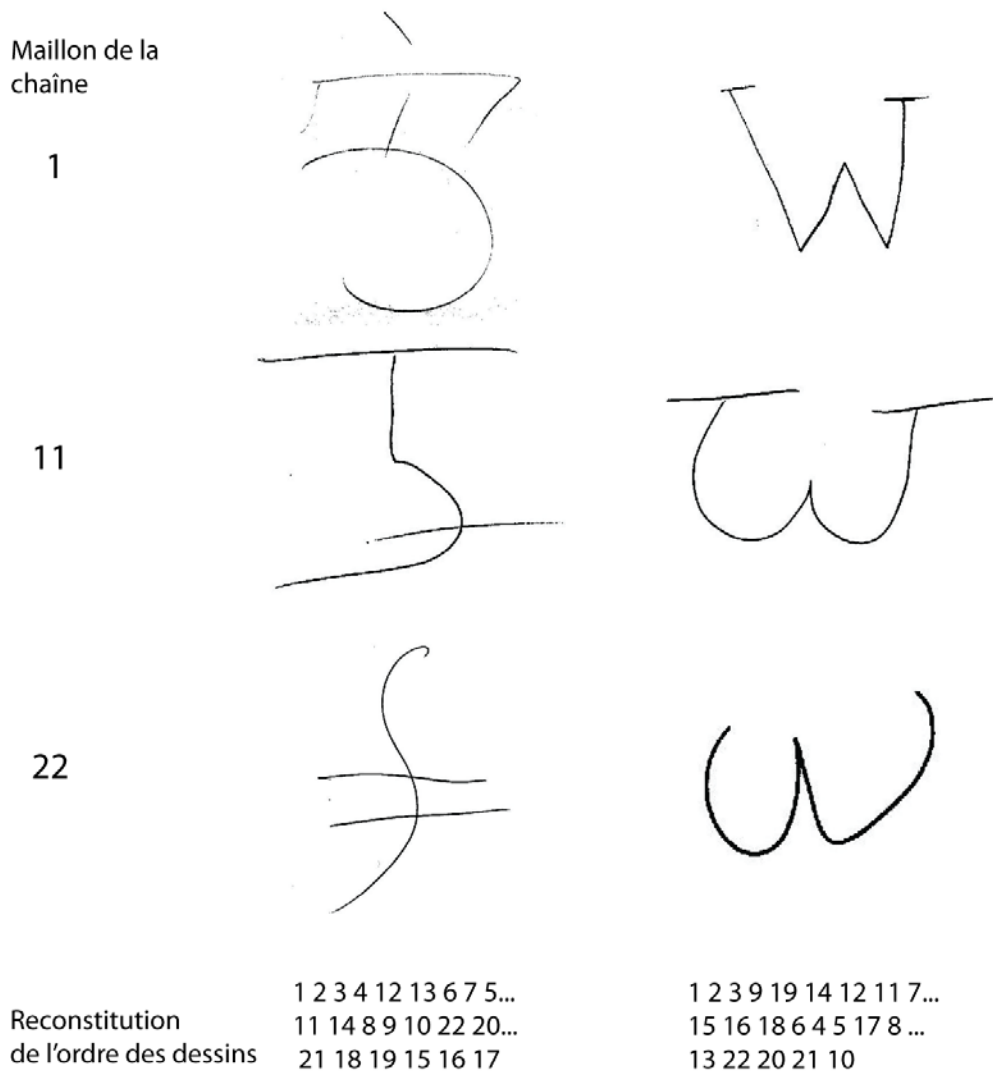


Figure 9 : Le ‘téléphone arabe écrit’. Les étudiants d’une classe de terminale regardaient un dessin pendant 10 secondes et avaient ensuite pour instruction de reproduire ce dessin de mémoire sur une feuille blanche. Ils transmettaient ensuite à leur voisin leur dessin qui l’observait pendant 10 secondes avant de le reproduire et le transmettre à son tour, etc. Les dessins des participants 1, 11 et 22 sont représentés dans deux cas, à gauche le dessin initial était un caractère chinois, à droite un W. A gauche, les dessins successifs du caractère chinois se déforment progressivement jusqu’à atteindre une forme simple. A droite, les dessins du W sont assez semblables les uns aux autres. Cela se traduit par le fait que les étudiants ont plus de facilité à retrouver la séquence de production des dessins dans le cas du caractère chinois que du caractère latin (en bas).

Dawkins explique cette différence de la manière suivante :

What is the crucial difference between the two kinds of experiment? It is this: inheritance in the [caractère chinois] experiment is Lamarckian (Blackmore calls it 'copying-the-product'). In the [caractère latin] experiment it is Weismannian (Blackmore's 'copying-the-instructions'). In the [caractère chinois] experiment, the phenotype in every generation is also the genotype – it is what is passed on to the next generation. In the [caractère latin] experiment, what passes to the next generation is not the paper phenotype but a set of instructions for making it. (Dawkins, 1999, entre crochet mon adaptation à l'exemple du texte)

Dawkins suggère que dans le premier cas les individus copient le phénotype du même, le dessin du caractère chinois tandis que dans le second cas ils infèrent du dessin une instruction du type 'Dessinez un W'. Dawkins conclue :

I believe that these considerations greatly reduce, and probably remove altogether, the objection that memes are copied with insufficient high fidelity to be compared with genes. For me, the quasi-genetic inheritance of language, and of religious and traditional customs, teaches the same lesson. (Dawkins, 1999)

Cependant, l'inférence d'une instruction ne peut pas être copiée d'un individu à un autre, ce processus est le résultat des capacités psychologiques des individus qui connaissent déjà les caractères de l'alphabet et qui interprètent leur représentation comme le résultat de l'intention par l'auteur du dessin de produire ce caractère :

The instructions are not being 'copied' in any useful sense of the term from one participant to the next. Certainly, instructions cannot be imitated, since only what can be perceived can be imitated. When they are given implicitly, instructions must be inferred. When they are given verbally, instructions must be comprehended, a process that involves a mix of decoding and inference (Sperber and Wilson 1995). The inference involved in either case draws on domain-specific competencies having to do with the attribution of intentions and with knowledge of the role of regular geometric forms in the formation of human intentions generally, and in [writing] in particular. Thus, the normalization of the instructions results precisely from the fact that something other than copying is taking place. It results from the fact that the information provided by the stimulus is complemented with information already available in the system. (Sperber, 2000, entre crochet mon adaptation à l'exemple du texte)

Autrement dit, lorsqu'un individu voit dessiner la lettre 'W', ce dessin active la représentation de la lettre que l'individu connaît déjà et c'est cette représentation qui intervient en grande partie dans la production du dessin ultérieur, ce qui n'est pas possible bien entendu quand il s'agit d'un caractère chinois inconnu des participants.

Sperber déduit de cette analyse trois conditions minimales que doit satisfaire tout processus de réplcation :

Let me generalize and define three minimal conditions for true replication. For B to be a replication of A,

- a) B must be caused by A (together with background conditions),
- b) B must be similar in relevant respects to A, and
- c) The process that generates B must obtain the information that makes B similar to A from A.

Another way to express this third condition is to say that B must inherit from A the properties that make it relevantly similar to A. (Sperber, 2000)

Cette définition correspond à la définition moderne de l'imitation en psychologie : l'imitation peut se définir comme le fait que

la perception par un observateur du comportement d'un modèle cause un comportement similaire chez l'observateur, de telle sorte que la similarité entre le comportement du modèle et celui de l'observateur joue un rôle, bien que pas nécessairement à un niveau conscient, dans la production du comportement de l'observateur. (Hurley & Chater, 2005a)

Quand il s'agit d'évaluer ce qui est imité, donc ce qui se réplique, de ce qui ne l'est pas, il faut être en mesure de discerner la part du comportement qui provient de la transmission sociale de celle qui n'en provient pas. Par exemple, Dennett suggère que certaines mélodies sont des mèmes particulièrement efficaces qui envahissent notre cerveau et se propagent quand on les fredonne ou que l'on en parle :

The other day, I was embarrassed—dismayed—to catch myself walking along humming a melody to myself. It was not a theme of Haydn or Brahms or Charlie Parker or even Bob Dylan: I was energetically humming "It Takes Two to Tango"—a perfectly dismal and entirely unredeemed bit of chewing gum for the Bars that was unaccountably popular sometime in the 1950s. I am sure I have never in my life chosen this melody, esteemed this melody, or in any way judged it to be better than silence, but there it was, a horrible musical virus, at least as robust in my meme pool as any melody I actually esteem. And now, to make matters worse, I have resurrected the virus in many of you, who will no doubt curse me in days to come when you find yourself humming, for the first time in over thirty years, that boring tune. (Dennett, 1995)

Si je comprends bien ce que veut dire Dennett, le mème de la mélodie 'It Takes Two to Tango' s'est imposé à son cerveau et se sera reproduit du fait qu'il en parle dans son livre. Nous avons déjà tous eu ce genre d'expérience, d'une personne qui fredonne ou qui vous parle d'une musique particulièrement obnubilante et qui, dès qu'on la

mentionne, vous encombre l'esprit pendant trop longtemps. Est-ce que cette musique se réplique ? Pour répondre à cette question il suffit de regarder ce qui se passe quand vous ne connaissez pas l'air en question : rien. Autrement dit, il faut déjà connaître ou apprendre la mélodie, éventuellement par imitation, avant de pouvoir être 'contaminé' par quelqu'un d'autre. Ce n'est donc pas la chanson qui se transmet, mais une simple évocation de cette chanson. Evocation qui suffit à activer la mélodie dont vous vous souvenez. On peut comparer cet exemple au rire. Si le rire est contagieux ce n'est pas parce qu'il se réplique de cerveaux en cerveaux par imitation, mais parce que voir une personne rire stimule l'activation de votre propre rire. Ce qui se transmet, le vrai même si l'on veut, n'est qu'une simple stimulation, une association entre ce que vous voyez ou entendez et ce que vous avez déjà acquis précédemment. De la même manière que lorsque vous entendez le mot 'chien', ou lorsque vous en voyez un, cela active votre représentation de ce mot.

L'imitation pour la mémétique est donc à prendre dans un sens strict, en tant que véritable imitation, mécanisme psychologique qui permet à un individu d'observer, d'acquiescer et de reproduire un comportement. L'importance de la théorie mémétique dépend donc en grande partie du rôle que peut avoir l'imitation dans les phénomènes culturels et l'on peut d'ores et déjà noter que ce rôle est forcément limité car il est évident que l'imitation n'est pas le seul mécanisme à l'origine de la transmission culturelle (Sperber, 2000). Si d'autres formes de transmission, en particulier la communication, étaient fidèles, les tenants de la théorie mémétique pourraient faire valoir que c'est un ensemble de mécanismes psychologiques, et pas seulement l'imitation, qui permettent la réplique des éléments culturels. Cependant, l'imitation constitue le meilleur candidat pour la théorie mémétique, seul mécanisme relativement général, relativement fidèle et indépendant du contenu. La communication n'est pas un tel mécanisme (ce qui sera discuté en détail dans la partie 4.2, pp 266) et les autres candidats potentiels sont trop spécifiques (e.g. l'acquisition de la phonologie). A ce point de la discussion, l'importance de la mémétique est donc déjà limitée.

Certains psychologues notamment soutiennent que l'imitation, dans son sens strict, joue tout de même un rôle fondamental dans les phénomènes culturels (e.g. Tomasello, 1999). Si tel est le cas la théorie mémétique pourrait rendre compte d'une part importante de l'évolution culturelle. Dans la prochaine partie nous allons montrer que la fidélité de l'imitation est trop faible pour que ce soit réellement le cas et nous en

concluons que la mémétique ne peut être qu'une théorie marginale dans l'étude des phénomènes culturels.

2.4.2 L'IMITATION NE GARANTIT PAS LA STABILITE DES ELEMENTS CULTURELS

L'idée que l'imitation joue un rôle prépondérant dans les phénomènes culturels est particulièrement répandue parmi les scientifiques qui étudient les cultures animales. En effet, des études récentes ont établi la présence de culture chez de nombreuses espèces d'animaux sociaux, tel que les chimpanzés, les orangs-outans, les rats, les oiseaux, les cétacés et même les bourdons (Boesch, 2003; J. Fisher & Hinde, 1949; Krutzen, et al., 2005; Noad, Cato, Bryden, Jenner, & Jenner, 2000; Rendell & Whitehead, 2001; Sherry, 2008; Terkel, 1996; van Schaik, et al., 2003; Whiten, et al., 1999). Le plus souvent ces études montrent que certaines communautés animales possèdent des comportements spécifiques dont l'existence ne peut pas être simplement attribuée à des causes génétiques ou environnementales directes, suggérant que ces comportements sont transmis socialement (Lycett, Collard, & McGrew, 2007; Whiten, et al., 1999).

Or, pour qu'un comportement nouveau devienne culturel il faut que deux conditions soient remplies : 1) le comportement doit pouvoir se propager socialement pour devenir fréquent dans la population et 2) il doit rester relativement stable au cours du processus de transmission. Les mécanismes d'apprentissage sociaux, que ce soient l'imitation ou d'autres mécanismes, permettent à certains comportements de se propager. Par exemple, les rats étudiés par Terkel et al., ont découvert un comportement efficace pour manger les pommes de pin et ce comportement, bien qu'il ne soit probablement pas appris par imitation, s'est propagé fidèlement parmi la population de rats vivants dans la forêt et s'est maintenu depuis (Aisner & Terkel, 1992; Terkel, 1996). Les études montrent que chez les animaux, les comportements qui se propagent sont aussi très stables (e.g. J. Fisher & Hinde, 1949; Kawai, 1965; Terkel, 1996), et il est souvent admis que le même mécanisme est responsable de la propagation et de la stabilité des comportements.

Parmi les nombreuses formes d'apprentissages social (Galef, 1988; Heyes & Galef, 1996; Whiten, Horner, Litchfield, & Marshall-Pescini, 2004), l'imitation est

censée avoir un rôle particulier à cause de sa très grande fidélité supposée. D'abord considérée comme une capacité proprement humaine permettant d'expliquer le plus grand développement de la culture humaine par rapport aux cultures animales (Galef, 1992; Tomasello, 1996; Tomasello, Davis-Dasilva, Camak, & Bard, 1987), certaines expériences ont permis de montrer que l'imitation fait partie du répertoire d'autres espèces, et notamment des chimpanzés (pour une revue historique voir Whiten, et al., 2004).

L'idée que l'imitation est un mécanisme particulier, adapté à la propagation des éléments culturels, a été critiquée par Heyes et Galef notamment (Galef, 1988; Heyes, 1993). Selon eux, l'imitation est un des mécanismes qui permet aux individus d'acquérir de nouveaux comportements, la propagation et la stabilité de ces nouveaux comportements dépendant d'autres facteurs que ceux impliqués dans leur acquisition. Par exemple, Galef a aussi insisté sur le fait que le bénéfice que tirent les individus de l'utilisation de ce comportement est un facteur essentiel de stabilité (Galef, 1995).

Personnellement, je pense que Heyes et Galef ont raison, mais le débat n'est pas tranché et seules des expériences complémentaires pourront résoudre la question. Toutefois, même si l'on accepte l'idée que l'imitation est un mécanisme de transmission original particulièrement fidèle, il n'est pas évident qu'elle garantisse à elle seule la stabilité culturelle. Le rôle que peut jouer l'imitation dans la stabilité des éléments culturels dépend, comme nous l'avons vu, de son degré de fidélité, mais cette question n'est généralement pas abordée dans la littérature (Mesoudi, Whiten, & Laland, 2004; Mesoudi, et al., 2006). Même dans le cas biologique, avec une fidélité du mécanisme de répllication souvent extrême, de l'ordre de 10^{-11} , la sélection doit être invoquée pour expliquer le maintien des gènes dans les populations. Pourtant, la plupart des chercheurs pensent que le degré de fidélité de l'imitation, même s'il est bien évidemment plus faible que celui de la répllication génétique, est suffisant pour expliquer la stabilité culturelle. Marino et al. par exemple, suggèrent que

Imitation is an important type of social learning that can readily lead to stable cultures. (Marino, et al., 2007)

Horner et al. remarquent que

what we really need to establish is whether chimpanzees learn from each other with *sufficient fidelity* for behaviour to spread within a community. (Horner, Whiten, Flynn, & de Waal, 2006)

Par ailleurs, Whiten et al. considèrent qu'il a maintenant été démontré expérimentalement que les chimpanzés

can sustain local cultures constituted by multiple behaviour patterns of different kinds, as apes have been hypothesized to do in the wild. (Whiten, et al., 2007)

Il a en effet été montré que les chimpanzés peuvent apprendre des comportements nouveaux et complexes à partir de la simple observation de congénères (Horner, et al., 2006; Huffman & Hirata, 2004; Sumita, Kitahara-Frisch, & Norikoshi, 1985). Les expériences ultérieures se sont focalisées sur des épisodes de transmission répétés de comportements entre les individus, exactement comme les chaînes de transmission que nous avons vues dans la partie précédente (K. Bonnie & de Waal, 2007; Dindo, Thierry, & Whiten, 2008; Horner, et al., 2006; Whiten, Horner, & de Waal, 2005; Whiten, et al., 2007). De ces expériences, Whiten et coll. concluent qu'ils ont atteint un état dans lequel chaque communauté expérimentale de chimpanzés peut être identifiée sur la base des comportements qu'elle a appris :

We provide robust experimental evidence that alternative foraging techniques seeded in different groups of chimpanzees spread differentially not only within groups but serially across two further groups with substantial fidelity. Combining these results with those from recent social-diffusion studies in two larger groups offers the first experimental evidence that a nonhuman species can sustain unique local cultures, each constituted by multiple traditions. (Whiten, et al., 2007)

Si la fidélité de l'imitation doit vraiment expliquer non seulement la diffusion mais aussi la stabilité des traditions des différentes communautés naturelles, quel degré de fidélité minimum doit être atteint ? Et est-ce qu'un tel degré de fidélité a été démontré expérimentalement ? Nous allons répondre à ces questions en faisant une revue de la littérature sur les expériences de transmission de comportement et en établissant un modèle de ces chaînes de transmission. Nous montrerons que le degré de fidélité atteint expérimentalement n'est pas suffisant pour garantir la stabilité culturelle parmi les communautés de laboratoire. Ce qui revient à dire que si les chaînes de transmission devaient durer plus longtemps et dans des conditions plus naturelles, les différences 'culturelles' observées finiraient par disparaître. Nous en concluons que l'imitation à elle seule ne peut pas expliquer à la fois la propagation et la stabilité des comportements culturels : d'autres facteurs, qui restent à déterminer, doivent intervenir.

Chaînes de transmission chez les chimpanzés

Plusieurs études ont documenté la diffusion de comportements culturels en milieu naturel, notamment chez les rats (Aisner & Terkel, 1992), les oiseaux (J. Fisher & Hinde, 1949; Sherry & Galef, 1984) et les macaques (Kawai, 1965). L'étude de la diffusion du 'lavage de pomme de terre' chez les macaques constitue un exemple particulièrement bien documenté et qui peut facilement être comparé aux études expérimentales qui ont été conduites ultérieurement. Brièvement, en 1953, des primatologues Japonais ont remarqué qu'une jeune femelle macaque nommée Imo transportait les patates douces qu'elle ramassait sur la plage jusqu'à une rivière toute proche pour les laver (Kawai, 1965). Cette habitude commença à se répandre dans la population de macaques, d'abord aux singes socialement proches d'Imo et ensuite aux autres singes. La propagation de ce nouveau comportement entraîna dans sa suite un nombre important de changements dans le style de vie de cette communauté et ce comportement, ainsi que les changements qu'il a entraînés, sont restés stables depuis maintenant près de 50 ans. Le 'lavage de pomme de terre' constitue bien un exemple de propagation de comportement culturel qui conduit à l'existence de différences stables entre les groupes d'une même espèce.

Malheureusement, il n'y a que très peu d'exemples de diffusion d'un comportement culturel aussi bien documentés, en partie parce que ce sont des événements rares et en partie parce qu'ils nécessitent de longues études de terrain. Pour pallier à ces inconvénients, Whiten et coll. ont construit un fruit artificiel duquel les chimpanzés peuvent obtenir à manger. Le fruit peut être ouvert soit en utilisant un bâton et un crochet pour lever une trappe, la technique 'lève', soit en insérant le bâton dans une porte et en poussant la trappe, la technique 'pousse' (voir Figure 10). En utilisant ce fruit artificiel, Whiten et al. ont réalisé une expérience avec trois groupes différents de chimpanzés. Dans le premier groupe ils ont entraîné à part une femelle dominante à utiliser la technique 'lève' et l'ont ensuite remise dans le groupe. Dans un second groupe ils ont entraîné à part une femelle dominante à utiliser la technique 'pousse' et l'on remise dans le groupe. Enfin, dans le dernier groupe ils ont isolé puis remis dans le groupe une femelle dominante qui n'avait pas été entraînée. Les résultats montrent que dans le groupe contrôle, aucun individu n'a réussi à ouvrir le fruit artificiel alors que dans les deux autres groupes les chimpanzés ont appris à ouvrir le fruit en observant

l'individu entraîné. Ce résultat vient conforter l'hypothèse selon laquelle les chimpanzés peuvent acquérir un nouveau comportement par imitation.

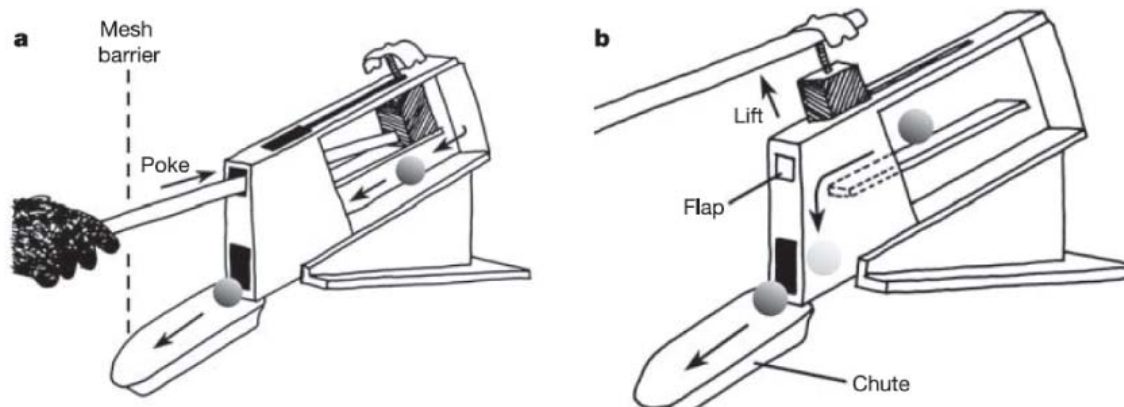


Figure 10 : Les deux techniques possibles pour ouvrir le fruit artificiel, pousse à gauche (a) et lève à droite (b) (reproduit de Whiten, et al., 2005).

Par ailleurs, les auteurs observent que dans les deux groupes 'lève' et 'pousse', la plupart des individus ont appris la technique que le modèle de leur groupe utilisait. La plupart, mais pas tous. Dans le groupe 'lève' par exemple, 8 chimpanzés ont utilisé la technique 'lève' exclusivement, 4 la technique 'pousse' exclusivement, 4 les deux techniques et un n'a pas réussi à ouvrir le fruit artificiel (voir Figure 11, les résultats ne concernent que les 30 premiers comportements par individus). Whiten et al. pensent que leurs résultats montrent que l'imitation peut créer des comportements spécifiques à certaines communautés :

To our knowledge, these data provide the first robust experimental demonstration of the spread and maintenance of (1) alternative traditions in any primate, and (2) alternative tool-use techniques in any non-human animal. Additionally, the 'two alternatives' methodology shows that learning involves not merely the facilitation of an existing competence, but a capacity to acquire particular local variants of the technique, precisely as required if the behavioural variants identified in wild populations are indeed socially transmitted. (Whiten, et al., 2005)

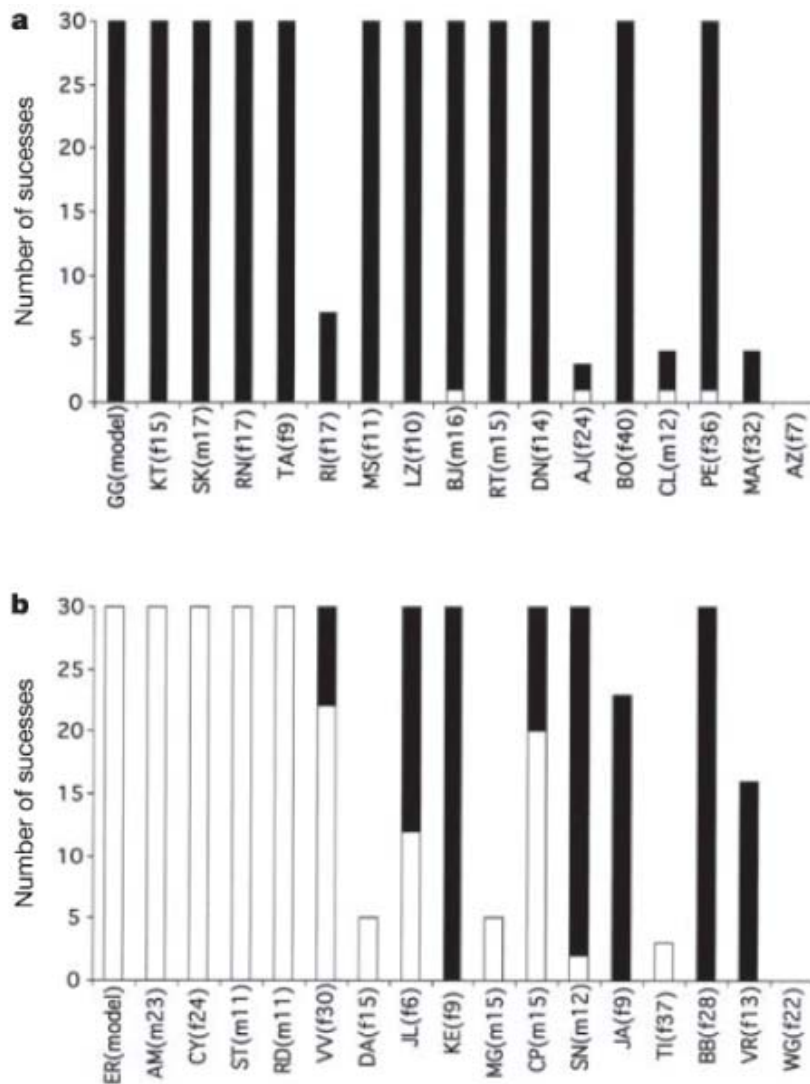


Figure 11 : Comportement des singes dans les groupes pousse (a) et lève (b). Les barres représentent le nombre de comportements qui ont permis au singe d’obtenir à manger (avec un maximum de 30). En noir sont représentés les comportements ‘pousse’, en blanc les comportements ‘lève’. La légende de l’axe des abscisses donne les noms des singes, GG et ER étant les deux singes préalablement entraînés. (reproduit de Whiten, et al., 2005)

Les expériences de Whiten et al. montrent effectivement que des comportements techniques nouveaux peuvent se répandre par imitation dans une communauté de chimpanzés, même dans des conditions de laboratoires. Ces résultats sont importants pour les études en milieu naturel car elles viennent confirmer l’idée que de nombreux comportements sont appris socialement. D’autre part, ce protocole novateur permet

d'étudier de manière systématique la diffusion des comportements grâce à l'apprentissage social.

Si ces expériences sont extrêmement pertinentes pour l'étude de la diffusion des comportements, elles sont cependant beaucoup moins concluantes en ce qui concerne leur stabilité.

Comme nous l'avons remarqué, tous les animaux n'ont pas utilisé la technique du modèle et cela n'a rien d'étonnant. Quand un animal en observe un autre utiliser une technique pour ouvrir le fruit artificiel, il peut obtenir des informations sur la séquence exacte de comportement qui permet d'obtenir la nourriture, ce que nous avons appelé imitation. Il peut aussi comprendre que de la nourriture est présente dans le fruit, ce qui peut l'inciter à explorer et redécouvrir une des deux techniques permettant de l'ouvrir, ce qui a été appelé émulation (Tomasello, 1998; Tomasello, et al., 1987). D'autre part, si un individu apprend une technique particulière cela peut augmenter le nombre d'interactions du singe avec le fruit artificiel et faciliter la découverte de la technique alternative. Etant donné toutes ces possibilités, il n'est pas étonnant que tous les animaux n'aient pas utilisé la technique du modèle. Ce qui est plus surprenant c'est que la plupart l'aient fait et cela montre bien que les chimpanzés imitent. Néanmoins, étant donné que quelques individus ont fini par découvrir la technique alternative et étant donné aussi qu'ils n'ont eu que peu d'occasions et peu de temps pour interagir avec les fruits artificiels (par rapport à des conditions naturelles), ces expériences ne montrent pas que l'imitation est suffisamment fidèle pour maintenir des cultures différentes comme celles qui ont été observées dans la nature depuis des années, voire des siècles (Mercader, Panger, & Boesch, 2002).

Whiten et al. ont re-testé les chimpanzés deux mois plus tard et ont montré que les différences entre les groupes 'lève' et 'pousse' étaient toujours présentes. Ils pourraient donc répondre que cela montre bien que les différences sont stables. Mais il n'en est rien car cela ne fait que montrer que les chimpanzés ont une bonne mémoire, ils se souvenaient de la technique qu'ils utilisaient deux mois auparavant. Cela ne montre pas que ces différences auraient persisté pendant deux mois si les fruits artificiels avaient été présents.

Que serait-il advenu si les chimpanzés avaient eu un accès illimité à de nombreux fruits pendant longtemps ? On peut penser que les deux techniques auraient

été essayées dans les deux groupes (ce qui était déjà le cas dans l'expérience de Whiten et al.) et que la plupart des chimpanzés auraient fini par utiliser la technique qui s'avère être la plus efficace, s'il y en a une, ou les deux techniques si elles sont équivalentes. Dans tous les cas, quelle que soit la technique initialement introduite, cela ne devrait pas avoir de conséquences sur le résultat final. Imaginez que la technique 'lève' par exemple soit introduite dans un groupe de chimpanzés mais que la technique 'pousse' s'avère être plus efficace. C'est ce que suggère le fait qu'un nombre plus important de chimpanzés soit passé de la technique 'lève' à 'pousse' que vice versa (Whiten, et al., 2005). Étant donné que certains individus ont découvert la technique 'pousse', cette technique devrait diffuser dans tout le groupe et remplacer la technique 'lève'. À l'opposé, dans un groupe où 'pousse' a été introduit, la découverte accidentelle de 'lève' ne devrait pas conduire à sa diffusion et au remplacement de 'pousse'. Au bout d'un certain temps les deux groupes devraient donc utiliser la même technique. Or c'est exactement ce que suggère l'étude de Hopper et al. dans laquelle les groupes étudiés convergent vers l'utilisation de la même technique (Hopper, et al., 2007). Ces remarques s'appliquent aussi aux autres expériences de Whiten et coll. (K. E. Bonnie, Horner, Whiten, & de Waal, 2006; Whiten, et al., 2007).

En conclusion, les études de diffusion de comportements culturels chez les chimpanzés ne montrent pas que l'imitation est assez fidèle pour expliquer la stabilité des différences entre communautés naturelles. Ces expériences montrent seulement que ces comportements peuvent diffuser par apprentissage social et notamment par imitation. L'étude des chimpanzés ne nous permet donc pas de conclure sur le degré de fidélité de l'imitation, pour cela il faut se tourner vers les études qui ont été réalisées sur les rats, les poissons et les humains.

Chaînes de transmission dans d'autres espèces

Dans une étude pionnière, Curio et al. (1978) ont appris à un merle noir captif (*Turdus merula* L.) à être apeuré par un passereau Australien (*Philemon corniculatus*) inoffensif. Par la suite Curio et al. ont montré un passereau à cet oiseau, que l'on appellera l'enseignant, en présence d'un autre merle naïf, l'apprenant. Curio et al ont montré que l'oiseau naïf apprenait à avoir peur du passereau en observant la réaction de l'oiseau enseignant. Pour vérifier que l'intensité de la réponse ne diminuait pas au cours de transferts multiples, ils ont réalisé une chaîne de transmission de 6 étapes en utilisant

l'individu naïf de l'étape n comme enseignant de l'étape n+1. Les résultats suggèrent que la réponse de peur peut se propager d'un oiseau à un autre sans perdre en vigueur, un résultat qui est aussi compatible avec les études ultérieures sur les singes rhésus (Mineka, Davidson, Cook, & Keir, 1984).

En suivant une procédure similaire à celle de Curio et al., Laland et Plotkin ont étudié la transmission du comportement de 'fouille' des rats de Norvège (*Rattus norvegicus*, Laland & Plotkin, 1990, 1992). Ils ont utilisé quatre conditions différentes :

1. Dans la condition 'standard', le premier rat enseignant avait préalablement été entraîné à retrouver des carottes enfouies dans le sol. Un individu naïf pouvait observer et apprendre à fouiller à la recherche de carottes en observant son congénère. L'individu naïf de l'étape n servait ensuite comme enseignant dans l'étape n+1.
2. La condition 'apprentissage individuel additionnel' était identique à la précédente, à ceci près que les individus naïfs avaient l'occasion de passer un moment supplémentaire pour chercher les carottes sans congénère à observer.
3. Dans la condition 'innovation', le premier enseignant n'avait pas été entraîné.
4. Dans la dernière condition 'contrôle', chaque rat était associé à un autre rat qui n'était pas entraîné et n'avait pas de carottes dans sa cage.

Les rats ont trouvé plus de carottes dans les trois conditions de transmission que dans la condition contrôle, ce qui suggère un effet important de l'apprentissage social. Mais ce qui est particulièrement important pour la discussion actuelle, c'est que la différence entre la condition innovation et les deux autres conditions de transmission a disparu après 5 ou 6 étapes (voir Figure 12). Dans les conditions 'standard' et 'apprentissage individuel additionnel', l'activité de fouille était initialement très importante, ce qui correspond au fait que les premiers enseignants avaient été entraînés à chercher des carottes. L'activité n'a fait ensuite que diminuer et a fini par se stabiliser après 5 épisodes de transmission. Dans la condition 'innovation' au contraire, le niveau d'activité était initialement très bas mais n'a fait qu'augmenter par la suite pour se stabiliser autour de 5 épisodes de transmission également. Ce qui est fondamental, c'est que dans les trois conditions le niveau d'activité atteint est finalement le même. Des conditions initiales et des modes de transmission différents n'ont pas induit de

différences stables entre les chaînes de transmission. Bien au contraire, celles-ci ont atteint exactement le même état final.

Des expériences ultérieures montrent que les rats utilisent de nombreux indices sociaux pour décider quelle nourriture manger, notamment l'haleine des autres rats, les marques de déjection et le comportement de leurs congénères. En fonction de l'importance et de la diversité de ces indices, les rats se basent plus ou moins sur l'information sociale pour prendre leur décision. Bien sûr, plus les rats sont influencés par les informations sociales, plus la vitesse à laquelle la différence entre les chaînes de transmission s'érode est faible, mais cela n'empêche pas l'érosion de se produire dans tous les cas (Galef & Allen, 1995; Laland & Plotkin, 1993).

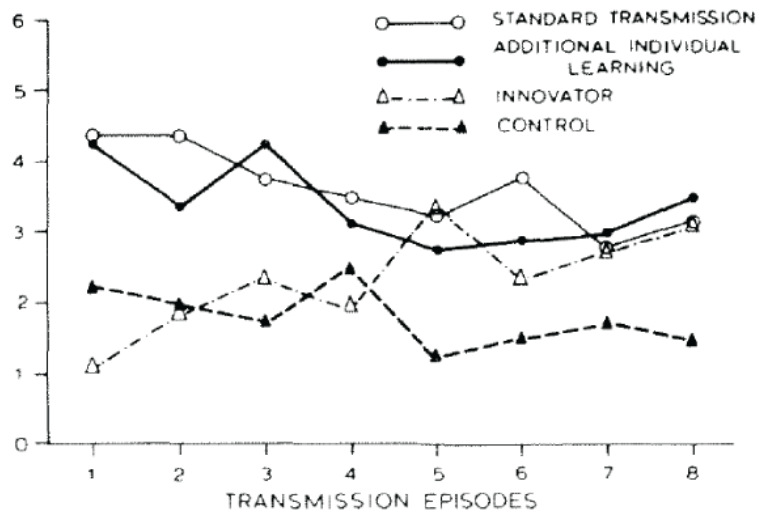


Figure 12 : Transmission des préférences alimentaires chez des rats. En ordonnée sont représentés le nombre de carottes excavées. En abscisses sont représentées le nombre d'étapes de transmission. Les quatre conditions sont celles décrites dans le texte. (extrait de Laland & Plotkin, 1990)

En adaptant la méthodologie de Jacobs et Campbell (1961, voir ci-dessous), Galef et Allen (1995) ont poursuivi les expériences de Laland et Plotkin en utilisant deux types de nourritures, Jh et Cp, qui étaient également préférées par les rats de Norvège (c'est-à-dire que des rats naïfs mis en présence des deux types de nourriture mangent autant de Cp que de Jh). Ils ont appris à deux groupes de quatre rats une aversion pour Cp dans un cas et Jh dans un autre. Chaque groupe de rats a ensuite été placé dans une cage avec deux bols, l'un rempli de Cp et l'autre de Jh. Après 24h ils ont

pesé la quantité de Jh et de Cp qui avait été mangée, remplacé un rat par un individu naïf et rempli à nouveau les bols de Cp et Jh. Après quatre remplacements de ce genre, ils ont remplacé l'individu qui avait passé le plus de temps dans la colonie par un individu naïf. Galef et Allen créent ainsi une chaîne de transmission avec un groupe et non avec un unique individu. Dans une première expérience, ils ont pu montrer que la différence entre les deux groupes de rats disparaissait au cours du temps, en accord avec les résultats de Laland et Plotkin et avec notre argument général. De plus, ils ont établi un résultat particulièrement important pour notre étude : quand les rats avaient accès en permanence à la nourriture, la différence entre les deux groupes disparaissait beaucoup plus vite que lorsqu'ils n'y avaient accès que trois heures par jour.

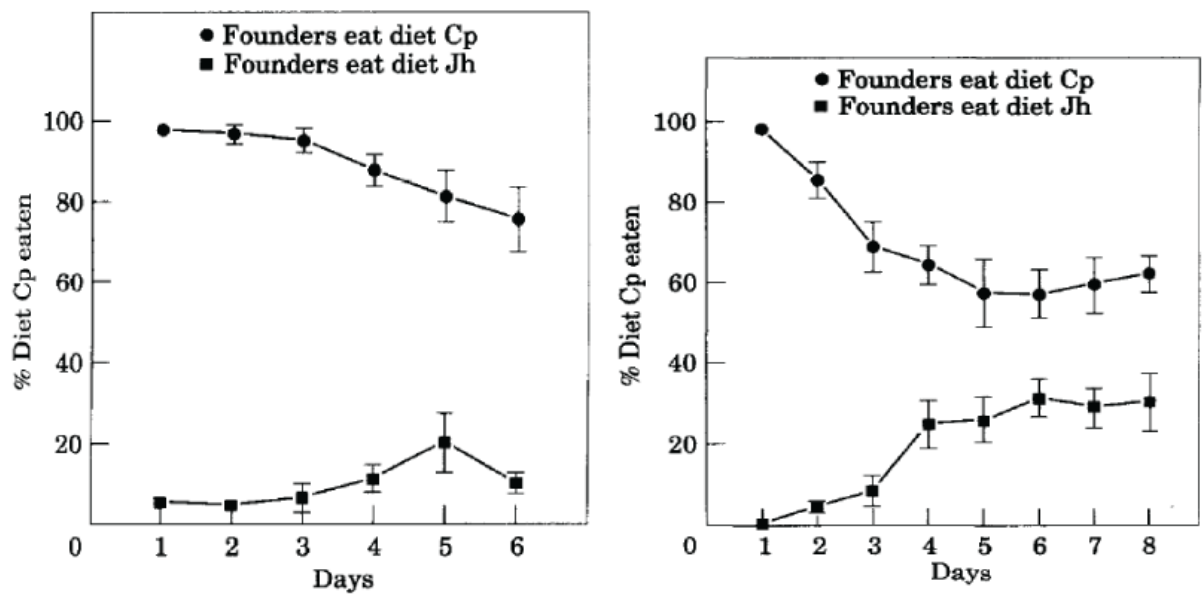


Figure 13 : Transmission des préférences alimentaires chez des rats. A gauche la nourriture était présentée aux rats pendant 3h, à droite pendant 23 heures. Chaque jour une nouvelle expérience était conduite. (extrait de Galef & Allen, 1995)

Ce résultat est absolument fondamental car si l'expérience n'avait été réalisée que dans la condition où la nourriture n'est présente que trois heures par jour, on aurait pu arriver à la conclusion erronée que lorsque la majorité des rats préfèrent un type de nourriture cette préférence est fidèlement transmise entre les individus. Ce qui aurait pu nous amener à conclure que le même mécanisme de transmission sociale est responsable de la propagation et de la stabilité des traditions de chaque groupe de rats et donc des différences observées dans la nature. Ce que ces expériences montrent c'est

que plus les individus se basent sur l'apprentissage social, que ce soit parce que les indices sociaux sont plus importants ou parce qu'ils ont moins de temps pour explorer leur environnement, plus le temps nécessaire à la disparition des différences culturelles entre les groupes est long. Mais au final, en l'absence de facteurs de stabilisation autre que l'imitation, ces différences finissent par disparaître de toute façon.

Un autre résultat important provient de l'expérience conduite par Laland et Williams (1998). Celle-ci est similaire à celle de Galef et Allen, mais elle a été réalisée avec des guppies (*Poecilia reticulata*). Laland et Williams ont entraîné des guppies à utiliser une de deux routes possibles pour accéder à un distributeur de nourriture. Dans certains groupes les guppies étaient entraînés à utiliser la route la plus courte et dans d'autre la route la plus longue. Dans chaque groupe, après 24h, un individu entraîné, ou si il n'y en avait plus, le plus vieil individu de la colonie était remplacé par un individu naïf. Conformément aux résultats précédents, le pourcentage de fois où la route la plus courte était empruntée était très élevé lorsque les guppies avaient été entraînés à utiliser cette route et a progressivement augmenté dans les colonies qui avaient été entraîné initialement à utiliser la route la plus longue. Donc la différence entre les colonies 'route courte' et 'route longue' a progressivement diminué au cours du temps (voir Figure 14).

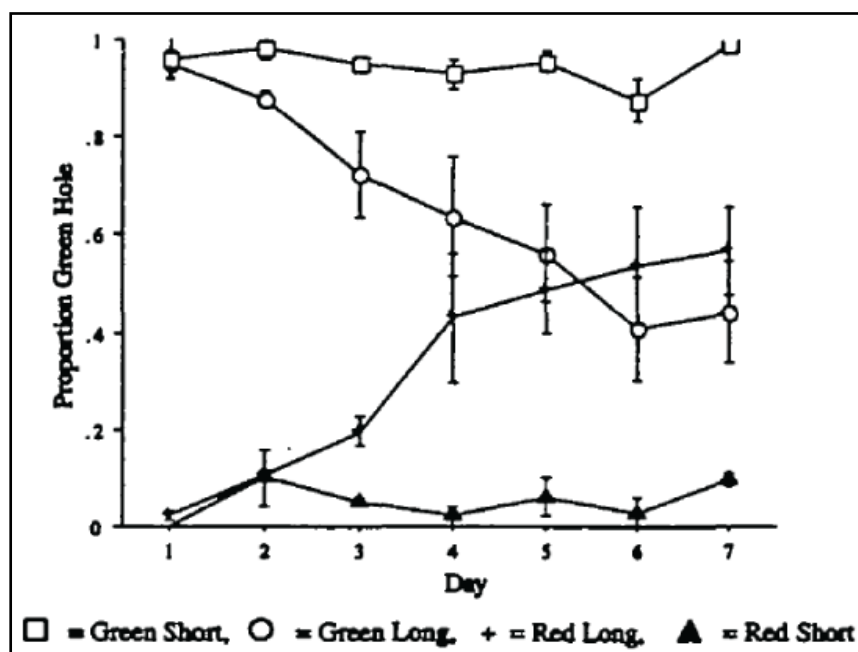


Figure 14 : Etude de la transmission des comportements de fourrage chez les guppies. (extrait de Laland & Williams, 1998).

Ce qui peut sembler surprenant c'est que les guppies naïfs n'aient pas simplement pris la route la plus courte, quel que soit le comportement des autres individus du groupe. Cependant, Bates et Chapell (2002) ont montré que si les individus étaient laissés seuls dans l'aquarium, les poissons naïfs utilisaient principalement la route la plus courte. Ce n'est qu'en présence d'un groupe de poissons que les guppies suivent le groupe. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le risque de prédation est généralement plus faible dans un groupe et les guppies pourraient avoir une tendance naturelle à rester dans un groupe dès qu'un tel groupe est dans le voisinage (Bates & Chappell, 2002; Day, MacDonald, Brown, Laland, & Reader, 2001). Si l'on accepte cette explication, ce qui devient surprenant c'est le fait que malgré une tendance naturelle à suivre le groupe, les individus arrivent progressivement à changer le comportement de tout le groupe, qui devient de plus en plus enclin à utiliser la route la plus courte. Ce qui est encore plus surprenant, c'est que lorsque les deux routes ont la même longueur, la différence entre les groupes disparaît quand même, chaque groupe utilisant alternativement l'une ou l'autre des deux routes équivalentes (Laland & Williams, 1997).

Tous ces exemples montrent clairement que chez les animaux, lorsqu'une différence initiale est introduite expérimentalement entre des groupes, cette différence tend à disparaître au cours des épisodes de transmission. C'est ce qui a été montré pour différentes espèces (rats et guppies), pour différents comportements (technique de recherche de nourriture, préférence alimentaire, préférence de fourragement) et avec différents niveaux d'importance de l'information sociale (3h d'exposition contre une exposition continue à la nourriture). Mais on pourrait objecter que l'apprentissage social chez les rats et les poissons ne se fait pas par imitation et donc n'est pas assez fidèle, tandis que dans le cas des chimpanzés, comme dans le cas de l'homme, c'est l'imitation qui est impliquée, qui est fidèle et qui garantirait la persistance des différences entre les communautés.

C'était en tout cas l'idée de Jacobs et Campbell (1961). Ils remarquèrent que de nombreuses normes sociales semblent être complètement arbitraires, spécifiques à certains groupes et néanmoins stables à travers le temps. Ils postulèrent donc que la persistance de ces normes pouvait être expliquée par une tendance des individus à imiter les autres membres de leur communauté. Pour tester cette hypothèse ils utilisèrent

l'illusion visuelle suivante (Sherif, 1936)²⁶: si un individu voit un point de lumière dans une pièce complètement noire, après un certain temps, l'individu a l'impression que la lumière se déplace. Cette illusion est très puissante, mais lorsqu'on demande aux participants d'évaluer la distance parcourue par la lumière, ils n'ont pas confiance dans leur réponse et peuvent facilement être influencés (Sherif, 1937). Jacobs et Campbell se sont dit que

... so labile is the autokinetic experience or at least the translation of it into judgments of linear extent, that one reading the reports of studies employing it might expect that an arbitrary group norm once established would be passed on indefinitely without diminution; that once well indoctrinated, the naive group members would become as rigid and reliable spokesmen for the norm as were the confederates who preceded them; that each new generation would unwittingly become a part of a self-perpetuating cultural conspiracy propagating superstition and falsehood. (Jacobs & Campbell, 1961)

26 Voir aussi Roher (1954) pour une expérience similaire employant l'illusion de Shérif.

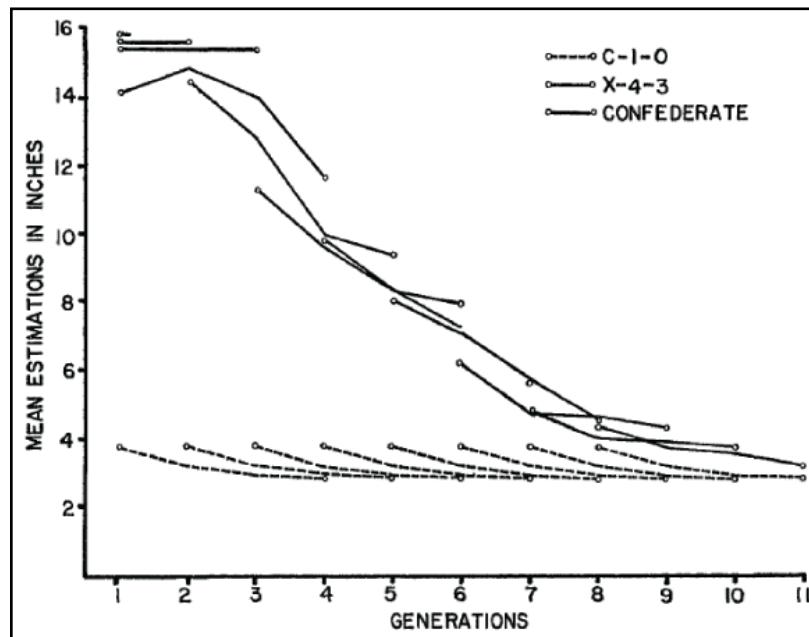


Figure 15 : Etude de la stabilité des jugements dans l'illusion de Shérif. La distance subjective donnée par les participants est en ordonnée, le nombre de générations expérimentales en abscisse. En pointillé sont représentés les jugements (4 successifs par participant) de 8 personnes seules. Dans cette condition contrôle on observe que les jugements sont proches de 4 pouces. En trait plein gras, les jugements de trois complices présents au début de l'expérience. Ces jugements sont très éloignés des jugements contrôle. En trait plein non gras, les jugements des participants dans l'expérience de groupe (4 jugements par participants). On remarquera qu'initialement il y avait trois complices pour un seul participant. (extrait de Jacobs & Campbell, 1961)

Jacobs et Campbell testèrent leurs prédictions en introduisant des complices au début de l'expérience et en les remplaçant progressivement par des individus naïfs jusqu'à ce que plus aucun complice ne soit présent. La transmission se poursuivit en remplaçant ensuite à chaque fois l'individu le plus 'vieux' par un individu naïf. Les complices annonçaient toujours que la lumière s'était déplacée d'une très grande distance (environ 16 pouces alors que la réponse moyenne des sujets lorsqu'ils ne sont pas influencés est d'environ 4 pouces). Les résultats sont très clairs et ont été partiellement répliqués ultérieurement (Zucker, 1977) :

The experimental comparisons were introduced in the expectation that induced cultures of differing strengths and persistence would be produced. In fact, there was some expectation that the strongest conditions might produce an arbitrary culture which would persist without apparent diminution. No condition produced a culture of any such strength, and among the three experimental groups starting with one naive respondent, the number of confederates in the groups had little if any clear-cut effect. (Jacobs & Campbell, 1961)

Alors qu'augmenter le nombre de complices n'a eu que peu d'effet, augmenter le nombre d'individus naïfs a eu des conséquences disproportionnées (un résultat qui est aussi en accord avec une autre étude sur les guppies Stanley, Kendal, Kendal, Grounds, & Laland, 2008). Avec deux complices et un individu naïf, en 5 épisodes de transmission, la différence avec le groupe contrôle disparaissait. Avec un complice et deux individus naïfs, le même résultat était obtenu en deux étapes seulement.

Est-ce que les chimpanzés sont différents ?

De toutes les chaînes de transmission que nous avons vues jusqu'à maintenant, pas une seule n'est arrivée à la conclusion que des différences arbitraires entre groupes pouvaient persister très longtemps. En fait, la chaîne de transmission la plus longue, réalisée dans des conditions extrêmement favorables dure 14 étapes (Galef & Allen, 1995), ce qui est bien loin d'expliquer la persistance des comportements culturels 'naturels'. Nous avons aussi remarqué que la vitesse à laquelle les différences disparaissent dépend de l'importance des phénomènes sociaux dans la détermination du comportement par rapport aux phénomènes individuels. Pour différencier ces deux ensembles nous parlerons de contribution causale sociale et de contribution causale individuelle au comportement. Trois facteurs qui influencent l'importance de la contribution sociale ont été identifiés :

1. Plus les facteurs sociaux convergent vers le même comportement, plus les individus accordent d'importance à ces facteurs (Galef & Allen, 1995; Laland & Plotkin, 1993).
2. Plus les individus ont de temps pour explorer différentes alternatives, moins ils accordent d'importance aux facteurs sociaux (Galef & Allen, 1995).
3. Plus la proportion d'individus naïfs dans le groupe est grande, moins les individus accordent d'importance aux facteurs sociaux (Jacobs & Campbell, 1961; Lefebvre & Giraldeau, 1994; Stanley, et al., 2008).

Ces quelques conclusions préliminaires sont en opposition avec celles obtenues à partir de l'étude des chimpanzés. Deux différences méthodologiques peuvent expliquer cette contradiction. D'abord, à la différence des chaînes de transmission que nous venons de voir, dans les expériences de Whiten et coll., les individus entraînés n'étaient pas remplacés par des individus naïfs mais restaient dans le groupe. Le conservatisme individuel, c'est-à-dire le fait qu'une fois qu'un certain comportement a été adopté un individu n'en change pas facilement, peut avoir joué un rôle plus important dans les expériences de Whiten et coll. Ensuite, les fruits artificiels n'étaient présentés aux singes que quelques heures par jour (typiquement 3 heures) pendant un période courte (typiquement 10 jours), ce qui limite considérablement les possibilités d'exploration. En dépit de ces facteurs augmentant la fidélité de l'imitation, les résultats de Whiten et coll. montrent quand même un début d'érosion.

Il est donc clair que pour l'instant les résultats expérimentaux ne permettent pas de conclure que les différences culturelles arbitraires peuvent persister parmi les communautés captives. En conséquence, ces expériences ne montrent certainement pas que l'imitation est suffisamment fidèle pour expliquer la stabilité des cultures animales observées dans la nature. Qui plus est, nous allons voir dans la prochaine section que les résultats théoriques sur la fidélité de l'apprentissage social confirment ces conclusions.

Le degré de fidélité de l'imitation

Les études que nous avons vues jusqu'à présent suggèrent que le comportement des individus est déterminé en partie par des facteurs sociaux et en partie par des facteurs individuels. Comme l'écrivent Jacobs et Campbell :

The deterioration of the cultural norm occurs, in part, because each naive respondent makes judgments somewhat lower, somewhat closer to the natural norm, than do the confederates or elder citizens serving as his mentors. [...] This clear-cut fact we take as supporting the interpretation that each judgment represents a pooling of the person's own observations (the value for which we infer from the control group) with the reported observations of others. In the resulting compromise the person's own observations are not given much weight, but they are given some. (Jacobs & Campbell, 1961).

Ce mélange entre contribution causale sociale et contribution causale individuelle est la force qui explique les résultats des expériences de chaîne de transmission. En réalité, nous allons voir qu'en l'absence d'autres facteurs de stabilité et étant donnée une chaîne

de transmission suffisamment longue, tant que les facteurs individuels ont un poids, même faible, les différences entre facteurs individuels et facteurs sociaux disparaissent.

Nous pouvons classer les expériences que nous avons précédemment étudiées en deux grands types, les expériences impliquant des variables continues et les expériences impliquant des variables discrètes. Laver ou non des patates douces, prendre la route courte ou la route longue, lever ou pousser... sont des exemples de comportements discrets. L'activité des rats, le pourcentage de nourriture d'un certain type qu'ils ont mangé, ou encore la distance parcourue par un point lumineux sont des exemples de variables continues. L'analyse s'applique dans les deux cas, mais pour simplifier l'argument, le modèle est calqué sur l'expérience 'lève-pousse'.

Dans cette expérience, deux comportements alternatifs sont possibles. Notons x_i le comportement d'un individu i . Si l'individu i pousse, alors $x_i = 1$, s'il lève, alors $x_i = 0$. Notons q_i la probabilité que l'individu i pousse durant une certaine session de l'expérience. Donc $q_i = P(x_i = 1)$. Notons q'_i la probabilité que le même individu pousse durant la session suivante de l'expérience. Si l'on considère qu'un certain poids est attribué aux facteurs sociaux et aux facteurs individuels, on peut considérer que :

$$q'_i = fS_i + (1 - f)P_i \quad (2.1)$$

Où S_i est la contribution sociale et est fonction du comportement des autres individus dans le groupe. P_i est la contribution individuelle. f représente le degré de fidélité, ou le poids qui est accordé aux facteurs sociaux. Si $f = 1$, seuls les facteurs sociaux, S_i , contribuent à déterminer le comportement de l'individu et si $f = 0$, seuls les facteurs individuels, P_i , contribuent au comportement. L'équation (2.1) fait donc l'hypothèse que le comportement des individus n'est pas conservateur : le comportement d'un individu ne dépend que des facteurs sociaux et des facteurs individuels, pas du comportement de la session précédente (x_i).

Pour simplifier²⁷ nous ferons l'hypothèse que les facteurs sociaux ont une influence linéaire et sont bien représentés par la proportion de type de comportement qu'un individu observe. Autrement dit, si un individu i observe quatre pousse et deux

²⁷ Ces hypothèses supplémentaires permettent de simplifier la démonstration et les conclusions qualitatives qui sont tirées du modèle n'en dépendent pas.

lève, $S_i = \frac{4}{4+2} = \frac{2}{3}$. Pour simplifier, nous ferons aussi l'hypothèse que le groupe est grand et qu'un individu observe de nombreux comportements, de telle sorte que, $S_i = \bar{x}$. Nous ferons aussi l'hypothèse que la contribution individuelle est fixe et la même pour tous les individus, $P_i = P_0$. P représente donc la probabilité qu'un individu utilise une technique en l'absence d'influence sociale, quand $f = 0$. Il est important de remarquer que f n'est pas la probabilité qu'un individu *découvre* une nouvelle technique. Dans l'expérience impliquant des guppies par exemple, nous avons vu que les poissons qui utilisaient la route longue quand ils étaient en groupe, utilisaient néanmoins la route courte quand ils étaient laissés seuls. Dans ce cas, P représente la route courte. Dans le cas de l'expérience 'lève-pousse', nous ne savons pas ce que feraient les chimpanzés qui ont appris les deux techniques quand ils sont seuls, mais à partir des résultats que nous avons vus, nous pouvons penser qu'ils utiliseraient préférentiellement la technique pousse. Avec ces hypothèses, l'équation (2.1) devient $x_i' = f\bar{x} + (1-f)P_0$.

D'habitude, dans les études des chaînes de transmission, ce qui nous intéresse c'est le comportement moyen du groupe durant chaque session. On peut calculer le changement du comportement moyen ($\Delta\bar{x}$) du groupe entre deux sessions :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) \quad (2.2)$$

Cette équation montre que le changement du comportement moyen d'un groupe est proportionnel à la différence entre la contribution causale individuelle (P_0) et la contribution causale sociale (\bar{x}). Ainsi, après quelques épisodes de transmission, le comportement moyen du groupe sera identique à celui que l'on aurait obtenu si aucun poids n'avait été donné aux facteurs sociaux. La fidélité de l'apprentissage social (f) détermine la vitesse avec laquelle la différence entre les facteurs sociaux et individuels s'érode. Plus précisément, la distance qui sépare les deux groupes est une suite géométrique de raison f (voir Figure 16). Donc, si f est proche de 1, le comportement moyen du groupe change lentement, par contre, s'il est proche de 0 il change très rapidement. Ce qui est important c'est que ce résultat ne dépend pas de la manière dont les x_i changent, ce qui paraît intuitivement correct. Si à chaque session le comportement des individus est une fonction de facteurs sociaux et de facteurs

individuels, le comportement moyen doit forcément converger vers celui déterminé par les facteurs individuels car c'est le seul changement possible.

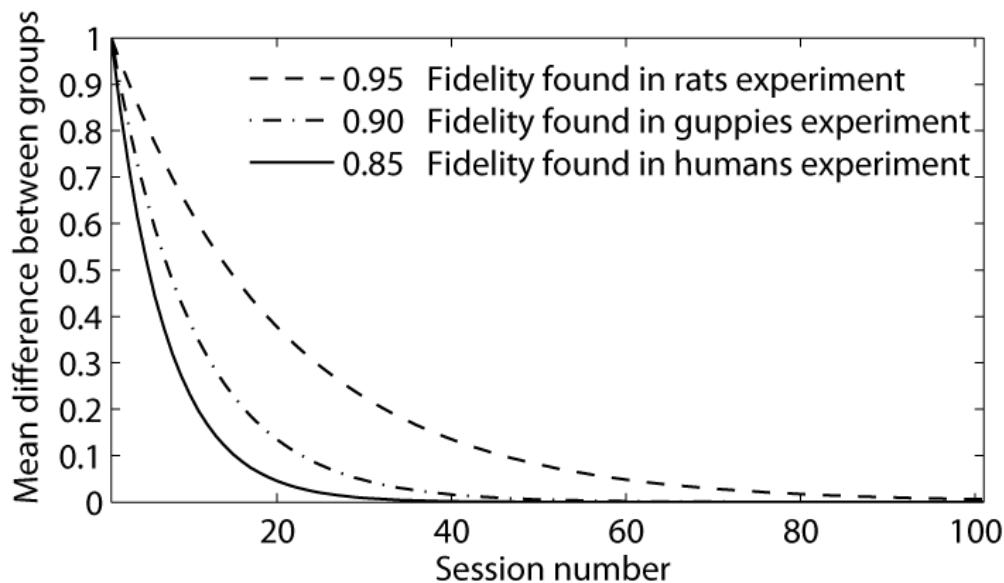


Figure 16 : L'effet de la fidélité sur la stabilité des différences entre deux groupes initialement maximale ment différents. Trois niveaux de fidélité différents sont considérés (voir Tableau 2). L'équation (2.2) est utilisée pour tracer les courbes.

De ce que nous venons de voir nous pouvons en déduire que si nous introduisons artificiellement des différences entre deux groupes expérimentaux, ces différences vont disparaître à une vitesse qui dépend de la fidélité de l'apprentissage social. Bien qu'il semble difficile de contester le fait que ces différences vont disparaître (comme toujours, en l'absence d'autres facteurs de stabilité), la vitesse avec laquelle elles s'érodent peut être débattue. Pour donner un ordre de grandeur de la fidélité qui est observée dans les conditions expérimentales les plus favorables, nous avons estimé celle-ci à partir de notre modèle et des expériences que nous avons vues précédemment (voir Tableau 2). Bien que ces résultats soient à prendre avec beaucoup de précautions étant donné le nombre très limité de données, on peut voir que le taux de fidélité varie en fonction des expériences et de l'espèce considérée mais reste généralement très important (dans tous les cas au dessus de 80%). Pourtant, en dépit de ce taux relativement élevé, aucune des études considérées n'a réussi à produire un phénomène ressemblant à de la culture.

Référence	Espèce	Fidélité de la transmission sociale	Nombre d'observations
Laland, K. N. and K. Williams (1998)	Guppies	0,89	7
Laland, K. N. and H. Plotkin (1993)	Norway rats	0,9	7
Galef, J. B. G. and C. Allen (1995)	Norway rats	0,95	10
Jacobs, R. C. and D. T. Campbell (1961)	Humans	0,86	5

Tableau 2 : La fidélité est habituellement élevée (plus de 80 %) dans les quatre expériences examinées. Nous avons utilisé une analyse de régression linéaire par la méthode des moindres carrés pour estimer f (la fidélité) dans chacune des quatre expériences étudiées. Pour chaque étude nous nous sommes intéressés à l'expérience la plus longue, la plus détaillée et la plus fidèle. En suivant l'ordre donné dans le tableau, nous avons utilisé les figures 2, 3, 5 et 4 des articles respectifs.

Conclusion

De nombreux psychologues et biologistes du comportement pensent que l'imitation est un mécanisme qui garantit la stabilité et la propagation des items culturels au cours du temps. Cependant, comme l'a fait remarquer Galef à ce sujet, il nous semble particulièrement important de dissocier les explications qui concernent l'origine d'un comportement de celles qui concernent sa persistance (Galef, 1988). Au contraire de ce qui est généralement admis, nous avons vu que les expériences sur les chaînes de transmission et les résultats théoriques montrent que l'imitation n'est pas assez fidèle pour garantir à elle seule la stabilité culturelle. Si l'imitation n'est pas suffisante, d'autres facteurs, que nous aborderons par la suite, doivent être impliqués. Pour l'instant, il nous faut conclure sur la théorie mémétique.

2.5 CONCLUSION DU CHAPITRE

La mémétique, quand elle propose qu'il existe des répliqueurs dans le domaine culturel, est une théorie qui nous force à décrire de manière précise l'analogie entre phénomènes biologiques et phénomènes culturels. Nous avons vu que les répliqueurs ne peuvent exister qu'en vertu de la fidélité et de l'indépendance par rapport au contenu du mécanisme de réplication. Ces propriétés de la réplication font qu'il existe un compromis ('trade off') entre la fidélité et la quantité d'information qui peut être répliquée. Plus la réplication est fidèle, plus la quantité d'information qui peut être répliquée est grande. Dans le cas biologique, la fidélité de la réplication est liée à la présence de mécanismes enzymatiques qui réparent et corrigent les erreurs qui se produisent sur l'ADN. La fidélité de la réplication est donc sous contrôle de la sélection naturelle, c'est une adaptation.

Si l'on transpose ces résultats dans le domaine culturel, si l'on considère que les mèmes sont des patterns d'activités cérébrales qui conduisent à certains comportements, alors il faut montrer qu'il existe des mécanismes psychologiques responsables de la réplication fidèle et indépendante du contenu des mèmes. Les cas du chant des oiseaux et de la phonologie permettent de mettre en évidence ce que serait une théorie mémétique de la culture. Les mèmes, chant ou partie du chant des oiseaux, traits phonologiques, se répliqueraient grâce à l'existence de mécanismes d'apprentissage qui ont évolué pour être relativement fidèles. Il n'est donc pas impossible qu'une théorie mémétique de l'évolution du langage, ou au moins de certains de ses aspects, phonologiques en particulier, proche de ce que propose Mufwene, puisse voir le jour et s'établir durablement. Toutefois, il est évident que tous les mécanismes psychologiques n'ont pas évolué pour préserver fidèlement l'information (pensez par exemple au raisonnement). La mémétique, en tant que théorie générale de l'évolution culturelle semble donc avoir un avenir limité.

Cependant, de nombreux scientifiques pensent que l'imitation joue un rôle particulièrement important dans la culture humaine, notamment grâce à sa fidélité. Si la théorie mémétique pouvait s'appliquer aux phénomènes qui sont appris par imitation au sens large, comme le suggère Dawkins par exemple, elle pourrait constituer un excellent point de départ pour la construction d'une théorie générale de l'évolution culturelle.

Mais ce n'est pas le cas. Nous avons montré tout d'abord que l'imitation, dans un sens large, ne possède pas les propriétés requises pour être un mécanisme de répliation et ensuite, que l'imitation, au sens strict, comme méthode d'apprentissage par observation, n'est pas assez fidèle. On peut donc conclure que la mémétique ne constitue pas une bonne approche des phénomènes culturels en général. Il ne faut pas exclure la possibilité que certains phénomènes soient bien représentés par une approche mémétique et cela sera d'autant plus probable qu'il existera des pressions de sélection naturelle favorisant une grande fidélité de l'apprentissage et que le contenu informationnel appris restera limité (ce qui exigera un taux de fidélité plus faible).

Deux conclusions plus générales qui ne sont pas liées à la validité de la théorie mémétique peuvent être tirées de cette étude. La première concerne la sociobiologie. La simple possibilité que les mêmes existent montre qu'il n'est pas nécessaire d'envisager la culture comme un système évoluant en étant « tenu en laisse par les gènes » (E. O. Wilson, 1978). La culture peut évoluer selon sa propre dynamique, en contraignant et en étant contrainte par l'évolution du système génétique et il faut envisager les deux systèmes comme des systèmes dynamiques en interaction. La seconde conclusion, qui est aussi liée à la première, est que certains items culturels n'existent que parce qu'ils ont des effets favorisant leur propre propagation. Un bon exemple est celui des hoax et un rapide tour sur hoaxbuster peut vous donner un aperçu de l'étendu du phénomène (<http://www.hoaxbuster.com/>). Le cas du Hoax 'Don du sang pour Noëlie' est particulièrement marquant (voir <http://www.hoaxbuster.com/hoaxliste/hoax.php?idArticle=56528>), en voici une version :

Bonjour,
 Auriez-vous la gentillesse de faire suivre ce mail à toutes vos listes d'envois ? Merci de votre implication.
 Ceci est un appel au secours venant du CHU de ROUEN, merci de le lire et de faire suivre au plus grand nombre de gens que vous connaissez.
 Bonjour à tous, si vous connaissez une personne de groupe sanguin A rhésus négatif (très rare), si cette personne est de préférence de sexe masculin et âgée de moins de 40 ans, alors elle pourra peut-être aider NOELIE, 1 ans atteinte d'une leucémie rare, à bénéficier d'une greffe. Le délai est très court : 2 mois.
 Contactez l'Établissement Français du Sang de Bois Guillaume au : 02.xx.xx.xx.xx
 NOELIE est pour le moment hospitalisée sous "bulle" à Rennes (35), hôpital Sud.
 Merci à tous,
 Fabienne HALOPEAU Centre Normandie Est Service TLE Tél : 02.xx.xx.xx.xx /
 fax 02.xx.xx.xx.xx / email : fhalopea@xxxxxxx.fr
 Dr Mathieu DUPONT
 Assistant-Chef de Clinique Service des Maladies Infectieuses et Réanimation
 Médicale au CHU de RENNES
 Tel: 02 xx.xx.xx.xx
 Fax: 02 xx.xx.xx.xx
 Dr Mathieu RIGAUDEAU

Assistant-Chef de Clinique
 Service des Maladies Infectieuses et Réanimation Médicale
 PS : A ceux qui en ont marre des chaînes : On va utiliser l'argument banal mais vrai : si ça vous arrivait, vous aimeriez beaucoup que les gens renvoient ce mail, et peut-être, trouver un donneur.

Ce hoax est malheureusement vrai dans les grandes lignes. La petite Noëlie était bel et bien atteinte d'une leucémie dont elle est décédée en 2004 (recherche personnelle). Selon toute vraisemblance le message a donc été lancé dans le but de trouver un donneur de moelle (et non pas de sang) courant 2003. Mais il serait vain de chercher à qui profite désormais la diffusion de ce message. Les services hospitaliers et les personnes dont les coordonnées sont communiquées sont débordés par le nombre d'appels qu'ils reçoivent à ce sujet car depuis 2003 ce message est l'un des 5 hoaxes rencontrés les plus fréquemment sur internet²⁸. Le message a acquis une dynamique qui lui est propre car il produit un effet qui conduit à sa copie et à sa diffusion. Comme le montre cet exemple, prendre le point de vue des items culturels et chercher ce qui conduit à leur transmission peut permettre de mettre en évidence l'aspect auto-suffisant de certains éléments culturels.

Au-delà de l'importance de la théorie mémétique pour les études culturelles, cette analyse montre l'intérêt de conduire une analogie poussée entre champs disciplinaires comparable au premier abord. Faire correspondre aux phénomènes biologiques des phénomènes culturels permet de mettre en évidence les limites des approches darwiniennes en biologie. Comme le souligne Dawkins :

My own feeling is that its [memetic] main value may lie not so much in helping us to understand human culture as in sharpening our perception of genetic natural selection. This is the only reason I am presumptuous enough to discuss it, for I do not know enough about the existing literature on human culture to make an authoritative contribution to it. (Dawkins, 1982/1999).

Si l'on se demande maintenant quelles sont les conséquences que nous pouvons tirer de cette étude pour la biologie, on remarquera qu'au côté de la culture, prolifèrent des mécanismes d'héritabilité non génétiques. Depuis quelques temps certains auteurs insistent sur l'importance de ces mécanismes pour l'évolution des organismes concernés et proposent de modifier en profondeur la théorie de l'évolution darwinienne pour prendre en compte ces mécanismes originaux (Jablonka & Lamb, 2006; Odling-Smee,

28 Source Hoaxbuster <http://www.hoaxbuster.com/hoaxliste/hoax.php?idArticle=15539> et recherche personnelle, voir aussi <http://www.hoaxbuster.com/hoaxliste/hoax.php?idArticle=2470>

Laland, & Feldman, 2003; Whitfield, 2008b). Pour ne prendre qu'un exemple d'héritabilité d'un comportement acquis, le lait maternel peut contenir des substances qui déterminent les préférences alimentaires des futurs adultes (e.g. Bilko, Altbaecker, & Hudson, 1994; Mennella, Jagnow, & Beauchamp, 2001). Ainsi, pour simplifier, si la maman lapin mange des carottes, les petits lapereaux préféreront plus tard les carottes, si elle mange des betteraves, ils préféreront les betteraves. Ce mécanisme d'héritabilité constitue un système alternatif au système génétique. Toutefois, au vu de la présente étude, il paraît clair que l'importance de tels mécanismes en matière d'évolution dépend de la complexité de l'information qui est véhiculée, donc aussi de la fidélité avec laquelle celle-ci peut être transmise entre les individus et au final de l'existence de pressions de sélection pour cette fidélité. Autrement dit, pour montrer que les mécanismes d'héritabilité non génétiques ont un rôle évolutif important, il reste à montrer que ces mécanismes ont des effets suffisamment stables et transmettent une information suffisamment complexe pour pouvoir donner lieu à des adaptations, aspect fondamental de l'analyse évolutionnaire.

3 LA COEVOLUTION GENE-CULTURE

La culture vue comme une adaptation

Dans la partie précédente nous avons montré que la stabilité des éléments culturels n'est pas liée à l'existence d'un mécanisme équivalent à la réplication dans le domaine culturel. Néanmoins, on peut tout de même penser que la sélection darwinienne peut expliquer la stabilité des éléments culturels, même si l'équivalent d'un mécanisme de réplication n'existe pas. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, le cadre sélectionniste ne suppose pas l'existence d'un mécanisme de réplication et accorde néanmoins une place importante au processus de sélection darwinienne. La théorie de la coévolution gène-culture à laquelle nous allons nous intéresser maintenant se conçoit dans ce cadre sélectionniste : sans mécanisme de réplication et avec la sélection darwinienne comme force évolutionnaire principale.

La théorie de la coévolution gène-culture s'intéresse aux relations entre l'évolution génétique et l'évolution culturelle. Née du débat sociobiologique, cette théorie suppose que les deux systèmes d'héritabilité sont partiellement indépendants et influencent l'évolution humaine conjointement. Le fait que l'évolution génétique influence l'évolution culturelle est consensuel, mais l'inverse est plus problématique. La question qui domine la théorie de la coévolution gène-culture est de savoir si la culture a pu changer l'évolution génétique de l'homme de manière significative. Des découvertes récentes montrent en effet que les premières traces d'éléments culturels, retrouvées sous forme d'agents colorants, de lames de pierre et de restes de coquillages, remontent à près de 165 000 ans (Marean, et al., 2007). Ces données concordent avec les estimations génétiques (Ingman, Kaessmann, Paabo, & Gyllensten, 2000) et les découvertes de fossiles (McDougall, Brown, & Fleagle, 2005) datant l'origine des premiers hommes

modernes à environ 200 000 ans. Durant tout ce temps, on peut penser que la culture a évolué graduellement (voir Klein, 2000 pour une hypothèse alternative; MCBrearty, 2007; McBrearty & Brooks, 2000) et il est envisageable que cette évolution culturelle ait modifié les pressions de sélection génétiques de telle sorte que culture et gènes aient co-évolués.

Plusieurs exemples confortent cette hypothèse (voir Durham, 1991; Feldman & Laland, 1996 pour des revues). L'exemple le plus parlant est certainement celui de la digestion du lait et plus précisément du lactose²⁹. A la naissance, les nouveau-nés disposent d'une enzyme intestinale qui leur permet de digérer le lactose, la lactase, qui a une forte activité enzymatique. La plupart des adultes, c'est-à-dire environ 75 % de la population adulte mondiale, perd une partie importante, entre 90 et 95 %, de cette activité enzymatique (Sahi, 1994). Ce phénomène, appelé intolérance au lactose, a été découvert dans les années 60 et peut être à l'origine de troubles de la digestion des produits laitiers, conduisant généralement à des dérangements intestinaux et des diarrhées. Depuis, il est devenu clair que l'intolérance au lactose est parfaitement naturelle et que cette baisse de l'activité enzymatique est répandue chez l'homme ainsi que chez la plupart des mammifères (Asp, 2001). De plus, cette intolérance est très variable entre les populations, avec seulement 5 % des adultes affectés en Europe (le taux le plus faible étant constaté au Danemark, 4 %) et plus de 80 % d'entre eux affectés en Asie et en Afrique (le maximum étant de 84 % chez les Mari, en Russie). Enfin, la perte de cette activité enzymatique est liée à la présence d'un unique gène récessif (Enattah, et al., 2002; Sahi, 2001).

L'hypothèse la plus parcimonieuse pour expliquer la répartition de ce gène entre les différentes populations humaines fait intervenir une pression de sélection naturelle s'exerçant dans certaines populations ayant une longue tradition de consommation des produits laitiers (Simoons, 1969, 1970). On peut penser que des pressions de sélection de l'ordre de 3 à 5 % s'exerçant durant moins de 6000 ans peuvent expliquer la répartition de ce gène en Europe (Flatz, 1987). Si tel est bien le cas, alors la domestication, ainsi que l'évolution des pratiques d'élevage et de nutrition ont modifié de manière importante les pressions de sélection naturelle s'exerçant sur le patrimoine génétique de certaines populations humaines.

²⁹ Pour plus de détail sur cet exemple du lactose, consulter l'édition spéciale *Lactose intolerance revisited*, Scandinavian Journal of Nutrition/Näringsforskning, Vol 45, 2001.

Il y a probablement eu coévolution, dans le sens où la consommation et la production de produits laitiers par les adultes devait être initialement faible, mais néanmoins suffisante pour que les individus ayant une plus grande capacité à digérer le lactose gagnent un avantage reproductif. La proportion de personnes digérant le lactose augmentant, la production et la consommation de produits laitiers a probablement augmenté également, renforçant ainsi la pression de sélection favorisant le gène permettant la digestion du lactose. Ce processus a été l'objet de quelques modèles coévolutionnaires (Aoki, 1986, 1987; Feldman & Cavalli-Sforza, 1989) et est généralement considéré comme étant un exemple typique de la théorie de la coévolution gène-culture (Feldman & Laland, 1996).

A première vue, il peut paraître surprenant de trouver que des différences culturelles aient eu des conséquences en termes d'évolution génétique au cours des quelques dernières dizaines de milliers d'années. Pourtant, nous savons que l'évolution génétique face aux maladies peut être extrêmement rapide. Certaines personnes par exemple sont résistantes au VIH et en Afrique subsaharienne, où le taux de personnes atteintes du SIDA peut être très important. Il ne fait aucun doute que ces personnes ont un avantage reproductif important. Si la situation actuelle perdure, si l'accès aux soins reste limité, si aucun traitement satisfaisant n'est découvert, alors il ne serait pas étonnant que les gènes responsables de cette résistance au VIH se propagent dans les régions où l'épidémie est la plus importante. Pour des raisons qui sont donc en partie proprement culturelles, telles que les pratiques sexuelles, l'organisation des familles, la richesse économique, l'éducation... on pourrait trouver des différences génétiques entre les populations humaines : les gènes de résistances se propageant aux zones les moins « protégées ». L'analyse des parties positivement sélectionnées du génome humain vient appuyer cette hypothèse ; les gènes qui ont été sélectionnés sont liés à des caractéristiques superficielles telles que la couleur de la peau, la pigmentation des cheveux et des facteurs de résistances à certains virus (Sabeti, et al., 2007). Il me semble donc très probable que la coévolution des gènes et de la culture existe. La question que l'on peut néanmoins se poser est celle du poids que jouent ces facteurs dans la dynamique culturelle. Les exemples que nous venons de donner, concernant la résistance aux maladies ou le régime alimentaire, sont en effet relativement marginaux par rapport à la dynamique des éléments culturels et on peut se demander dans quelle mesure ces résultats pourraient se généraliser aux autres exemples. Notamment, aucune

différence génétique régionale associée à des différences psychologiques n'a été découverte et il est extrêmement peu probable qu'il en existe. Dans ce cas, il faut admettre que depuis plus de 50 000 ans il n'y a pas eu, ou uniquement marginalement, de coévolution gène-culture, il y a eu évolution culturelle avec un patrimoine génétique quasi constant.

Le terme *coévolution* dans 'théorie de la coévolution gène-culture' renvoie donc plus aux origines de l'homme moderne qu'à l'évolution culturelle récente. Comme nous allons le voir, étant donné qu'il n'y a pas d'exemple permettant d'illustrer la plausibilité d'une coévolution de capacités psychologiques avec la culture, l'approche de la théorie de la coévolution gène-culture a surtout été théorique. Il s'est agi de montrer que théoriquement certaines capacités psychologiques auraient pu coévoluer avec la culture.

Origine de la théorie de la coévolution gène-culture

Les généticiens Luca Cavalli-Sforza et Marcus Feldman sont parmi les premiers à avoir développé, au début des années 70, une théorie de l'évolution culturelle inspirée des travaux en génétique des populations³⁰. Selon eux, c'est la compréhension des mécanismes de transmission de l'information génétique qui a permis le développement de la théorie moderne de l'évolution biologique et il faudrait de même développer une théorie de l'évolution culturelle fondée sur la connaissance des mécanismes de transmission qui prévalent dans ce domaine :

There is today a need for a theory of cultural change. ... Accumulated experience with the study of biological evolution has taught us that central to a satisfactory theory of evolution is the sound knowledge of the laws of biological transmission. Similarly, knowledge of cultural transmission should be important in understanding cultural change. Although cultural transmission has received little attention, it obviously differs greatly from biological transmission. [...] What emerges from the theoretical analysis is the idea that the same frame of thought can be used for generating explanations of such diverse phenomena as linguistics, epidemics, social values and customs, and the diffusion of innovations. With all of these we suffer from inadequate knowledge of the mechanisms of human behavior. (Cavalli-Sforza & Feldman, 1981)

30 Les travaux initiaux de Cavalli-Sforza et Feldman (1973; Feldman & Cavalli-Sforza, 1976, 1979) sont une élaboration progressive des modèles qui sont regroupés et développés dans leur livre (Cavalli-Sforza & Feldman, 1981).

Le travail de Cavalli-Sforza et Feldman est orienté vers le développement d'une approche quantitative des phénomènes culturels. Dans leur livre *Cultural Transmission and Evolution : a Quantitative Approach* (1981), les auteurs développent un ensemble d'outils dans le but de mesurer expérimentalement les paramètres qu'ils définissent de manière théorique (les articles de Cavalli-Sforza, Feldman, Chen, & Dornbusch, 1982; Guglielmino, Viganotti, Hewlett, & Cavalli-Sforza, 1995 ; Hewlett & Cavalli-Sforza, 1986; Yasuda, Cavalli-Sforza, Skolnick, & Moroni, 1974 sont des exemples d'application de la théorie proposée à des données de terrain). Leur approche repose sur la quantification des effets du couplage entre la transmission non génétique et la transmission génétique des phénotypes (voir Gayon, 2003, pour une discussion comparée de l'approche de ces auteurs vis à vis des autres possibilités théoriques). Par exemple, les auteurs demandent à des étudiants de Stanford de répondre à une série de questions sur leurs habitudes sportives, politiques ou religieuses, et de transmettre les mêmes questionnaires à leurs parents et à leurs amis. A partir de l'analyse des réponses ils en déduisent les valeurs des probabilités que chaque couple de parents transmette à leur enfant un certain comportement ou une certaine croyance. Ils montrent ainsi que les croyances religieuses et politiques sont principalement transmises verticalement, c'est-à-dire de parents à enfants, au contraire des activités sportives par exemple, et ils en déduisent que les activités sportives évoluent plus vite que les idées religieuses ou politiques (Cavalli-Sforza, et al., 1982). Cavalli-Sforza et Feldman étudient aussi les conséquences que peuvent avoir ces choix sur la dynamique évolutionnaire des gènes. Par exemple, si un gène favorise le choix d'une technique qui a des effets sur la fitness des individus, quelles peuvent être les conséquences pour l'évolution du gène ? Ou encore, si les individus ont tendance à s'accoupler en fonction de leurs traits biologiques et culturels, à choisir par exemple les individus qui leur ressemblent, quelles peuvent être les conséquences de ces choix sur l'évolution des gènes ? Cavalli-Sforza et Feldman développent des modèles qui permettraient, en présence de données suffisamment conséquentes, d'étudier empiriquement les réponses à ces questions.

Cependant, la théorie insiste sur l'importance des modes de transmission des items culturels (de parents à enfants, au sein de la même génération, etc.) et du choix des individus entre plusieurs alternatives, sans expliquer en détail l'origine de ces choix

et de ces modes de transmission. C'est surtout Durham qui développe initialement cet aspect de la théorie³¹.

En effet, l'anthropologue William Durham élabore lui aussi, dès 1976, une approche coévolutionnaire des phénomènes culturels (Durham, 1976, 1991). Durham rejette d'une part les interprétations sociobiologiques qui voient dans les phénomènes culturels le résultat de la sélection naturelle et d'autre part les théories anthropologiques qui ne reconnaissent pas le rôle des contraintes biologiques dans la formation des phénomènes culturels. Il se propose de combler le fossé qui sépare ces deux approches en suggérant que les traits des individus, qu'ils soient culturels et/ou biologiques, sont le résultat d'un processus de sélection augmentant la fitness. Autrement dit, Durham considère que la culture est une adaptation biologique :

In order to achieve a more complete understanding of human social behavior, it is therefore reasonable to seek a general theory of cultural change which is explicitly compatible with the theory of organic evolution by natural selection. In my opinion, the key to a complementary theory of cultural evolution lies in the observation of numerous scholars (both anthropologists and biologists) that culture is generally adaptive in the biological sense... (Durham, 1976)

Selon cette théorie, la culture est adaptative car elle est le résultat d'un processus de sélection culturelle guidé par le processus de sélection naturelle. En effet, pour Durham les choix des individus comme le choix de porter tel ou tel vêtement, de réaliser tel ou tel rituel ou d'utiliser telle ou telle technique, conduisent à la sélection des items culturels et ainsi à l'évolution culturelle. Or selon lui, ces choix, qu'ils soient conscients ou non, sont réalisés sur la base de critères qui sont les produits d'un processus de sélection naturelle au niveau génétique. Ce qui oriente la décision d'utiliser telle technique à la place de telle autre par exemple, repose sur une évaluation de l'efficacité de chacune des deux techniques et donc en définitive sur notre capacité à décider que telle chose est plus souhaitable que telle autre. Or cette capacité, d'évaluation et de choix des alternatives, est le résultat d'un processus de sélection naturelle par lequel les capacités qui conduisaient nos ancêtres à faire de 'mauvais' choix ont été éliminés et celles qui ont conduit nos ancêtres à faire les 'bons' choix ont été retenus ('bons' et 'mauvais' qualifient les résultats en termes de fitness des différentes capacités). Bien

³¹ Durham et Feldman sont tous deux professeurs à Stanford depuis 1977 et 1971 respectivement, mais il semblerait que chacun ait développé sa théorie indépendamment, malgré leur rapprochement théorique et géographique.

que Durham fasse l'hypothèse que la culture est une adaptation, il laisse en suspens la question de la fonction de cette adaptation.

Robert Boyd et Peter Richerson reprennent cette dernière question et publient *Culture and the Evolutionary Process* (Boyd & Richerson, 1985). Dans ce livre ils suggèrent que la sélection naturelle aurait favorisé l'émergence de dispositions psychologiques particulières qui auraient rendu possible l'émergence d'un système culturel. L'objet du livre est de donner des pistes d'analyse permettant de mieux comprendre quels mécanismes psychologiques sous-tendent la culture et comment ils ont pu évoluer. Pour Boyd et Richerson la culture est une adaptation qui a permis à l'homme de s'accommoder à de nombreux environnements différents :

People are smart but individual humans can't learn how to live in the Arctic, the Kalahari or anywhere else. Think about being plunked down on an Arctic beach with a pile of driftwood and seal skins and trying to make a kayak. You already know a lot-what a kayak looks like, roughly how big it is, and something about its construction. Nonetheless, you would almost certainly fail (We're not trying dis you; we've read a lot about kayak construction, and we'd at best make a poor specimen, without doubt). Even if you could make a passable kayak, you'd still have a dozen or so similar tools to master before you could make a contribution to the Inuit economy. (Richerson & Boyd, 2005)

Le thème central de la théorie de Boyd et Richerson est clair : le succès évolutif de l'homme est lié à sa très grande capacité d'accommodation. Or celle-ci provient de ce que nous avons appelé la culture. C'est l'accumulation progressive des connaissances, le perfectionnement des techniques et des savoir-faire qui font de l'homme un animal original. La culture est donc autant un résultat de la sélection naturelle que l'œil ; mais la culture, au contraire de l'œil, constitue un nouveau système évolutionnaire qui peut s'adapter à son tour à de nouvelles conditions environnementales. Il existerait donc deux niveaux d'adaptation, le premier génétique et le second culturel. Les capacités qui sous-tendent la culture auraient donc pu évoluer dans un contexte où l'homme aurait été confronté à une grande diversité d'habitats (Boyd & Richerson, 1985; Richerson & Boyd, 2005).

Richerson et Boyd notent que la période durant laquelle lesdites capacités auraient pu évoluer se situe dans le Pléistocène, époque particulièrement instable du point de vue climatique. En schématisant on peut donc résumer ainsi la théorie de Boyd et Richerson : durant le dernier million d'années l'homme aurait été confronté à des changements climatiques importants modifiant assez radicalement son environnement.

Ceci aurait accentué la pression de sélection sur des mécanismes psychologiques favorisant l'accommodation de l'homme à des milieux variables. Les mécanismes ainsi sélectionnés seraient à l'origine du phénomène que nous appelons la culture. Donc la culture est une adaptation biologique conférant à l'homme une grande capacité d'accommodation.

Les trois approches que nous venons de décrire dans les grandes lignes, celles de Cavalli-Sforza et Feldman, de Durham et de Boyd et Richerson, sont complémentaires, et bien qu'elles diffèrent dans le détail, elles reposent toutes sur un modèle commun que nous appellerons '*théorie de la coévolution gène-culture*'. Ce modèle repose sur les hypothèses suivantes :

1. La culture est une adaptation. Les effets de la transmission et de la sélection des items culturels sont en *moyenne* adaptatifs. Ce qui signifie aussi que localement et temporairement les effets peuvent être anti-adaptatifs.
2. L'évolution culturelle est le résultat d'un processus de sélection culturelle. Cette sélection est le résultat des choix, conscients ou non, des individus et ces choix sont en partie guidés par des critères qui ont été sélectionnés par sélection naturelle.
3. Une théorie de l'évolution culturelle doit donc reposer sur l'étude de la transmission des items culturels entre les individus.
4. L'approche suggérée est coévolutionnaire car elle cherche à expliquer à la fois comment l'évolution culturelle se produit et comment elle interagit avec l'évolution biologique. L'analyse peut et doit se faire dans les deux sens, c'est-à-dire des gènes vers la culture et inversement.

En plus de ces hypothèses théoriques, la théorie de la coévolution gène-culture s'est construite avec l'utilisation de modèles de génétiques des populations (Boyd & Richerson, 1985; Cavalli-Sforza & Feldman, 1981). En biologie cette approche repose sur la description d'un mode de transmission des gènes, par exemple biparental avec rencontre au hasard des parents, et des forces évolutives qui agissent sur les gènes transmis selon des modes définis, par exemple la sélection naturelle et la mutation. Les méthodes de génétiques des populations, qui remontent à la synthèse évolutionnaire, permettent d'intégrer relativement facilement un niveau d'héritabilité supplémentaire. Les gènes sont remplacés par des traits culturels ; on définit de nouveaux modes

d'héritabilité qui peuvent éventuellement être sans équivalent biologiques, et de nouvelles forces évolutionnaires. En utilisant la génétique des populations, on peut ainsi étudier les conséquences de tel ou tel mode de transmission ou force évolutionnaire sur l'évolution culturelle. Ensuite on peut complexifier le modèle en créant deux niveaux, un niveau culturel et un niveau génétique, faire des hypothèses sur les liens entre les deux, et modéliser la coévolution des deux systèmes.

L'approche de la génétique des populations dans le domaine culturel ne requiert donc pas une très grande similarité entre processus biologiques et culturels. Au contraire, elle reconnaît dès le départ qu'il existe une différence importante dans les mécanismes de transmission qui interviennent dans les deux cas. La théorie de la coévolution gène-culture ne fait donc pas appel au concept de réplicateur, à la différence de la théorie mémétique ; elle est une mise en œuvre adaptée au domaine culturel du cadre sélectionniste (tel que nous l'avons défini en première partie).

Ce qui est original dans cette théorie, c'est qu'elle propose de lier les deux modes de transmission, c'est-à-dire d'expliquer comment le système génétique peut évoluer pour donner naissance à un nouveau mode de transmission de l'information et comment la transmission de l'information culturelle peut modifier les pressions de sélection naturelle. Par exemple, Feldman et coll. ont modélisé l'évolution conjointe de certaines pratiques culturelles (infanticide ou avortement sélectif par exemple) qui affectent le sexe ratio des populations avec l'évolution des gènes qui déterminent le sexe ratio à la naissance (Kumm & Feldman, 1997; Laland, Kumm, & Feldman, 1995; N. Li, Feldman, & Li, 2000; Lipatov, Li, & Feldman, 2008). C'est dans ce sens qu'il faut comprendre le nom de *théorie de la coévolution gène-culture*³² : comme étude des rapports entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique.

32 Deux noms sont utilisés pour qualifier la théorie en question : théorie de la coévolution gène-culture (Durham, 1976) et théorie de la double héritabilité (Boyd & Richerson, 1980). Les deux termes sont utilisés de manière synonyme mais il me semble que le terme de coévolution rend mieux compte des ambitions de cette approche : modéliser à la fois deux systèmes qui évoluent et qui interagissent entre eux.

3.1 COMMENT LA CULTURE EST ELLE APPARUE ?

Le premier problème auquel doit faire face une théorie de la coévolution gène-culture concerne l'évolution des capacités culturelles. Etant donné que la culture, telle que nous l'avons définie, est présente dans un grand nombre d'espèces, il doit exister un ensemble de pressions de sélection naturelle qui favorisent l'émergence de capacités culturelles. La première idée qui vient à l'esprit est que la culture permet de réduire les coûts liés à l'apprentissage d'un comportement. Par exemple, il y a grossièrement deux manières d'apprendre à écrire au clavier, la première, celle que suivent la plupart des gens (en France), consiste à apprendre par soi-même, la seconde consiste à prendre des cours de dactylographie. Tout le monde s'accordera sur le fait que prendre des cours de dactylographie permet de réduire considérablement le temps d'apprentissage, augmente les performances, évite de prendre de mauvaises habitudes, etc. L'apprentissage social, i.e. les cours de dactylographie, est simplement plus rapide et plus efficace que l'apprentissage par essais et erreurs, i.e. par soi-même.

3.1.1 APPRENTISSAGE GENETIQUE, INDIVIDUEL OU SOCIAL

Jusqu'à la fin des années 80 ce constat semblait satisfaisant (e.g. Campbell, 1974). Cependant, en 1988, Rogers a soulevé un problème fondamental de ce point de vue (A. R. Rogers, 1988).

Imaginons, nous propose Rogers, qu'il existe une espèce d'animaux, que nous appellerons les Snerdwump, qui habite un environnement qui varie de temps à autres. Dans cette espèce, certains animaux apprennent par essais et erreurs le comportement approprié pour l'environnement dans lequel ils se trouvent. Le reste des Snerdwump copie le comportement des autres individus. Dans une telle situation, les Snerdwump évoluent jusqu'à un équilibre comprenant une certaine proportion d'animaux qui apprennent par essais et erreurs et d'autres qui apprennent par imitation (voir Figure 17).

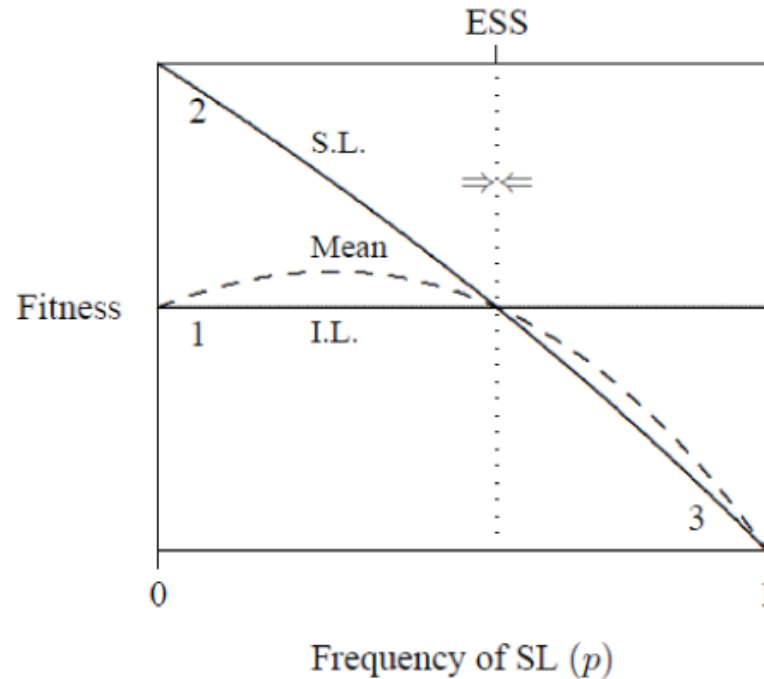


Figure 17 : Le paysage adaptatif des Snerdwump. (1) : la fitness des Snerdwump qui apprennent par essais et erreurs ne varie pas en fonction de la proportion de Snerdwump qui apprend socialement. (2) : la fitness des Snerdwump qui apprennent socialement est d'autant plus élevée que leur proportion est faible (car dans ce cas les individus qu'ils imitent sont ceux qui ont appris par essais et erreurs). (3) : la fitness moyenne est stable quand elle est identique à celle des individus qui apprennent par essais et erreurs. (reproduit de A. R. Rogers, 1988).

L'équilibre atteint dépend en grande partie de la fréquence des changements de l'environnement. Dans le cas extrême où l'environnement ne change jamais, tous les individus deviennent des imitateurs pour ne pas payer le coût associé à l'apprentissage par essais et erreurs. Dans l'autre cas extrême où l'environnement varie sans cesse, tous les individus apprennent par essais et erreurs car l'information sociale est toujours trompeuse. En accord avec ces hypothèses intuitives, des modèles plus développés ont permis d'établir les principaux résultats suivants (Aoki, Wakano, & Feldman, 2005; Feldman, Aoki, & Kumm, 1996; Henrich & Boyd, 1998; Wakano & Aoki, 2006; Wakano, Aoki, & Feldman, 2004) :

1. Si l'environnement est très stable, la sélection naturelle privilégie un déterminisme uniquement génétique.

2. Si l'environnement est très instable, la sélection naturelle privilégie un apprentissage uniquement par essais et erreurs.
3. Dans les cas intermédiaires, l'apprentissage par essais et erreurs et par imitation coexistent.

Ce qui est surprenant dans le modèle de Rogers, c'est que la fitness de la population à l'équilibre est toujours identique à celle des individus qui apprennent par essais et erreurs. D'une certaine manière, Rogers met en évidence le fait que réduire les coûts associés à un apprentissage ne permet pas d'augmenter la qualité de l'apprentissage. En copiant son maître, l'apprenant ne peut pas devenir meilleur, donc la fitness moyenne de la population ne peut pas augmenter avec l'apprentissage social.

Rogers fait remarquer que ce résultat présente une difficulté sérieuse à toute interprétation de la culture comme permettant aux individus de s'accommoder à des changements de l'environnement³³. L'apprentissage social, seul, ne contribue en rien à la capacité qu'a la population de s'accommoder à l'environnement local (Richerson & Boyd, 2005; A. R. Rogers, 1988). Pour bien comprendre cette idée, imaginons qu'une population de Snerdwump soit déplacée, d'un habitat disons tropical vers un habitat désertique. Ce que fait remarquer Rogers, c'est que des Snerdwump qui n'apprendraient que par essais et erreurs obtiendraient *à terme* exactement les mêmes adaptations que des Snerdwump qui apprendraient en partie par essais et erreurs et en partie en copiant le comportement des autres individus. L'apprentissage social ne permet pas dans ce cas d'acquérir de nouvelles accommodations, seulement *de propager plus vite celles qui existent déjà*. C'est pour cette raison que Rogers critique l'idée que la culture permet aux organismes de mieux s'accommoder à leur environnement.

³³ Rogers (1988) utilise le terme adaptation dans le sens d'une correspondance entre des organismes et leur environnement, indépendamment du fait que cette correspondance soit le produit de la sélection naturelle. Pour ma part, j'utilise dans ce travail la notion d'adaptation comme produit de la sélection naturelle (voir Sober 1984 à ce sujet). D'autre part, Rogers associe cette conception de l'adaptation au fait que la sélection naturelle ne produit de telles adaptations que si elle augmente la fitness moyenne de la population. Il reprend ici une interprétation classique du théorème de Fisher (1958) par Wright (1969) qui est malheureusement erronée (e.g. Frank & Slatkin 1992). Cela amène Rogers à conclure que bien que l'apprentissage social soit naturellement sélectionné ce n'est pas une adaptation car il n'augmente pas la fitness moyenne de la population. Pour ces raisons j'ai interprété l'analyse de Rogers en termes de production et d'exploitation d'information, et non en termes d'adaptation.

Une autre manière de voir le résultat de Rogers consiste à l'interpréter en termes de producteurs et de parasites de l'information. Dans le modèle de Rogers, les individus qui apprennent par essais et erreurs produisent de l'information à un certain coût, ceux qui les copient parasitent cette information car ils l'obtiennent sans en payer le coût. Beaucoup de phénomènes sociaux chez les animaux (pour une revue voir Danchin 2004) peuvent s'interpréter comme l'utilisation par des animaux 'parasites' ('scrounger') de l'information produite par d'autres animaux (pour la distinction entre 'information scrounger' et 'information producer' voir Kameda & Nakanishi, 2002).

De tels phénomènes ne se limitent pas au domaine culturel. Pour reprendre un exemple bien connu, dans le mimétisme Batesien une ou plusieurs espèces non toxiques imitent le signal d'avertissement d'une espèce toxique. Les membres de l'espèce toxique produisent une information coûteuse : par la production de toxines et d'un signal reconnaissable par leurs prédateurs potentiels. Les mimes parasitent cette information en copiant le signal mais en ne produisant pas la toxine. A l'équilibre évolutif, il existe une faible proportion de mimes dans l'environnement de l'espèce toxique. Le parallèle avec les phénomènes culturels que nous venons de voir est frappant. L'espèce toxique informe ses prédateurs qu'il faut éviter les individus qui émettent ce signal, ils produisent l'information 'attention à éviter' en payant le coût de la production des toxines. Les mimes exploitent l'existence de cette information : en imitant le signal d'évitement ils se protègent des prédateurs tout en évitant le coût de la production des toxines.

Luc Alain Giraldeau et Louis Lefebvre (1987) ont aussi montré comment la présence d'individus parasites de l'information pouvait nuire à l'apprentissage de certains comportements. Dans une série d'expériences avec des pigeons, ils ont montré qu'en présence d'individus capable d'ouvrir un tube et de répandre des graines sur le sol, certains pigeons ne font jamais l'effort d'ouvrir eux même les tubes : ils se contentent de suivre les individus qui le font à leur place et de récupérer les graines que ceux-ci répandent sur le sol. D'autre part, si on présente individuellement aux pigeons le même appareil, tous ou presque apprennent à ouvrir les tubes. Selon Giraldeau et Lefebvre, il existe un équilibre fréquence-dépendant entre les individus qui apprennent le comportement et produisent le bénéfice et ceux qui exploitent ce bénéfice sans apprendre le comportement. Clairement, la présence d'individus parasites limite la diffusion du comportement à quelques membres uniquement.

Il est donc fréquent qu'évoluent des capacités qui permettent aux individus d'exploiter l'information que produisent leurs congénères ou d'autres individus, que ce soit à travers des mécanismes d'apprentissage sociaux ou via le processus de sélection naturelle comme nous venons de le voir.

Dans une perspective plus générale, ces interprétations des résultats sous-estiment probablement la complexité des échanges d'informations qui peuvent se produire entre les individus, qu'ils soient d'une même espèce, comme dans le cas des pigeons, ou d'espèces différentes, comme dans le cas du mimétisme. Nous avons en effet tendance à caractériser les échanges d'informations entre les individus de manière simplifiée, comme le fait que certains individus produisent de l'information alors que d'autres l'exploitent. En réalité les échanges d'informations impliquent le plus souvent un mélange complexe d'intérêts communs et d'intérêts individuels (van Baalen & Jansen, 2001). Dans le cas du mimétisme Batesien par exemple, on peut penser que la présence du mime n'a pas un effet seulement négatif sur l'espèce toxique, sa présence pourrait contribuer à augmenter la densité de papillons ayant le même pattern et faciliter la reconnaissance et l'évitement de ceux-ci par les prédateurs. De manière encore plus flagrante, la présence d'une publicité peut à la fois vous informer sur l'existence d'un produit que vous recherchez et vous inciter à acheter quelque chose que vous ne désirez pas. Des études plus poussées montreraient donc probablement que l'évolution des mécanismes de transmission sociale est liée à des échanges d'informations plus complexes que ce que nous pensons actuellement.

Pour certains, comme pour Boyd et Richerson par exemple, il ne fait aucun doute que la culture humaine est plus qu'une exploitation de ressources informationnelles disponibles, c'est une adaptation qui permet à l'homme de s'accommoder à différents milieux :

This result [of Rogers' model] is disturbing to most people, because it conflicts with their intuitions about the role of culture in the human species. Since the first appearance of tools and other evidence of culture in the archaeological record, the human species has increased its range from part of Africa to the entire world, increased in numbers by many orders of magnitude, exterminated many competitors and prey species, and radically altered the earth's biota. Rogers's model must be incomplete. Culture is adaptive. (Richerson & Boyd, 2005)

Si l'on accepte cette hypothèse, alors il faut trouver ce qui fait défaut dans le modèle de Rogers.

Boyd et Richerson (1995) montrent par exemple, que si les individus imitent de manière sélective, cela augmente la fitness moyenne de la population. Pour reprendre leur modèle, imaginez que l'environnement puisse être dans deux états, sec ou humide par exemple, et qu'à chaque état corresponde un comportement approprié différent. Chaque individu mesure le taux d'humidité du milieu et doit décider si l'environnement est dans l'état humide ou sec. Au dessous d'un certain seuil d'humidité, il est évident que l'environnement est dans un état sec, au dessus d'un autre seuil, il est aussi clair que l'environnement est dans un état humide. Dans ces deux cas les individus ont intérêt à se fier à leur propre 'intuition' (c'est-à-dire à décider par eux même, par essais et erreurs en quelque sorte). Par contre, si la mesure du taux d'humidité tombe entre ces deux extrêmes la décision à prendre est incertaine. Dans ce cas, les individus ont souvent intérêt à imiter le choix des autres individus qui ont peut être eu une mesure plus déterminante. Boyd et Richerson montrent que la fitness moyenne de populations d'organismes qui se comporteraient de cette façon augmente par rapport à celle d'individus qui n'imitent jamais. L'imitation agit ici essentiellement comme un moyen de réduire l'incertitude lié à une décision. Si tout le monde imite quand la mesure est incertaine, ceux qui n'imitent pas sont ceux qui ont une bonne mesure, il y a donc une certaine probabilité pour que l'imitation guide l'individu vers le bon choix (cela dépend évidemment de la proportion d'imitateurs et de la fréquence des changements de l'environnement, etc.). Ce bénéfice de l'apprentissage social, lié à la réduction d'incertitude, pourrait rendre compte d'une autre partie des phénomènes culturels animaux tels que nous les avons observés.

Outre la réduction d'incertitudes, l'apprentissage social permet de bénéficier d'innovations inégalement réparties, à la fois pour des raisons de différences de capacités individuelles et pour des raisons purement aléatoires (pour une revue de la littérature sur l'innovation voir Ramsey, Bastian, & van Schaik, 2007; Reader & Laland, 2003). L'étude de la diffusion du comportement d'ouverture des bouteilles de lait par les oiseaux de Grande Bretagne par Lefebvre (1995) montre que la diffusion de ce comportement est compatible avec un modèle mixte dans lequel le comportement est redécouvert à plusieurs reprises et se transmet aussi entre les individus (voir aussi J. Fisher & Hinde, 1949; Sherry & Galef, 1984, 1990). C'est donc un ensemble de découvertes spontanées et de diffusion entre les individus qui permet d'expliquer la propagation de ce comportement (Viciano & Claidière, 2007). Enfin, la production

d'innovations peut aussi nécessiter une part d'apprentissage social. C'est le cas par exemple lorsque la production d'une innovation est distribuée entre plusieurs individus (Viciano & Claidière, 2007).

Un autre bénéfice potentiel de la transmission culturelle qui pourrait expliquer les aspects adaptatifs de la culture vient de l'aspect cumulatif de la culture humaine³⁴. Si chaque individu utilise une certaine partie de son énergie pour trouver ou améliorer un élément culturel qu'il a lui-même acquis d'un autre individu et qu'il peut ensuite transmettre, l'élément culturel est rapidement transformé vers un état optimal du point de vue des individus. Au contraire, si les éléments modifiés ne peuvent pas être transmis entre les individus, chaque individu peut éventuellement apporter certaines améliorations, mais à sa mort ces modifications disparaissent. L'ajout et la transmission d'améliorations successives constitue ce que Tomasello a appelé l'effet cliquet ('ratchet effect', Tomasello, Kruger, & Ratner, 1999) : une fois que le cliquet a avancé d'un cran il ne peut pas retourner en arrière, il ne peut que progresser dans un sens. A l'image du cliquet les éléments culturels s'améliorent progressivement au gré des modifications que leur apportent les individus et de la diffusion de ces modifications dans la population. L'effet cliquet est fondamental, sans lui il est même difficile de parler d'évolution culturelle : on peut observer des phénomènes culturels, ou la diffusion d'éléments culturels, mais il n'y a pas d'évolution des éléments culturels à proprement parler. Cet effet cliquet est lié à l'existence de forces évolutives qui dépendent du contenu des éléments culturels, comme la force de variation guidée et le biais de contenu (voir ci-après).

Avant de regarder plus en détail le fonctionnement de ces forces évolutives, j'aimerais revenir sur un aspect essentiel de la théorie de la coévolution gène-culture. Selon cette théorie, l'apprentissage social, et donc la culture, évolue face aux pressions de sélection imposées par un environnement temporellement ou spatialement variable (ni trop variable ni trop peu) pour réduire l'incertitude liée au choix des individus. Empiriquement cette hypothèse prédit que plus la situation est incertaine, plus les facteurs sociaux prennent de l'importance. Cela pourrait facilement être testé chez les

34 Certains auteurs soutiennent que cet aspect cumulatif de la culture humaine est ce qui la différencie des cultures animales (e.g. Richerson & Boyd, 2005; Tomasello, 1999). En effet, bien qu'il ne soit pas impossible qu'il existe des phénomènes culturels cumulatifs chez les animaux, y compris en ce qui concerne l'utilisation d'outils (Hunt & Gray, 2003), ces exemples restent relativement anecdotiques.

animaux comme chez les humains par des expériences de psychologie. Plus difficile à mettre en évidence serait l'existence d'une corrélation positive entre l'instabilité d'un ou de plusieurs paramètres du milieu de vie et l'importance des phénomènes culturels pour ces paramètres. Une étude comparative détaillée, avec un contrôle approprié pour les relations phylogénétiques, pourrait néanmoins révéler une telle association. Enfin, une dernière possibilité serait de mettre en évidence une augmentation de l'importance de l'apprentissage social lorsque la variabilité environnementale augmente.

Dans le cas humain, il a été suggéré que la variabilité environnementale au Pléistocène pouvait être responsable de l'évolution de la culture humaine (Richerson & Boyd, 2005). Les auteurs remarquent que les variations climatiques au Pléistocène (-2 Ma) étaient bien plus importantes à l'époque qu'elles ne le sont actuellement, que c'est au cours de cette période que l'on observe la plus forte augmentation de la taille encéphalique (ceci pour les primates en général et pour la lignée humaine en particulier) et que c'est aussi à cette période qu'apparaissent les premiers Homos. Ces observations sont donc en accord avec l'hypothèse générale selon laquelle les variations climatiques auraient entraîné une augmentation du volume encéphalique pour favoriser l'accommodation des individus aux environnements dans lesquels ils se trouvaient. Toutefois, même si les variations climatiques ont pu entraîner une augmentation de l'importance de l'apprentissage social et même si l'homme a pu être particulièrement sensible à cette pression de sélection, cela n'explique pas pourquoi la culture humaine est cumulative alors que les cultures animales ne le sont pas ou peu.

Boyd et Richerson proposent que l'évolution culturelle cumulative pose un problème de bootstrapping (d'amorçage, Boyd & Richerson, 1996). Le plus souvent les bénéfices que peut tirer un individu d'une adaptation sont immédiats. La nageoire par exemple procure un bénéfice immédiat aux poissons qui en possèdent une, indépendamment de la possession par les autres poissons de telles nageoires. Il est donc relativement aisé d'imaginer comment les nageoires ont pu évoluer : si un poisson mutant possédant une nageoire apparaît au sein d'une population de poissons sans nageoires, ce poisson se déplacera mieux dans l'eau et il va être sélectionné. Sperber appelle ce type d'adaptation des hétéro-adaptations pour les différencier des homo-adaptations telles que les systèmes de communications, de coordination ou de réciprocité en général (Sperber, communication personnelle). Contrairement aux cas des hétéro-adaptations, les bénéfices qu'un individu peut tirer d'un mécanisme de

communication dépendent du fait que les autres individus possèdent eux aussi ce mécanisme. Certaines plantes par exemple signalent à leurs congénères la présence d'herbivores en émettant un signal lorsqu'elles sont attaquées (I. T. Baldwin & Schultz, 1983; Karban, Baldwin, Baxter, Laue, & Felton, 2000). Ce signal est perçu par les autres plantes alentours qui se mettent alors à produire des toxines qui s'accumulent dans leurs feuilles. Ces toxines dissuadent les herbivores de les manger à leur tour. On voit bien que l'évolution d'un tel système pose un problème de bootstrapping. Le bénéfice que peut tirer un individu de la présence d'un système de signalement des herbivores et d'interprétation de ce message dépend de l'existence de ce système chez les autres individus. En d'autres termes, le trait ne peut être sélectionné que lorsqu'il est déjà répandu.

En ce qui concerne la culture, qui se transmet en grande partie grâce à la communication, le problème atteint un niveau de complexité supplémentaire. Dans le cas du langage par exemple, la faculté de langage permet d'apprendre des langues particulières. Pour que cette faculté soit adaptative, il faut non seulement qu'elle soit partagée par les membres d'une communauté, mais en outre qu'existe dans cette communauté une langue dont l'apprentissage s'appuie sur cette faculté de langage. Dans le cas du langage on peut cependant imaginer une succession d'étapes qui complexifient progressivement les capacités linguistiques en procurant à chaque fois un avantage sélectif aux individus qui les possèdent (voir par exemple Origgi & Sperber, 2000). Dans le cas de la culture en général, pour qu'un système cognitif capable d'apprendre socialement des comportements complexes évolue, il faut imaginer que ce système d'apprentissage soit répandu dans la population et qu'en plus il existe déjà dans l'environnement des comportements complexes dont l'apprentissage au moyen de ce système bénéficie aux individus. Ce problème de bootstrapping peut opposer une résistance sérieuse à l'évolution de la culture cumulative et expliquer pourquoi elle n'est développée que chez les humains (Boyd & Richerson, 1996).

Pour résoudre ce problème, il faut nécessairement que le passage d'un système non cumulatif à un système cumulatif s'accompagne de l'évolution d'une capacité psychologique originale. Deux perspectives différentes permettent d'aborder ce problème. La première possibilité consiste à considérer qu'un ou plusieurs mécanismes cognitifs ont évolué et ont rendu la transmission des éléments culturels plus fidèle et que cela a lancé un processus cumulatif. Boyd et Richerson proposent par exemple que

le développement de la théorie de l'esprit aurait permis l'évolution d'une capacité d'imitation fidèle et que ce soit cette capacité qui soit responsable de l'effet cumulatif de la culture (Richerson & Boyd, 2005). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, cette hypothèse est au mieux insuffisante car l'imitation, même au sens strict, ne garantit pas la stabilité des éléments culturels, et ne peut donc pas produire, à elle seule, une culture cumulative. D'autre part, l'imitation est présente chez d'autres espèces, comme les chimpanzés, qui ne possèdent pas de culture cumulative. Ce qui rend la culture humaine cumulative n'est donc lié ni à l'imitation, ni à un effet de la fidélité des mécanismes d'apprentissage.

Une seconde possibilité consiste à considérer que l'aspect cumulatif de la culture humaine vient du développement de capacités cognitives qui ont permis la transmission d'éléments culturels au contenu original. Selon cette hypothèse c'est avant tout ce qui a pu être transmis qui a changé la manière dont la culture évolue. Trois hypothèses principales ont été émises à ce sujet : la première concerne l'apparition du langage et d'un système symbolique, la seconde la complexification des relations sociales et la troisième la complexification de la production d'outils³⁵. Les hypothèses ne manquent donc pas, mais il est extrêmement difficile de les départager, d'autant qu'elles ne sont pas forcément mutuellement exclusives.

La théorie de la coévolution gène-culture fournit une hypothèse intéressante sur l'évolution des capacités d'apprentissage social, donc sur l'évolution de systèmes culturels en général (humains et animaux). Cependant, elle ne fournit aucune explication justifiant l'évolution de capacités proprement humaines qui rendraient l'évolution de la culture humaine cumulative. Elle ne résout donc pas le problème de bootstrapping que nous avons mis en évidence.

³⁵ Je ne décrirai pas plus avant chacune de ces théories, mais le lecteur intéressé pourra consulter les références suivantes : (Byrne & Whiten, 1988; Dunbar & Shultz, 2007; Herrmann, Call, Hernandez-Lloreda, Hare, & Tomasello, 2007; Silk, 2007) concernant la complexification des relations sociales et (Csibra & Gergely, 2005; Gergely & Csibra, 2005, 2006) concernant la complexification de la production d'outils.

3.1.2 CONCLUSION

La théorie de la coévolution gène-culture propose deux hypothèses intéressantes concernant l'origine évolutionnaire des capacités d'apprentissage social. Dans le premier cas, ces capacités d'apprentissage peuvent évoluer de telle sorte que certains individus 'parasitent' les comportements appris et découverts par d'autres, c'est le modèle de Rogers. Dans le second cas, en présence d'un environnement modérément variable, les capacités d'apprentissage social peuvent réduire l'incertitude liée aux changements environnementaux, c'est le modèle de Boyd et Richerson. Dans les deux cas, ces modèles peuvent certainement rendre compte de l'évolution des capacités d'apprentissage sociale chez les animaux et en partie chez l'homme.

La question de l'origine des capacités qui rendent la culture humaine originale et notamment cumulative demeure ouverte. A ce propos, il n'est pas évident que les mécanismes psychologiques à l'origine des aspects cumulatifs de la culture aient évolué pour transmettre les éléments culturels. La plupart des mécanismes psychologiques a évolué pour acquérir des informations utiles 'ici et maintenant', pas pour entretenir des éléments stables et répandus dans une population. Pour qu'un mécanisme psychologique évolue pour transmettre les éléments culturels, il faut que l'acquisition des éléments stables en général ait un effet bénéfique sur la fitness biologique.

D'autre part, l'existence d'un mécanisme évolué pour transmettre certains éléments culturels, comme dans le cas du langage, ne montre pas qu'il existe un mécanisme de transmission des éléments culturels *en général*, mais uniquement de spécifique à certaines catégories d'items. Autrement dit, il n'est pas évident qu'il existe des mécanismes psychologiques qui aient évolué pour transmettre les éléments culturels en général. Il pourrait exister des mécanismes psychologiques qui auraient évolué pour transmettre certains éléments spécifiquement qui par ailleurs seraient culturels.

En ce qui me concerne, et pour des raisons qui seront apparentes par la suite, il ne me semble pas évident que la culture soit une adaptation. La culture amplifie considérablement les capacités humaines et elle est responsable, sans aucun doute, de l'accommodation de l'homme à de nombreux environnements très différents. Mais c'est justement parce que la culture agit comme un catalyseur des capacités humaines, de quasiment toutes ses capacités, que la culture ne m'apparaît pas comme un phénomène unitaire, clairement circonscrit par un ou quelques mécanismes psychologiques qui lui

seraient proprement dédiés. Le phénomène que nous appelons culture pourrait résulter d'un assemblage divers de nombreuses capacités psychologiques ayant chacune évolué pour des raisons spécifiques.

3.2 COMMENT LA CULTURE EVOLUE ?

La théorie de la coévolution gène-culture part de l'hypothèse que la culture est une adaptation, donc qu'il existe des mécanismes psychologiques spécifiques qui ont évolué *pour* transmettre la culture. Bien sûr, ces mécanismes n'ont pas de raison d'être identiques à ceux que l'on observe en biologie. Au contraire, il est fort probable qu'ils soient nouveaux et qu'en conséquence, l'évolution de la culture suive une dynamique différente de l'évolution génétique. Selon cette hypothèse, la sélection naturelle aurait fait apparaître de nouvelles forces évolutives³⁶, propres au domaine culturel, qui, au même titre que la mutation, la sélection, la migration et la dérive en biologie, sont responsables de l'évolution culturelle.

Pour Boyd et Richerson, la culture est le résultat de mécanismes d'apprentissage originaux qui ont évolué pour permettre à l'homme de s'accommoder à des environnements variables temporellement et spatialement (Boyd & Richerson, 1983, 1985; Richerson & Boyd, 2005). Dès leurs premiers articles, Boyd et Richerson cherchent à caractériser les mécanismes psychologiques qui font que la culture est un système adaptatif (par exemple Boyd & Richerson, 1983). Dans leur dernier livre *Not by genes alone* (2005), ils présentent quatre ensembles de forces évolutives qui ont pu évoluer face à quatre pressions de sélection différentes³⁷ : la variation guidée (*guided variation*), les biais de contenu (*content based bias*), les biais fréquence-dépendants (*frequency based bias*) et les biais liés aux modèles (*model based bias*).

Pour Cavalli-Sforza et Feldman, ce sont les modes de transmission de la culture qui sont originaux (Cavalli-Sforza & Feldman, 1981). Par exemple, il existe selon eux un mode de transmission de plusieurs vers un, qui correspond au fait que plusieurs

36 A la différence des modes de transmission, les forces évolutives modifient la composition des populations. En l'absence de force évolutives, quel que soit le mode de reproduction par lequel se transmettent les éléments (génétiques ou culturels), leur distribution reste inchangée. En présence de forces évolutives, la manière dont la distribution des éléments change au cours du temps dépend du mode de transmission.

37 Je reprends ici les dénominations de leur livre le plus récent, mais les effets de toutes ces forces ont été analysés dans leur livre de 1985 et l'essentiel des résultats de modélisation présentés proviennent de ce dernier ouvrage.

individus interviennent dans la transmission d'un élément culturel vers une seule personne donnée, une forme de pression de groupe. Ces modes de transmission reposent sur la description de la manière dont circulent les éléments culturels entre les individus.

Les forces évolutives de la culture qui ont été proposées peuvent être classées en trois catégories (Sperber & Claidière, 2008) : les forces aléatoires, les forces dépendantes du contenu et les forces dépendantes de la source. Les forces aléatoires sont responsables du phénomène de dérive des éléments culturels et agissent, avec plus ou moins d'importance, sur tous les éléments culturels. Les forces dépendantes du contenu sont spécifiques de certains éléments culturels. L'évolution des comportements, comme la conduite, diffère sensiblement de celle des savoirs, comme le code de la route par exemple. Au contraire, les forces dépendantes de la source sont indépendantes des éléments transmis, elles ne sont liées qu'à la source de la transmission. Les éléments transmis par une personne populaire par exemple, évoluent de manière originale en vertu du fait que c'est une personne particulière qui les transmet.

Il existe un déséquilibre important dans l'étude de ces forces. Les forces dépendantes du contenu et les forces aléatoires n'ont pratiquement pas été étudiées, tandis que les forces dépendantes de la source ont attiré toute l'attention. Ce déséquilibre s'explique en partie par le fait que les forces aléatoires et celles dépendantes du contenu ne reposent pas sur des mécanismes spécifiques à l'évolution de la culture, tandis que les forces dépendantes de la source le sont nécessairement. Pour donner une vision d'ensemble du fonctionnement de la théorie de la coévolution gène-culture je présenterai d'abord les forces aléatoires et les forces dépendantes du contenu (les biais de variation guidée et de contenu). Ensuite, et comme les forces dépendantes de la source constituent la proposition la plus importante de la théorie de la coévolution gène-culture, je présenterai séparément l'étude des modes de transmission, du biais de conformité (un biais dépendant de la fréquence) et du biais de prestige (un biais dépendant du modèle).

3.2.1 LA DERIVE DES ELEMENTS CULTURELS

Stephen Shennan, ainsi que d'autres archéologues, a insisté sur l'importance des méthodes darwiniennes en archéologie et sur deux phénomènes en particulier : l'évolution neutre et la reconstruction des phylogénies culturelles (O'Brien & Lyman,

2003a; Shennan, 2000, 2002). L'entreprise générale qui lie ces auteurs consiste à développer une approche de l'évolution culturelle proche de celle que nous développons ici, souvent qualifié 'd'archéologie darwinienne'. Shennan (2000) par exemple, insiste sur le fait que la culture évolue grâce à un processus de 'descendance avec modification' (la célèbre citation de Darwin), ou encore, que la culture est en partie héritée des générations précédentes et que ce seul fait explique en partie au moins les changements observés dans les données archéologiques. Ce constat, comme nous l'avons vu, est compatible avec les différentes versions du darwinisme que nous avons mises en évidence. Il ne présuppose donc pas que la culture évolue de manière mémétique, ou selon le modèle sélectionniste ou autre. Il y a donc intérêt et interrogations communes entre l'archéologie darwinienne et l'ensemble des théories que nous étudions ici. Notamment, une des questions essentielles qui demeure est celle du niveau analogique du darwinisme le plus approprié et c'est pourquoi je me concentrerai essentiellement sur les propositions qui sont en rapport avec cette question et pas sur les nombreux points communs entre archéologie et anthropologie en rapport avec la défense d'une approche darwinienne des phénomènes culturels.

Une des propositions originales des théories archéologiques est celle de l'importance de l'évolution neutre dans le domaine culturel. En biologie, l'évolution neutre a été caractérisée tardivement, grâce aux progrès de la biologie moléculaire. En effet, avec les progrès de la génétique, les biologistes ont découvert que la variabilité génétique qui existait au sein des populations était très largement supérieure à celle prédite par les modèles évolutionnistes (voir Leigh, 2007 pour les aspects historiques). Comme nous l'avons vu, la sélection naturelle ayant pour effet de réduire la variabilité entre les individus, les évolutionnistes s'attendaient à trouver une variabilité génétique interindividuelle assez faible. Le séquençage de l'ADN a permis de montrer qu'au contraire, cette variabilité génétique est souvent très élevée. Pour expliquer ce phénomène, Motoo Kimura a suggéré qu'une partie importante du génome peut être modifiée sans que cela ait de conséquences au niveau de la sélection naturelle (Kimura, 1968, 1991b; Kimura & Crow, 1964). La théorie proposée par Kimura, peut se résumer de la manière suivante:

This neutral theory claims that the overwhelming majority of evolutionary changes at the molecular level are not caused by selection acting on advantageous mutants, but by random fixation of selectively neutral or very nearly neutral mutants through the cumulative

effect of sampling drift (due to finite population number) under continued input of new mutations. (Kimura, 1991a)

Autrement dit, cela revient à considérer que de nombreuses mutations ont des effets qui ne sont ni négatifs, ni positifs pour le succès reproductif des individus, elles sont neutres vis-à-vis de la sélection naturelle. En biologie, la possibilité de mutations neutres est en partie liée à la manière dont le code génétique permet la synthèse des protéines, plusieurs codes génétiques pouvant donner naissance à des protéines parfaitement identiques. Certains changements dans la séquence génétique n'ont donc pratiquement aucun effet sur les capacités de l'organisme. D'autre part, la séquence d'une part plus ou moins importante du génome suivant les organismes peut ne pas avoir de rôle fonctionnel clairement défini (par opposition à des fonctions comme la synthèse de protéines, la régulation de l'expression génétique, etc.), donc les changements de séquence dans ces domaines sont aussi neutres.

En biologie toujours, les modèles neutres sont utilisés, non pas pour expliquer la présence d'adaptations, mais pour reconstruire l'histoire évolutive des populations. En effet, si les mutations ont lieu à des taux constants (ce qui n'est pas toujours vrai mais peut être pris en compte), alors la vitesse de divergence entre deux séquences génétiques appartenant à deux espèces différentes dépend du temps de séparation entre ces deux espèces, ce qui a été nommé horloge moléculaire, et le nombre de différences indique l'ancienneté de leur séparation, ce qui peut être utilisé pour reconstruire l'arbre phylogénétique. Une autre utilisation courante de la théorie neutre de l'évolution consiste à utiliser l'hypothèse neutre comme modèle nul et expliquer les déviations par rapport à ce modèle en termes de sélection naturelle. Ainsi, en mesurant la vitesse des changements des nucléotides d'un gène, et en comparant cette vitesse à celle prédite par le modèle neutre, on peut mettre en évidence l'action de la sélection naturelle (sur ces aspects voir Kimura, 1991b).

C'est cette dernière utilisation de la théorie neutre qui a été utilisée dans le domaine culturel, notamment par Stephen Shennan. Shennan s'est intéressé aux effets de la démographie sur l'évolution culturelle et donc aux effets de dérive liés aux petites populations (Shennan, 2001, 2002).

These processes of population expansion and decline are just as influential on cultural patterns as they are on genetic ones. If a population expands, its cultural inventory will spread with it, regardless of whether it has anything to do with the reasons for expansion.

If a population declines or becomes extinct, then those culturally distinctive attributes with a strong element of vertical transmission will probably become extinct with it. Perhaps most important, however, when populations are small, chance plays a major role in affecting what is transmitted to future generations not just in terms of genes but also in terms of culture. Contrary to the processual-archaeological insistence on the importance of adaptation, when populations are small any natural selection for the adaptive benefit of specific cultural attributes will be overwhelmed by drift. (Shennan, 2000)

Naturellement, Shennan en vient à considérer le rôle potentiel de l'évolution neutre :

It seems at least plausible that cultural innovations operate in a similar manner to genetic mutations. Some are likely to have a positive effect on the biological fitness of their bearers, others a negative effect, while the majority will make little difference. In the case of cultural innovations, however, the situation is rather different. Because cultural traits can be transmitted obliquely (by non-parents of the parental generation) and horizontally (between peers), independently of genes, we can also talk about the desirability of innovations in terms of their attractiveness to others, without committing ourselves one way or the other as to their effect on biological fitness. Nevertheless, the idea that some innovations will be less attractive to imitate and others more so, while some make only a marginal difference to existing options, seems a reasonable one. (Shennan, 2001)

Pour l'étude des phénomènes culturels neutres, Shennan et coll. s'inspirent des modèles biologiques et les utilisent pour interpréter certaines données archéologiques ou certains phénomènes culturels tels que l'évolution des prénoms, celle des dessins sur les poteries ou encore celle du nombre de références des brevets américains, celle du vocabulaire scientifique, de la culture populaire et de la prévalence des races de chiens (Bentley, 2008; Bentley, Hahn, & Shennan, 2004; Bentley, Lipo, Herzog, & Hahn, 2007; Hahn & Bentley, 2003; Herzog, Bentley, & Hahn, 2004). Dans ces articles, les auteurs défendent l'idée qu'il existe un continuum entre d'un côté les éléments qui sont choisis (sélectionnés) par les individus et d'un autre ceux qui sont simplement copiés au hasard (Bentley & Shennan, 2005). Les éléments sélectionnés évolueraient au gré d'un processus de sélection culturelle, ceux qui sont simplement copiés étant neutres et évoluant essentiellement par dérive.

La difficulté que soulève cette approche tient essentiellement à l'absence d'étude des mécanismes à l'origine de la transmission des éléments étudiés. La méthode employée est en effet la suivante. Dans un premier temps, des données conséquentes sont recueillies, comme par exemple les données des recensements des prénoms Américains. Dans un second on extrait de ces données un paramètre global, comme la fréquence d'un prénom. Enfin, on décrit un modèle d'évolution neutre avec un certain

nombre de paramètres que l'on estime à partir du paramètre global observé dans les données. De cette façon, les auteurs en concluent que la fréquence des prénoms Américains suit une distribution en puissance qui peut être reproduite par un modèle d'évolution neutre.

Cependant, rien ne garantit que les prénoms soient *effectivement* transmis de manière neutre : le fait qu'un modèle neutre puisse produire une distribution en loi de puissance ne constitue pas un argument très convaincant. Au contraire, on peut penser intuitivement que ce n'est probablement pas le cas. Rares sont les parents qui sélectionnent, ou choisissent, le prénom de leurs enfants 'au hasard'. Si l'évolution des prénoms est neutre, ce n'est certainement pas lié au choix des parents. Il reste donc à définir en quoi cette évolution est neutre. D'autre part, un élément essentiel n'est jamais discuté : la possibilité de produire les mêmes résultats avec des modèles différents ayant le même degré de complexité. En effet, il ne serait pas surprenant qu'avec un peu d'imagination on puisse produire des modèles aussi complexes donnant les mêmes résultats et n'ayant aucun rapport avec la théorie de l'évolution neutre.

La théorie neutre en biologie est convaincante car elle repose sur un ensemble de mécanismes biochimiques très étudiés, et malgré cela elle suscite toujours des controverses importantes. Dans le cas culturel, on voit mal comment les prénoms, les dessins sur les poteries... pourraient se transmettre de générations en générations de manière neutre, en étant simplement copiés et reproduits par les individus.

Pour résumer, pour donner corps à la théorie neutraliste de l'évolution culturelle il faudrait montrer, en plus du fait que les modèles neutres peuvent correspondre aux données, qu'ils sont plus appropriés que des modèles alternatifs et que cette évolution neutre repose sur des mécanismes de transmission identifiés. Bien sûr, la théorie neutraliste de l'évolution culturelle n'en est qu'à ses débuts, et elle prend pour l'instant une forme plus descriptive qu'explicative, néanmoins, les exemples qui ont été donnés jusqu'à présent demeurent peu convaincants. Même si en théorie au moins la dérive est nécessairement une force de l'évolution culturelle, puisqu'elle ne dépend que du fait que la taille d'une population soit finie, son importance demeure inconnue.

Pour des raisons similaires, l'importance des approches phylogénétiques de la culture demeure elle aussi largement inconnue. Certains auteurs ont en effet appliqué aux données culturelles les méthodes de reconstruction phylogénétiques utilisées en

biologie³⁸. Par exemple dans le cas des manuscrits du ‘Canterbury tale’ (Barbrook, Howe, Blake, & Robinson, 1998) ou encore dans le cas de motifs textiles (Tehrani & Collard, 2002). Ces méthodes ont provoqués de vifs débats autour de ce que pouvaient mettre en évidence ces résultats (Borgerhoff Mulder, 2001; Boyd, Richerson, Borgerhoff Mulder, & Durham, 1997; Eerkens, Bettinger, & McElreath, 2006; Mace & Holden, 2005; O'Brien & Lyman, 2003b). Les limites de l'approche phylogénétiques sont résumés ainsi par Monique Borgerhoff Mulder :

The view that human history can be captured through the construction of phylogenies is controversial for several reasons. First, unlike species phylogenies, where each has a pretty clear hierarchical relationship to the others on account of most of its DNA having been channeled through the same history, within-species phylogenies exhibit no unique branching among units, be these individuals or populations. Second, humans have extraordinary capacities for the horizontal transmission of cultural traits, between as well as within groups, with elaborate systems of communication allowing for borrowing, learning, exchange, imitation, stealing, and even imposition of traits between societies. Third, cultural transmission fosters high rates of innovation, permitting rapid evolutionary change. Fourth, cultural transmission does not preclude recombination, whereby merging groups combine elements of each, a classic example being the Ariaal, a fusion of northern Kenyan Samburu and Rendille pastoralists. It is therefore not only very difficult to reconstruct accurate phylogenies of human cultural traits, but questionable that a single phylogeny captures much of a group's history. (Borgerhoff Mulder, 2001)

Cependant, d'une part plusieurs phylogénies culturelles ont été réalisées avec succès, d'autre part on s'attend à ce que les reconstructions phylogénétiques soient plus ou moins délicates, voir impossibles, en fonction des éléments culturels étudiés (de la même manière qu'en biologie les reconstructions phylogénétiques sont plus ou moins délicates en fonction des groupes étudiés). A terme, l'importance des méthodes phylogénétiques dans le domaine culturel s'évaluera par le nombre d'études réussies et celui-ci dépendra en grande partie de la possibilité d'adapter les méthodes phylogénétiques aux cas culturels, donc en grande partie de notre connaissance des mécanismes de transmission de la culture.

Pour conclure, il me semble que les modèles neutres de l'évolution culturelle et les modèles de reconstruction phylogénétiques offrent des outils essentiels pour l'étude de l'évolution culturelle. Ces outils sont cependant encore peu développés et manquent

38 Nous ne parlerons pas ici des méthodes phylogénétiques appliquées au langage.

d'un ancrage solide dans les mécanismes qui sont à l'origine de la transmission et de la stabilité culturelle.

3.2.2 LES FORCES LIEES AU CONTENU DES ELEMENTS CULTURELS

La variation guidée correspond au fait que les individus peuvent modifier des éléments culturels qu'ils ont acquis et les transmettre à d'autres personnes par la suite. Dans le milieu scientifique par exemple, il arrive fréquemment qu'un scientifique publie une théorie, que celle-ci soit reprise, modifiée et publiée sous une forme légèrement différente par un autre scientifique, que cette dernière version soit elle-même reprise et modifiée et ainsi de suite. Il s'agit d'un exemple du processus de variation guidée. Les individus utilisent les éléments culturels précédents pour en créer de nouveaux, non pas de manière purement aléatoire mais dans une direction donnée (pour trouver une théorie qui rende mieux compte des faits dans le cas scientifique). D'autres exemples évidents concernent les différentes versions des logiciels informatiques, les articles des encyclopédies libres comme Wikipédia, et de nombreuses innovations technologiques. Dans chacun de ces cas, l'évolution des éléments culturels considérés repose sur 1) l'acquisition des éléments précédents, 2) leur modification dans une direction donnée et 3) la transmission de ces éléments modifiés.

Conséquences sur l'évolution culturelle

Pour modéliser les conséquences de la variation guidée sur l'évolution culturelle, Boyd et Richerson (1985) proposent un modèle équivalent au suivant : imaginez que l'on observe l'évolution des techniques de pêche d'une population insulaire isolée. Appelons x_i la technique utilisée par l'individu i ($i \in [1, N]$) au temps t et x_i' la technique utilisée par le même individu au temps $t+1$. Boyd et Richerson font l'hypothèse qu'il existe une technique optimale que les individus cherchent à atteindre et qui dépend de la situation, appelons-la P_0 . La force de variation guidée correspond au fait que les individus, entre deux pas de temps, observent les techniques utilisées par les autres individus de la population et génèrent de nouvelles techniques qui *en moyenne* sont biaisées vers la technique optimale. Ce modèle est équivalent à celui que nous avons proposé dans notre étude de la fidélité de l'imitation (voir l'équation 2.1). Pour

continuer dans le même esprit, nous appellerons contribution causale sociale la partie de l'élément culturel qui est transmise entre les individus et contribution causale individuelle la partie modifiée par l'individu³⁹. On peut représenter la variation guidée en prenant l'équation suivante (identique à 2.1) :

$$x'_i = fS_i + (1-f)P_i \quad (3.1)$$

Dans cette équation S_i représente la contribution causale sociale et P_i la contribution individuelle. f est un coefficient qui détermine l'importance relative des facteurs sociaux et individuels dans la formation des nouvelles techniques. Si $f = 1$ par exemple, les facteurs individuels n'ont aucun rôle et la technique n'évolue pas. Si $f = 0$, les facteurs sociaux n'ont aucun rôle. Si l'on suppose que la transmission sociale est non biaisée, $E(S) = \bar{x}$, et qu'en moyenne les transformations tendent vers la technique optimale, $E(P) = P_0$, dans le cas général où f ne vaut ni 0, ni 1, si l'on calcule le changement moyen entre deux générations (équivalente à l'équation 2.2), on a :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) \quad (3.2)$$

Cette équation est identique à celle trouvée précédemment et dans ce cas, il est clair que très rapidement la technique utilisée converge vers la forme optimale P_0 . Autrement dit, si tous les individus modifient progressivement un élément culturel dans une direction donnée, très rapidement cet élément prend la forme désirée. On retrouve ici le résultat que nous avons obtenu dans le cas de l'imitation.

Evolution

Boyd et Richerson cherchent ensuite à établir sous quelles conditions l'émergence de la variation guidée peut être favorisée par sélection naturelle par rapport à un apprentissage purement individuel. Dans notre exemple, si la quantité de poissons ramenés par les pêcheurs influence la fitness des pêcheurs, la méthode d'apprentissage qui permet d'acquérir la technique la plus proche de la technique optimale va être

³⁹ La contribution causale sociale correspond à ce qui a été appelé apprentissage social par Boyd et Richerson et la contribution causale individuelle correspond à l'apprentissage individuel ou par essais et erreurs. Comme il ne s'agira pas toujours d'apprentissage à proprement parler je préfère garder une dénomination neutre vis-à-vis des mécanismes impliqués dans la production des éléments culturels.

favorisée par sélection naturelle. Pour étudier ces effets, ils comparent deux gènes, un qui repose légèrement plus sur l'apprentissage individuel que l'autre (c'est-à-dire qui est un peu moins fidèle dans notre modèle, qui a une valeur de f plus faible), et cherchent sous quelles conditions l'un ou l'autre des deux gènes est favorisé par sélection naturelle.

Boyd et Richerson montrent que pour que la variation guidée évolue il faut que le taux d'erreur lié aux facteurs individuels soit plus élevé que celui lié aux facteurs sociaux. En effet, si la technique utilisée est entièrement déterminée par des facteurs individuels ($f = 0$), et que ceux-ci produisent de nombreuses erreurs (la variance de P_i est élevée), peu d'individus utilisent la technique optimale. Ce qui revient à dire que si tous les pêcheurs apprennent à pêcher uniquement par eux-mêmes, il y a peu de pêcheurs qui utilisent la technique optimale. Dans ce cas, c'est la distribution des erreurs liées aux facteurs individuels qui détermine la fitness moyenne de la population. Si on suppose au contraire que $f = 1$, c'est-à-dire si la technique est déterminée entièrement par les facteurs sociaux, et si $\bar{x} = P_0$, c'est-à-dire qu'en moyenne la technique utilisée est optimale, alors c'est la distribution des erreurs liées aux facteurs sociaux qui déterminent la fitness moyenne de la population (la variance de S_i). Autrement dit, si les pêcheurs apprennent à pêcher uniquement en observant leurs collègues et qu'ils n'arrivent pas à imiter correctement leur technique alors peu de pêcheurs utilisent la technique optimale.

Les autres résultats de Boyd et Richerson peuvent s'analyser en termes du rapport entre les erreurs liées aux facteurs individuels et celles liées aux facteurs sociaux. Dans un environnement constant et homogène par exemple, la sélection génétique favorise l'apprentissage social si le taux d'erreurs par apprentissage individuel est élevé. Autrement dit, si les champignons qui poussent en forêt sont toujours les mêmes, et étant donné qu'il en existe de nombreux qui sont toxiques, la sélection naturelle favorise l'émergence d'une capacité d'apprentissage qui repose essentiellement sur le comportement des autres, pas sur un mécanisme d'essais et erreurs qui produit souvent des erreurs mortelles. Si au contraire l'environnement est constant et que le mécanisme d'apprentissage individuel ne produit pas d'erreur, alors la sélection naturelle favorise ce dernier mécanisme. Dans un environnement hétérogène, si, par exemple, différentes îles sont reliées entre elles par des phénomènes de migration et qu'à chaque île

correspond une technique de pêche optimale, la migration introduit une source d'erreur supplémentaire dans les facteurs sociaux. Si la migration est importante, ou si la technique optimale d'une île est très éloignée de celles qui sont optimales pour les autres îles, alors la sélection naturelle favorisera les facteurs individuels. Enfin, dans un environnement temporellement variable, si la technique optimale change très rapidement au cours du temps, cette source de variation augmente aussi le taux d'erreur lié aux facteurs sociaux et privilégie les facteurs individuels.

Dans la modèle de Boyd et Richerson ce sont donc les taux d'erreurs des différents facteurs, sociaux et individuels, qui déterminent l'évolution de la variation guidée. f prendra donc rarement les valeurs 0 ou 1, mais souvent une valeur intermédiaire qui dépendra des mécanismes psychologiques impliqués, de leur taux d'erreur et des coûts associés à la réduction de ceux-ci. Selon Boyd et Richerson, le plus souvent l'apprentissage individuel produit plus d'erreur et est plus coûteux que l'apprentissage social, donc la participation des facteurs sociaux est plus importante que celle des facteurs individuels. Ils en concluent que leur modèle prédit que la variation guidée doit évoluer dans de nombreux contextes.

Présentation du biais de contenu

Au contraire de la variation guidée, le biais de contenu ne produit pas de nouveaux éléments culturels, il s'agit d'un processus de sélection des éléments culturels déjà existants. Par exemple, supposez qu'il existe deux manières de raconter une blague et qu'une des deux soit plus facilement mémorisable que l'autre. Si nous regardons la propagation de ces deux formes dans une population, celle qui se mémorise le mieux va, toutes choses égales par ailleurs, se transmettre plus facilement et devenir plus fréquente que celle qui se mémorise moins bien. C'est une forme de transmission biaisée par le contenu car c'est le contenu de l'élément culturel qui fait qu'il est plus ou moins bien transmis. Des exemples de biais de contenu sont le remplacement des chiffres romains au profit des chiffres arabes, l'utilisation des disques compacts à la place des cassettes à bandes magnétiques, le remplacement du moteur à vapeur par le moteur à combustion, etc. Dans tous ces cas, deux ou plusieurs éléments culturels remplissent une fonction similaire et les individus doivent choisir lequel utiliser : les propriétés intrinsèques de certains éléments font qu'ils se propagent mieux que d'autres et les éliminent.

Conséquences sur l'évolution culturelle

Clairement, le biais de contenu est une force qui va augmenter la fréquence de l'élément culturel favorisé par le biais. Cette force sera d'autant plus importante qu'il existera au sein de la population une certaine variabilité (dans le cas limite où un seul élément culturel est présent, le biais de contenu n'a aucun effet) et même si le biais est relativement faible, même si les différents éléments culturels ont des caractéristiques proches, l'effet cumulé à travers tous les épisodes de transmission peut produire des changements très rapides dans la fréquence des éléments considérés.

Evolution

Comme précédemment, Boyd et Richerson analysent les conditions qui auraient pu favoriser l'évolution par sélection naturelle de ce biais de contenu. Ils montrent que dans un environnement stable et homogène, la sélection naturelle tend à favoriser l'évolution d'une utilisation directe de l'élément culturel le plus efficace et pas la production d'un mécanisme d'évaluation biaisé dans une direction donnée. Ceci s'explique par le fait que le biais de contenu est important quand il existe une certaine variabilité dans la population, alors que dans un environnement homogène et stable cette variation s'épuise rapidement et le biais n'a plus aucun rôle. En environnement hétérogène cependant, les phénomènes migratoires maintiennent une certaine hétérogénéité au sein des populations. Dans ce cas, le biais de contenu peut évoluer à la condition qu'il permette de déterminer quels sont les éléments les plus efficaces dans les différents environnements. Autrement dit, le biais de contenu doit changer de direction en fonction de l'environnement dans lequel se trouve l'individu pour biaiser l'évolution culturelle dans la direction la plus favorable.

Conclusion

La variation guidée et le biais de contenu ont beaucoup de caractéristiques communes. Notamment, tous deux reposent sur un système d'évaluation qui doit être guidé par des critères qui sont propres à chaque individu. Ce système d'évaluation et de choix parmi différentes alternatives n'est pas propre au domaine culturel : tous les organismes possèdent des systèmes qui leur permettent de faire des 'choix', dans un sens large du terme. Ce qui est original dans le cas culturel ce n'est donc pas le système

de choix mais l'origine de l'information utilisée pour faire ce choix. L'information provient au moins en partie des congénères et elle est associée aux autres informations dont dispose l'individu pour faire un choix, choix qui constitue à son tour une source d'information pour les autres individus. Cette forme d'utilisation de l'information sociale semble être largement répandue à travers le vivant⁴⁰ et concerne le plus souvent des aspects particuliers de la situation dans laquelle se trouve les animaux : où nicher cette année ? Où trouver de la nourriture aujourd'hui ? Avec qui s'accoupler ? etc. (pour une revue voir Danchin, Giraldeau, Valone, & Wagner, 2004)

Par exemple, Doliguez et al. ont montré comment certaines espèces d'oiseaux évaluaient le succès reproductif de leur congénères pour décider de leur lieu de reproduction (Doliguez, Danchin, & Clobert, 2002). Durant trois années successives ils ont déplacé des oisillons de 7 jours d'un site de nidification à un autre. Ils ont utilisé quatre conditions différentes : 1) dans la première condition contrôle, aucun oisillon n'était touché, 2) dans la deuxième condition contrôle les oisillons étaient déplacés au sein de la même population, 3) dans une condition test le nombre d'oisillon dans la population était artificiellement augmenté et 4) dans la dernière condition test le nombre d'oisillons était artificiellement diminué. Doliguez et al. montrent que les oiseaux étudiés utilisent à la fois la quantité et la qualité des oisillons des autres individus et leur propre succès reproductif pour déterminer dans quel site s'installer l'année suivante. Doliguez et al. concluent (voir aussi Wagner & Danchin, 2003) :

Our results emphasize the complexity of the cognitive processes involved in the use of public information. Different decisions are based on different cues, and individuals with different phenotypes use these cues differently in relation to their own skills and experience. (Doliguez, et al., 2002)

Comme le notent Boyd et Richerson, pour qu'un tel système évolue, il faut que l'information sociale soit fiable et originale, au moins en moyenne. Il faut qu'elle soit fiable sinon les individus vont faire les mauvais choix et il faut qu'elle soit originale sinon ils n'ont aucun intérêt à développer un système leur permettant de recueillir et d'analyser une information qu'ils possèdent déjà. Dans le cas des oiseaux, l'information sur la qualité moyenne d'un habitat est très difficile à évaluer à partir de sa seule

⁴⁰ Récemment, Mery et al. ont montré que les femelles drosophiles (*Drosophila Melanogaster*) étaient influencées dans leur choix des mâles par les choix d'autres femelles, confirmant ainsi le fait que l'utilisation des informations publiques est largement répandue à travers le vivant (Mery, et al., 2009).

expérience reproductive et le nombre d'oisillons représente une information fiable sur le succès reproductif des autres couples.

Ainsi, les mécanismes psychologiques intervenant dans les biais liés au contenu des éléments culturels, ou ceux liés à la dérive des éléments culturels, sont probablement apparus avant les capacités qui ont permis l'évolution culturelle. Ils influencent l'évolution culturelle bien évidemment, et l'étude de leurs propriétés peut nous aider dans notre démarche, mais ils ne sont pas propres au domaine culturel, au contraire des mécanismes dont nous allons aborder l'étude dans les prochaines parties.

3.2.3 LES MODES DE TRANSMISSION DES ELEMENTS CULTURELS

Cavalli-Sforza et Feldman (1981) définissent un ensemble de modes de transmission qui sont censés expliquer en partie au moins comment les éléments culturels évoluent⁴¹. Ces modes sont principalement de quatre types (voir Tableau 3), la transmission peut être :

1. Verticale : dans ce cas elle va comme la transmission génétique, c'est-à-dire de parents à enfants.
2. Horizontale : dans ce cas il s'agit principalement d'une transmission entre individus non apparentés. Cavalli-Sforza et Feldman distinguent dans cette catégorie la transmission horizontale à strictement parler, qui est intra-classe d'âge, de celle qu'ils qualifient d'oblique, qui est inter-classes d'âge.
3. Un vers plusieurs : dans ce cas un individu charismatique est la source de transmission vers de nombreux individus, comme dans le cas d'un professeur vers ses élèves.
4. Plusieurs vers un : lorsqu'un groupe d'individus fait pression sur chaque personne.

D'après leurs études théoriques, à chacun de ces modes correspond une certaine vitesse évolutionnaire, le mode plusieurs vers un étant le plus conservatif, le mode un vers plusieurs l'étant le moins (Tableau 3). Ces résultats sont relativement intuitifs. Par

⁴¹ Je tiens à remercier ici Jean Baptiste André qui a fortement enrichi la discussion critique des modes de transmission élaborés par Cavalli-Sforza et Feldman.

exemple, imaginons que la plupart des individus d'un groupe adoptent l'élément culturel A et qu'un nouvel élément B apparaisse. Si cet élément est transmis d'un groupe d'individus donneurs vers un seul individu receveur, il faut que beaucoup de personnes du groupe aient choisis B avant que l'individu receveur ne choisisse B lui-même. Au contraire, si l'élément se transmet d'un individu donneur vers plusieurs, il suffit qu'un seul individu, l'individu donneur, adopte B pour que tous les receveurs l'adoptent aussi.

Type de transmission	Description	Changement culturel
Verticale	De parents à enfants (ou entre apparentés)	Lent et peu fréquent
Horizontale	D'individu à individu (non apparentés)	Rapide et fréquent
Un vers plusieurs	D'un individu vers un groupe	Le plus rapide et très fréquent
Plusieurs vers un	D'un groupe d'individu vers un seul individu	Le plus lent et le moins fréquent

Tableau 3 : Mécanismes de transmission culturels les plus importants.
(adapté de Guglielmino, et al., 1995)

Résultats empiriques

En identifiant par quels modes se transmettent les différents éléments culturels, Cavalli-Sforza et Feldman veulent déduire à quelle vitesse ces éléments évoluent au cours du temps⁴². Par exemple, dans l'étude de Guglielmino et al., les auteurs cherchent à déterminer par quelles voies évoluent différents éléments culturels dans l'Afrique subsaharienne. Ils utilisent les données ethnographiques de l'atlas de Murdock pour classer

42 Shennan et Steel (1999) ont fait une synthèse des résultats ethnographiques concernant la transmission des méthodes artisanales et en ont conclu que les techniques se transmettaient en grande majorité de parents à enfants du même genre. Ces résultats sont interprétables de la même manière que les résultats plus spécifiques de Guglielmino et al.

47 éléments culturels en 6 groupes ((1) famille et apparentés (12 éléments) ; (2) économie (8 éléments) ; (3) stratification sociale (6 éléments) ; (4) division du travail par sexe (10 éléments) ; (5) tâches ménagères (5 éléments) ; et (6) autres (6 éléments)). Pour chacun de ces éléments, les auteurs testent trois hypothèses, (A) l'élément se transmet par diffusion démique, c'est-à-dire qu'il se transmet en suivant les liens généalogiques, (B) l'élément est une adaptation à un environnement local et (C) l'élément se transmet par diffusion horizontale, entre individus non apparentés (voir Figure 18).

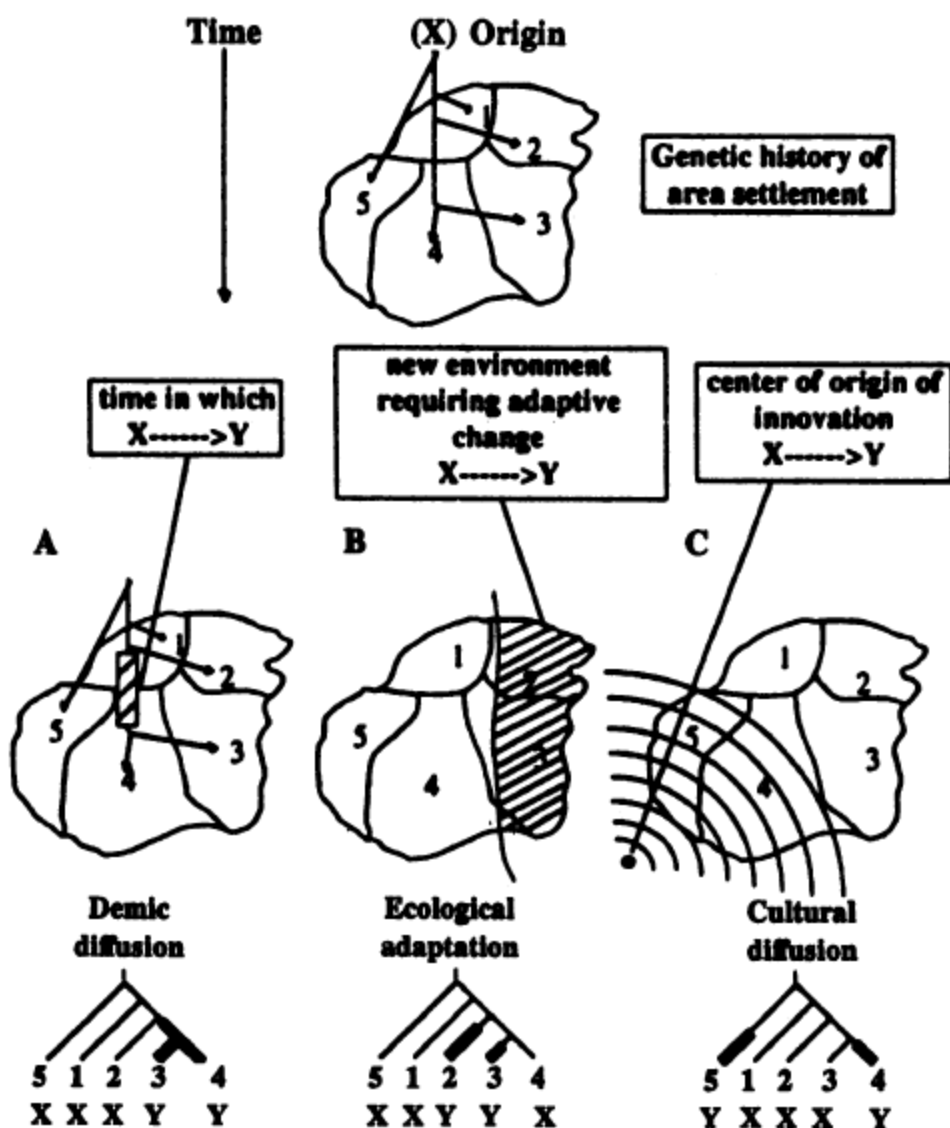


Figure 18 : Les différentes hypothèses testées dans Guglielmino et al. (1995). Dans cette étude les auteurs font la différence entre : A) la diffusion démique, qui suit les liens généalogiques et peut correspondre à une héritabilité génétique ou verticale, B) l'adaptation écologique, et C) la diffusion culturelle qui regroupe les modes de transmission un à plusieurs, plusieurs à un et horizontale (voir aussi Tableau 3)

A chacun de ces modèles correspond un pattern géographique différent. Dans le premier cas (A) les groupes géographiquement éloignés mais historiquement apparentés peuvent être culturellement proches, c'est toujours le cas pour la langue par exemple et les auteurs utilisent les données linguistiques pour reconstruire l'apparentement entre les groupes étudiés. Dans le second cas (B), des populations dont l'écologie est proche, quelle que soit la distance géographique qui les séparent, peuvent avoir une culture proche. Enfin, dans le cas (C), les populations les plus proches géographiquement ont la culture la plus similaire. Les auteurs établissent donc des corrélations entre les données écologiques, géographiques et linguistiques et les 47 éléments culturels étudiés pour déterminer par quel mode (A, B ou C) ces éléments sont transmis entre les individus.

Table 5. Evolutionary model plausible or likely to be prevalent for each group of cultural traits

Group	Group correlation		Degree of clustering	Evolutionary model (Fig. 1)
	Language	Ecology		
Family and kinship	High	Low	Low	A
Economy	High	High	Medium	A, B, and C
Social stratification	Medium	Medium	Medium	A, B, and C
Lab. div. by sex	Low	Low	High	C
House	Medium	Medium	High	A, B, and C
Various others	Low	Low	High	C

A, demic diffusion; B, environmental adaptation; C, cultural diffusion; Lab. div., labor division.

Tableau 4 : Principaux résultats de l'étude. (reproduit de Guglielmino, et al., 1995)

Les résultats montrent que les éléments culturels considérés sont plus ou moins fortement déterminés par les facteurs démiques, écologiques et de diffusion (Tableau 4). Les auteurs en concluent que :

This investigation indicates that the conservation of many cultural practices and beliefs in traditional societies is the result of vertical transmission and family group pressure. Little attention has been paid so far to these mechanisms, although a fundamental feature of "culture" is that it is transmitted from generation to generation. (Guglielmino, et al., 1995)

Autrement dit, les différences de stabilité des éléments culturels sont à expliquer par la manière dont les éléments sont transmis entre les individus. Plus cette transmission est conservative plus les éléments sont stables et moins la culture évolue vite et réciproquement :

In conclusion, cultural transmission mechanisms with their different degrees of conservativeness, determine the stability of cultural traits. (Guglielmino, et al., 1995)⁴³

Selon cette hypothèse, les méthodes de chasse par exemple se transmettraient principalement par transmission verticale, et ce serait parce qu'elles se transmettent de manière verticale qu'elles sont stables. Notons au passage que cela laisse en suspens la question de savoir pourquoi les éléments culturels relatifs à la chasse sont transmis verticalement et pas ceux relatifs à la danse par exemple. Autrement dit, les raisons pour lesquels un élément se transmet par tel ou tel mode de transmission ne sont pas abordées. D'autre part, nous allons voir que l'idée selon laquelle les éléments culturels se transmettent selon des modes définis est trompeuse.

Les modes de transmission ne sont pas stables

Dans le domaine biologique, les modes de transmission de l'information génétique sont relativement simples et stable. Dans le cas des mammifères par exemple, la plus grande partie du matériel génétique d'un individu provient pour moitié de la mère et pour l'autre moitié du père. Ce mode de transmission, l'héritabilité biparentale, est stable : la plupart des gènes sont transmis de cette façon quels que soient les parents, l'environnement dans lequel ils se reproduisent et les mutations qui peuvent les affecter. Il peut exister des modes de transmission plus compliqués, par exemple les gènes des mitochondries ne se transmettent que par la mère ou encore, chez certaines espèces,

⁴³ Ce qui rejoint les conclusions de leurs études précédentes. Par exemple : « One conclusion, however, seems inescapable on the basis of the data: vertical (parent-child) transmission is by far the most important mechanism, accounting for about 80% of the cases studied. This is, according to the model, a conservative mode of transmission; it assures slow evolution while allowing individual variation. » (Hewlett & Cavalli-Sforza, 1986)

certain chromosomes, que l'on appelle distorateurs de ségrégation, éliminent leur chromosome homologue et sont ainsi les seuls à être présents dans les gamètes. Ces phénomènes ne sont pas forcément très rares et il se peut que nous sous-estimions grandement leur importance. Cependant, bien qu'ils soient originaux, ces modes de transmission sont eux aussi relativement stables : les mitochondries sont toujours héritées de la mère par exemple. En biologie, il existe donc un faible nombre de modes de transmission stéréotypiques dont on peut dresser la liste et qui représentent convenablement une grande partie des phénomènes étudiés.

C'est dans la perspective d'identifier les modes de transmission les plus importants dans le domaine culturel que se placent les travaux de Cavalli-Sforza et Feldman. Cependant, il n'est pas évident qu'une telle liste puisse jamais être créée. Contrairement au cas biologique, la transmission des éléments culturels ne semble pas suivre de modes particuliers mais dépendre fortement de l'élément culturel en question et du contexte dans lequel il est transmis. Pour reprendre l'exemple des techniques de chasse, si l'on imagine que celles-ci ne sont transmises que de parents à enfants, il faudrait de nombreuses générations pour qu'un groupe d'individus change de technique ; cela semble peu réaliste. Néanmoins c'est ce que sous-entendent les auteurs cités :

Ethnohistoric records (Bruehl 1910; Regnault 1911) show the crossbow being used in the region by Bantu farmers in the late 19th and early 20th century but not by Aka, who continued to use the bow and arrow. Demesse (1958) noted that by 1958 some Aka used the crossbow in the Sangha region, but many still used the bow and arrow. In 1965 most Aka were reported using the crossbow and today all Aka use the crossbow and no Aka use the bow and arrow. Because of the recent diffusion, not everybody could have learned from their fathers. Hence, it appears likely that horizontal transmission has played an important role initially in determining a relatively fast introduction from the outside and can probably be superseded now by the vertical one. (Hewlett & Cavalli-Sforza, 1986)

En vérité, si une technique s'avère être clairement plus efficace qu'une autre, celle-ci se propage très rapidement à tous les individus. Un exemple typique est la description par Maurice Godelier de la façon dont les Baruyas, après une seule démonstration de la puissance des armes à feu, avaient initialement décidé de tuer les premiers explorateurs européens qui visitèrent leur village pour tenter de s'emparer des armes, en vue de régler leurs conflits avec les tribus voisines :

En 1951, quand Jim Sinclair arriva dans cette vallée, les Baruya, ainsi que je l'ai dit, lui proposèrent de venir les aider à régler le compte de leurs ennemis, les Yuwarrounatché, qui résistaient encore dans leurs deux villages fortifiés. Les Baruya avaient songé un temps

à tuer ce Blanc et ses soldats, mais ils en avaient été dissuadés quand le Blanc leur proposa de faire la démonstration des pouvoirs de ses armes. Il fit chercher des boucliers épais, les fit aligner, demanda à de solides guerriers Baruya de tirer des flèches sur ces cibles, alla constater les impacts, admira les tireurs qui avaient pu percer de part en part un bouclier. Puis il aligna ses soldats, et leur donna l'ordre de viser le centre des boucliers, qui volèrent en éclats sous les balles de guerre. Il demanda alors aux guerriers Baruya de constater la largeur des trous dans le bois, et il semble que ces derniers aient été convaincus de la supériorité de ses armes et de ses magies. Le lendemain, lorsque Jim Sinclair fit présenter les armes à la levée du drapeau australien planté devant sa tente, un Baruya, Bwarimac, qui devait plus tard être nommé chef de village fut pris de transes à la vue de l'éclat des baïonnettes. Il venait d'être possédé par l'« esprit du Blanc », comme il me l'expliqua plus tard. Jim Sinclair, qui avait noté l'incident dans son journal de marche, ignore toujours ces tentatives de capter ses pouvoirs ou de le tuer. Le premier Blanc cependant resta moins d'une semaine chez les Baruya, il ne fit que passer. (Godelier, 1982)

Il ne fait aucun doute que les Baruyas auraient adopté l'utilisation des armes à feu dans l'heure s'ils avaient pu le faire, et malgré une longue tradition de guerres réalisées avec des armes en bois et en pierres.

Hewlett et al. montrent aussi que les techniques de récolte de nourriture sont transmises verticalement à 94 % chez les pygmées Aka, ce qui les amènent à conclure que ces techniques évoluent probablement très lentement⁴⁴. Godelier, en accord avec bien d'autres études anthropologiques, donne un exemple de changement de technique de récolte très rapide chez les Baruya :

Jusqu'en 1951, les Baruya n'avaient jamais vu de Blancs et cependant, sans le savoir, ils s'étaient déjà placés dans leur dépendance matérielle, économique. Cela avait commencé une décennie plus tôt lorsqu'ils avaient vu, dans une tribu avec laquelle ils troquaient régulièrement leur sel contre des outils de pierre, de belles haches d'acier et des machettes probablement fabriquées à Sheffield ou à Solingen. Personne n'avait pu leur expliquer qui fabriquait ces merveilles, mais ils les adoptèrent avec enthousiasme. Sans regret ils jetèrent dans la forêt ou abandonnèrent dans leurs jardins les outils de pierre ou de bambou avec lesquels leurs ancêtres défrichaient. (Godelier, 1982)

Les observations de Godelier sont confortées par les nombreuses autres observations anthropologiques. Au vu de ces études, il paraît évident que le mode de transmission par lequel un élément culturel diffuse ne permet pas à lui seul de déterminer sa stabilité ni

44 On remarquera que si un groupe d'individus utilise initialement uniquement la technique A et qu'il découvre une technique B beaucoup plus avantageuse, si l'on suppose que ces techniques sont transmises verticalement à 90%, dans le meilleur des cas il faut 7 générations pour que seulement 50% des individus du groupe changent de technique.

sa vitesse d'évolution. Rien ne laisse penser que la transmission des techniques de récolte ou de chasse des Baruyas et des Aka soit sensiblement différente, alors que de nombreux éléments montre que le mode de transmission peut changer très rapidement en fonction des éléments considérés et du contexte dans lequel ils sont transmis.

On pourrait cependant suggérer qu'actuellement les éléments culturels peuvent changer de mode de transmission très rapidement mais que cela n'était peut être pas le cas à l'origine du développement de la culture humaine. Selon cette hypothèse, les modes de transmission auraient joué un rôle décisif dans l'émergence de la culture, au moment où la coévolution gène-culture était peut être la plus importante. Une étude sur les macaques que nous avons déjà croisée au chapitre précédent permet de répondre à cette objection.

En septembre 1953, une jeune femelle macaque âgée d'un an et demi, nommée Imo, commence à laver des patates douces dans l'eau pour en retirer le sable. Comme nous l'avons vu précédemment, ce comportement s'est ensuite propagé progressivement à l'ensemble de la troupe de macaques de l'île de Koshima et ce processus de diffusion a été scrupuleusement étudié (voir la partie 2.4.2, pp 113). Dans un premier temps, le comportement d'Imo s'est propagé à d'autres jeunes singes, ainsi qu'aux mères de ces singes. Cela correspondrait à un mode de transmission mixte du comportement : horizontal entre les jeunes de moins de quatre ans et vertical des enfants vers leurs mères exclusivement. Dans un second temps, une fois que de nombreuses mères ont eu l'habitude de laver les patates douces, leurs autres enfants ont appris directement au contact de leur mère. La transmission serait donc devenue verticale par la mère. Dans quel sens est-ce que la description du mode de transmission de ce comportement nous apprend quelque chose sur l'évolution culturelle ? L'analyse des modes de transmission nous laisse avec un grand nombre de questions : est-ce qu'un autre comportement aurait diffusé de la même manière ? Est-ce que l'âge, le rang social, le sexe, jouent un rôle ? Pourquoi est-ce que le mode de transmission a changé ? etc.

En fait, ces observations ont été interprétées par Kawai comme étant le résultat de deux facteurs principaux qui sont l'âge et la proximité sociale (Kawai, 1965). D'une part, plus les individus sont proches socialement, donc aussi physiquement, plus ils apprennent vite le nouveau comportement. D'autre part, plus ils sont âgés plus l'apprentissage est lent. L'ensemble de ces deux facteurs suffit à expliquer en grande partie le pattern de propagation observé. Dans un premier temps, les singes socialement

proches d'Imo, c'est-à-dire sa mère et ses camarades de jeux apprennent à laver les patates douces. Ensuite les juvéniles se transmettent le comportement par le jeu et le transmettent ensuite à leurs mères. Les mâles âgés de plus de quatre ans n'acquièrent pas le nouveau comportement car ils vivent à l'écart des femelles et des juvéniles à cause de l'agressivité du mâle dominant. Dans un second temps, une fois que les mères ont acquis le nouveau comportement, les nouveaux nés agrippés à leur mère apprennent à leur contact à laver les patates douces dans l'eau. Tenter d'expliquer la diffusion de ce comportement à l'aide de modes de transmission ne mènerait nulle part. Ou alors il faut accepter que ces modes de transmission changent au gré des changements de contexte.

Le nombre de modes de transmission est indéfiniment grand

Si nous suivons cette dernière hypothèse, les modes de transmissions ne sont stables que lorsque le contexte est stable ; lorsque des changements culturels se produisent, les modes de transmission changent eux aussi. Cela limite grandement l'intérêt de catégoriser l'évolution culturelle en fonction de ses modes de transmission. Pour reprendre l'analogie avec la biologie, imaginez qu'un gène change de mode de transmission quand il mute, quand un autre gène mute, ou quand il se produit un changement dans l'environnement de la cellule. Dans un tel cas, la description des modes de transmission ne serait pas d'une très grande utilité pour comprendre l'évolution. Avant même de nous lancer dans une analyse des modes de transmission, il nous faudrait d'abord déterminer sous quelles conditions un élément se propage dans un mode donné. Cela serait peut être encore envisageable dans le cas biologique car peu de modes de transmission existent. Cependant, dans le cas culturel il existe un nombre potentiellement très grand de modes de transmission. Cavalli-Sforza et Feldman en proposent quatre, mais on peut facilement en définir beaucoup plus. Par exemple, certains éléments culturels sont transmis uniquement de l'oncle maternel au neveu, au sein d'un groupe d'initiation, entre enfants d'une même classe d'âge, des enfants aux parents, au sein d'une profession, au sein d'une communauté religieuse, etc. Chacun de ces modes de transmission peut être caractérisé par des propriétés originales qui affectent la manière dont les éléments culturels évoluent. Des personnes célibataires par exemple jouent un rôle central dans la transmission des croyances catholiques, ce qui affecte nécessairement la manière dont ces croyances évoluent. On ne peut donc pas simplement suggérer que les croyances catholiques sont transmises selon un mode 'de

un à plusieurs', il faudrait au moins rajouter 'd'un célibataire à plusieurs célibataires ou non', et ceci pour les croyances qui sont transmises durant la messe. Durant l'ordination par exemple on aurait une transmission 'd'un célibataire à plusieurs célibataires'. On est amené à préciser de plus en plus les modes de transmission, et plus on les précise plus ils sont nombreux et spécifiques. Il existe donc potentiellement un très grand nombre de modes de transmission qu'il faudrait décrire et étudier pour rendre opérationnel le programme de Cavalli-Sforza et Feldman.

Les modes de transmission ne déterminent pas la stabilité des éléments culturels

Si tel est bien le cas, on peut se demander pourquoi le cas culturel est tellement différent du cas biologique ? Implicitement, Cavalli-Sforza et Feldman supposent que l'on peut définir une classe d'éléments qui sont transmis selon un mode donné. En simplifiant, ils supposent implicitement qu'il existe un groupe d'éléments culturels que l'on peut appeler 'les techniques de chasse' et qu'au sein de ce groupe tous les éléments sont transmis verticalement, que ce soit la chasse à la sarbacane, au fusil ou à l'arc. Ce que montrent les études sur la transmission des connaissances c'est que cette vision est erronée. D'abord il n'existe pas de mode de transmission des informations qui soit indépendant des éléments culturels transmis. La technique de la chasse à l'arc ne se transmet pas de la même manière que celle de la chasse au fusil. Ensuite, pour un même élément, les modes de transmission sont très sensibles au contexte. Si votre père est un chasseur exécrationnel vous allez en tenir compte et vous tourner vers une autre personne pour apprendre à chasser ; si un individu découvre une nouvelle technique de chasse efficace, vous allez le solliciter et essayer d'apprendre cette technique ; s'il n'y a plus de lapins vous n'allez pas apprendre à les chasser, si vous êtes orphelin vous pouvez quand même apprendre à chasser, etc. Les individus exploitent au mieux les informations dont ils disposent pour en acquérir de nouvelles et ils acquièrent leurs connaissances en fonction du contexte pragmatique dans lequel ils se trouvent.

En prenant tout ceci en compte, on pourrait suggérer que ce ne sont pas les modes de transmission qui déterminent la stabilité des éléments culturels mais l'inverse. Si les éléments culturels sont très stables, si par exemple toutes les personnes d'une communauté s'habillent de la même manière (comme les mormons par exemple), il est fort probable que cette mode vestimentaire soit acquise précocement, et auprès des personnes qui vous sont les plus proches, très probablement les personnes qui vous

élèvent. Si au contraire les éléments culturels sont très instables, ce qui est le cas de la mode occidentale par exemple, alors il est très peu probable que vous soyez au goût du jour en vous fiant à la manière dont vos parents s'habillent. Cette interprétation respecte les contraintes pragmatiques associées à la transmission des savoirs : pour acquérir la même information vous minimisez l'effort que vous avez à fournir en vous fiant aux personnes qui vous sont proches et que vous connaissez bien. L'exemple des singes de Koshima vient confirmer cette interprétation et les études de Cavalli-Sforza, Feldman et coll. que nous avons vues précédemment n'excluent pas cette vision des faits puisqu'il s'agit d'études purement corrélatives. Donc, même si les modes de transmission pouvaient être étudiés, ce ne sont probablement pas eux qui déterminent la stabilité des éléments culturels mais les éléments culturels qui, en fonction de leur stabilité, se transmettent selon un mode particulier.

Conclusion

Récapitulons. Nous avons vu que l'étude de l'évolution culturelle ne pouvait pas reposer sur la définition d'un ensemble de modes de transmission par lesquels transiteraient les éléments culturels, et ce pour trois raisons. La première est que les modes de transmission varient en fonction des éléments considérés et du contexte dans lequel ils sont transmis. La seconde est que cela nécessiterait la construction d'un inventaire d'un nombre potentiellement très grand de modes de transmission. Enfin, nous venons de voir que même si ces modes de transmission existent, ce n'est pas en vertu d'un mode de transmission particulier qu'un élément culturel est stable mais au contraire, c'est probablement en vertu de sa stabilité qu'un élément culturel est transmis selon un mode particulier.

Pourtant, et bien que cela ne soit pas le cas général, il n'est pas impossible d'imaginer que certains éléments culturels spécifiques soient biaisés par certains modes de transmission particuliers. Par exemple, le liquide amniotique et le lait maternel contiennent des substances qui orientent les préférences alimentaires des nouveaux nés (voir Bilko (1994) pour les lapins, Mennella (2001) pour les humains, Jablonka et Lamb (2006) pour les conséquences évolutives). Si ces préférences ont des conséquences sur les habitudes alimentaires des individus devenus adultes, alors une partie au moins du comportement alimentaire est transmis verticalement par la mère et cela constitue bien un mode d'héritabilité des préférences alimentaires. La différence entre cet

exemple et les cas étudiés précédemment vient du fait que ce mode d'héritabilité est un produit de l'évolution. L'héritabilité des préférences alimentaires transmises par la mère est un mécanisme qui a évolué par sélection naturelle, il est présent chez tous les humains, à toutes les époques et il influence l'évolution de toutes les cultures, quels que soient les aliments considérés. Par exemple, elle pourrait expliquer en partie pourquoi il est si difficile de faire aimer la nourriture pimentée aux personnes qui n'en ont pas l'habitude et si délicat de faire apprécier la nourriture non pimentée à ceux qui en ont l'habitude. Dans le cas d'un mécanisme évolué on peut effectivement définir un ensemble de contenus, qui appartiennent au domaine effectif du mécanisme (voir aussi la partie 4.1, pp 233) et qui évoluent au sein d'un mode de transmission donné. Ce qui manque dans l'analyse des modes de transmission telle que nous l'avons abordée, c'est justement une compréhension des mécanismes, physiologiques, psychologiques ou autres, qui interviennent dans cette transmission. La modélisation de l'évolution culturelle ne peut pas se passer de la compréhension des mécanismes de propagation et de transformation des éléments culturels (Sperber, 2006), de même que l'évolution biologique ne peut pas être modélisée sans la compréhension des mécanismes de réplication, de fécondation, de mutation, etc.⁴⁵. Comme nous allons le voir, l'approche de Boyd et Richerson est, à cet égard, sensiblement différente de celle de Cavalli-Sforza et Feldman⁴⁶.

45 Un contre argument à cette idée consiste à faire remarquer que l'origine de la théorie de l'évolution précède largement celle des découvertes génétiques (Mesoudi, et al., 2004 par exemple). Cette remarque ne tient pas compte du fait que la théorie Darwinienne ne s'est imposée que lorsqu'une réconciliation entre les théories génétiques sur la mécanique de l'évolution et la théorie de Darwin est apparue, durant la synthèse évolutionnaire. Toute la puissance de la théorie Darwinienne vient de là, de la concordance entre les phénomènes macroscopiques et les mécanismes microscopiques.

46 On peut aussi remarquer que l'objectif de Cavalli-Sforza et Feldman est de proposer des modèles à portée quantitative tandis que Boyd et Richerson cherchent essentiellement à proposer une analyse qualitative des phénomènes.

3.2.4 LE BIAIS D'HYPÉR-CONFORMISME

Présentation

Depuis les expériences pionnières de Sherif (1935, 1936, 1937) et Asch (1955, 1956), la conformité est généralement invoquée pour expliquer l'existence de normes culturelles (pour une revue en psychologie sociale voir Cialdini & Goldstein, 2004). Dans une expérience désormais devenue classique (voir Bond & Smith, 1996 pour une méta-analyse), Asch demande à des participants d'évaluer quelle ligne, parmi un ensemble de lignes dessinées sur une feuille, est la plus longue⁴⁷. La réponse est évidente dans tous les cas car les lignes sont très différentes les unes des autres. L'expérience est réalisée en groupes et un seul participant n'est pas au courant que tous les autres membres du groupe sont des complices de l'expérimentateur. L'expérimentateur demande successivement à chacun des complices de donner une réponse et ils donnent tous la même réponse qui est clairement fausse. Le participant vient en dernier, et quand il a donné sa réponse, une nouvelle session commence avec d'autres lignes. L'expérience de Asch montre que les participants commencent souvent par donner la bonne réponse, contre l'avis de toutes les autres personnes présentes. Cependant, très rapidement et malgré une gêne souvent visible, le participant se met à donner la même réponse, clairement fausse, que les autres membres du groupe (Asch, 1955). Cette expérience montre que les individus tendent à se conformer aux comportements des autres et cette tendance est souvent interprétée comme un des facteurs permettant le maintien des normes sociales (Cialdini & Goldstein, 2004; voir Hodges & Geyer, 2006 pour une interprétation différente). En effet, si les individus tendent à se conformer aux comportements des autres, les comportements vont vite devenir identiques et normatifs (Deutsch & Gerard, 1955). Le conformisme, dans le sens qui lui est classiquement attribué en psychologie et en sciences humaines, consiste donc à 'faire comme les autres'.

Toutefois, il est clair que ce conformisme-là ne peut pas constituer une force évolutionnaire de la culture. 'Faire comme les autres' revient à s'opposer à tout changement : si tout le monde faisait comme les autres la culture ne pourrait pas évoluer. Quand vous rencontrez une personne que vous connaissez, par exemple, il y a deux

⁴⁷ L'expérience a été filmée et peut être visionnée ici : <http://www.youtube.com/watch?v=R6LH10-3H8k>.

manières de la saluer, vous pouvez dire ‘Bonjour’ ou ‘Salut’. Mettons de côté un instant les différences entre ces deux formules et supposons qu’elles soient strictement équivalentes. Supposons aussi qu’en France, en moyenne un individu s’entende dire ‘Bonjour’ 60 % du temps et ‘Salut’ 40 % du temps. Si les enfants qui apprennent le Français se conforment à la pratique, ils apprennent qu’il faut dire ‘Bonjour’ dans 60 % des cas et ‘Salut’ dans les 40 % qui restent. Clairement, la fréquence de ‘Bonjour’ et de ‘Salut’ ne va pas changer au cours du temps.

Du conformisme à l’hyper-conformisme

Boyd et Richerson suggèrent qu’il existe une autre forme de conformisme, que nous allons appeler hyper-conformité pour ne pas la confondre avec la conformité telle que nous venons de la décrire. L’hyper-conformité consiste à favoriser l’élément culturel le plus fréquent (voir Figure 19). Dans le cas de ‘Bonjour’ et ‘Salut’, cela revient à dire que les enfants apprennent qu’il faut dire ‘Bonjour’ *dans plus de 60 % des cas*, dans 70 % des cas par exemple. La génération suivante apprendra à dire ‘Bonjour’ *dans plus de 70 % des cas*, dans 85 % des cas par exemple, et ainsi de suite.

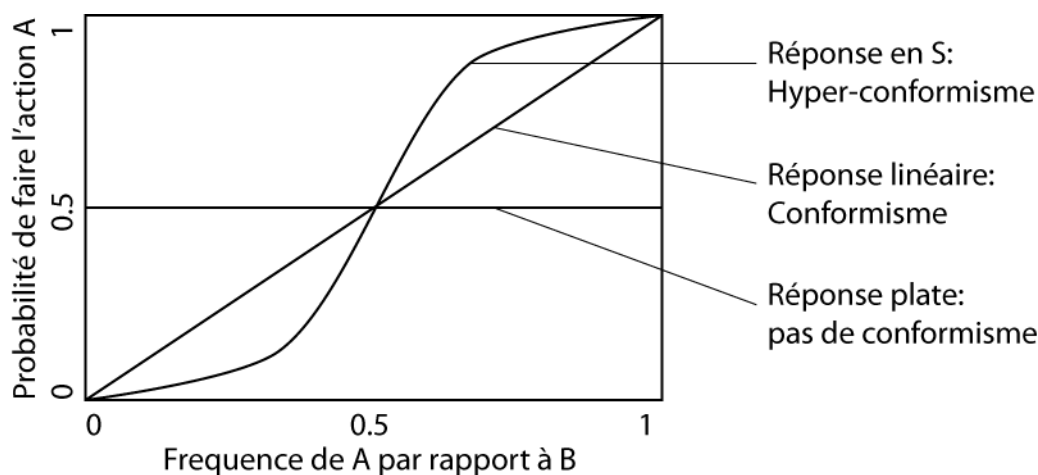


Figure 19 : Relation entre le conformisme et l’hyper-conformisme. Le conformisme correspond au principe ‘faire comme les autres’, si la fréquence de A est de 60%, la probabilité de faire A est elle aussi de 60%. Au contraire, l’hyper-conformisme est la tendance à choisir préférentiellement l’élément le plus fréquent, si la fréquence de A est de 60%, la probabilité de faire A est supérieure à 60%.

Progressivement l'élément culturel le moins fréquent disparaît au profit de son alternative plus fréquente. Les effets de l'hyper-conformisme sont donc complètement différents de ceux du conformisme. Tout d'abord, dans le cas de l'hyper-conformisme, la variation qui existe initialement disparaît très rapidement, alors que dans le cas du conformisme simple, elle est maintenue. Ensuite, imaginons qu'une variante nouvelle et avantageuse apparaisse et soit favorisée par un biais de contenu. Dans le cas du conformisme simple, la nouvelle variante, avantaagée par le biais de contenu, remplacera progressivement les variantes anciennes. Dans le cas de l'hyper-conformisme il n'est pas sûr du tout que la nouvelle variante remplace l'ancienne puisque le biais hyper-conformiste peut fort bien être suffisant pour annuler les effets du biais de contenu. Les effets de l'hyper-conformisme sont donc extrêmement conservateurs. Au contraire, dans le conformisme, si un élément est légèrement plus avantageux qu'un autre, il va pouvoir le remplacer progressivement.

L'utilisation du même terme de conformisme pour qualifier à la fois le conformisme au sens classique de la psychologie et l'hyper-conformisme de Boyd et Richerson a introduit une certaine confusion dans la littérature. En effet, bien que Boyd, Richerson et coll. aient insisté sur la différence entre le sens qu'ils attribuaient au terme de conformisme et celui qui est classiquement utilisé (e.g. Boyd & Richerson, 1985; Efferson, Lalive, Richerson, McElreath, & Lubell, 2008; Henrich & Boyd, 1998), l'absence de distinction terminologique a brouillé les esprits. De nombreux auteurs soutiennent par exemple que la persistance des cultures animales est liée au phénomène de conformité (K. E. Bonnie, et al., 2006; Byrne, et al., 2004; Lachlan, Janik, & Slater, 2004; Mesnick, et al., 1999; Whitehead, 1998; Whiten, et al., 2005). Par exemple, Whiten et al. soutiennent que dans l'une de leur expériences ils ont

montré qu'une espèce non-humaine [des chimpanzés] se conforment à la norme du groupe, malgré la possibilité d'utiliser une technique alternative qui constitue la norme pour un autre groupe. La conformité correspond à l'existence d'une motivation interne de copier les autres, guidée par les liens sociaux plutôt que les bénéfices matériels tels que la nourriture. Ceci peut avoir des conséquences importantes sur la transmission et l'évolution culturelle, en créant une rétroaction positive qui peut amplifier les différences entre les traditions de plusieurs groupes différents. (Whiten, et al., 2005)

La définition ci-dessus, 'La conformité correspond à l'existence d'une motivation interne de copier les autres...' correspond à la définition classique de la conformité en psychologie mais les conséquences qui en sont tirées, 'en créant une rétroaction positive

qui peut amplifier les différences entre les traditions de plusieurs groupes différents', correspondent à l'hyper-conformisme. De nombreux auteurs ont associé à la définition classique du conformisme les résultats théoriques de Boyd et Richerson sur l'hyper-conformisme.

Conséquences sur l'évolution culturelle

Passé cette clarification terminologique, la question demeure. Est-ce que le conformisme et/ou l'hyper-conformisme, permettent de maintenir une différence stable entre des communautés, par exemple de chimpanzés ? Whiten et al. soutiennent que si un groupe de chimpanzés commence à utiliser une technique, la technique 'pousse' par exemple (voir aussi la partie 2.4.2, pp 113), ils vont conserver cette technique même s'ils disposent d'une technique alternative plus efficace parce qu'ils ont une motivation interne qui les incite à faire comme les autres : ils sont conformistes (ou hyper-conformistes, c'est à clarifier).

Examinons d'abord le cas du conformisme simple. Si les singes sont conformistes, ils cherchent à reproduire le comportement des autres singes, autrement dit, ils cherchent à imiter. Dans ce cas nous pouvons reprendre le modèle que nous avons développé précédemment pour l'imitation et la variation guidée. Appelons x_i la technique utilisée par l'individu i ($i \in [1, N]$) au temps t et x_i' la technique utilisée par le même individu au temps $t+1$. Comme précédemment (2.1) :

$$x_i' = fS_i + (1-f)P_i \quad (3.1)$$

Comme pour l'imitation nous pouvons supposer pour simplifier que $E(S_i) = \bar{x}$ correspond aux facteurs sociaux et $E(P_i) = P_0$ aux facteurs individuels et f à la fidélité (voir la partie précédente). On obtient comme précédemment (2.2) :

$$\Delta \bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) \quad (3.2)$$

Si $f = 1$, c'est-à-dire si le conformisme est maximum, alors le comportement moyen des singes, \bar{x} , ne change pas, $\Delta \bar{x} = 0$. Dans ce cas la conclusion selon laquelle le conformisme permet de maintenir des différences entre les populations est correcte.

Mais si $f \neq 1$, la variation guidée entraîne la population vers la valeur d'équilibre P_0 et

l'on peut s'attendre à ce que toutes les populations de singes finissent par avoir le même comportement. Donc le conformisme à lui seul ne peut généralement pas garantir le maintien de différences entre les populations de chimpanzés.

Dans le cas de l'hyper-conformisme cependant, les individus exagèrent l'importance des comportements les plus fréquents. Ce que l'on peut représenter à l'aide de la fonction suivante (Boyd & Richerson, 1985) :

$$E(S_i) = \begin{cases} \bar{x}(1-D) & \text{si } \bar{x} < 1/2 \\ \bar{x} & \text{si } \bar{x} = 1/2 \\ \bar{x}(1-D) + D & \text{si } \bar{x} > 1/2 \end{cases} \quad (3.3)$$

S_i représente toujours les facteurs sociaux et D représente la force de l'hyper-conformisme (voir Figure 20). Si $D = 0$, on retrouve $E(S_i) = \bar{x}$ et si $D = 1$ par exemple, un individu utilise toujours la technique la plus fréquente.

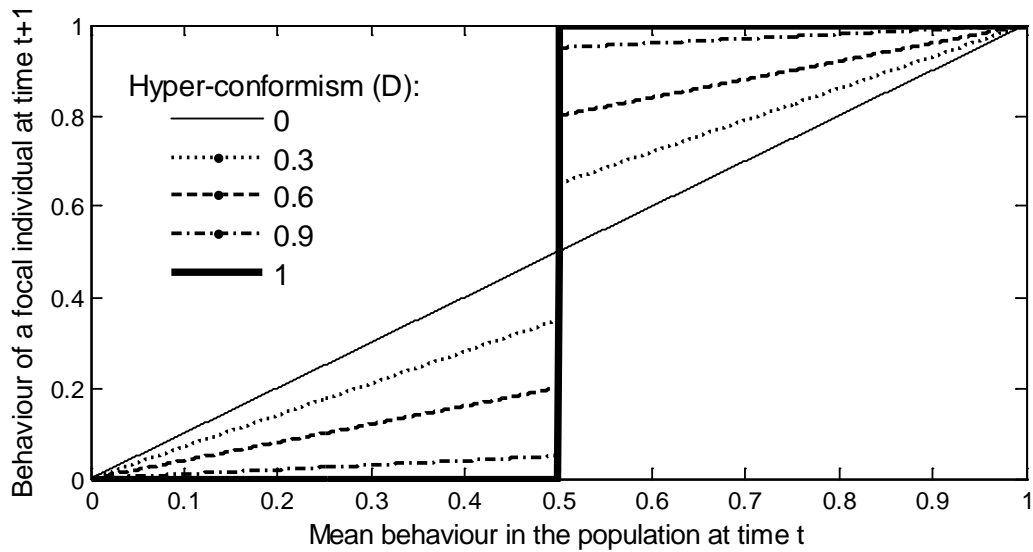


Figure 20 : Effets de l'hyper-conformisme.

Avec cette fonction de S_i on trouve le changement moyen suivant :

$$\Delta \bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) + f \begin{cases} -D\bar{x} & \text{si } \bar{x} < 1/2 \\ 0 & \text{si } \bar{x} = 1/2 \\ D(1-\bar{x}) & \text{si } \bar{x} > 1/2 \end{cases} \quad (3.4)$$

Avec une tendance hyper-conformiste trois équilibres sont possibles :

- $\bar{x} = 1/2$ est un équilibre instable.

- Si $\bar{x} > 1/2$ et $D > \frac{(1-f)(1-2P)}{2-f}$ alors $\bar{x}_{eq}^1 = \frac{(1-f)P+D}{(1-f)+fD}$ est un équilibre.
- Si $\bar{x} < 1/2$ et $D > \frac{(1-f)(2P-1)}{f}$ alors $\bar{x}_{eq}^2 = \frac{(1-f)P}{(1-f)+fD}$ est un équilibre.

Des différences culturelles existent si et seulement si les deux équilibres \bar{x}_{eq}^1 et \bar{x}_{eq}^2 sont présents en même temps et dans ce cas la différence entre les deux groupes est au plus de $\frac{D}{(1-f)+fD}$. La Figure 21 montre que seul des niveaux de conformisme importants permettent de maintenir une certaine différence culturelle entre les groupes.

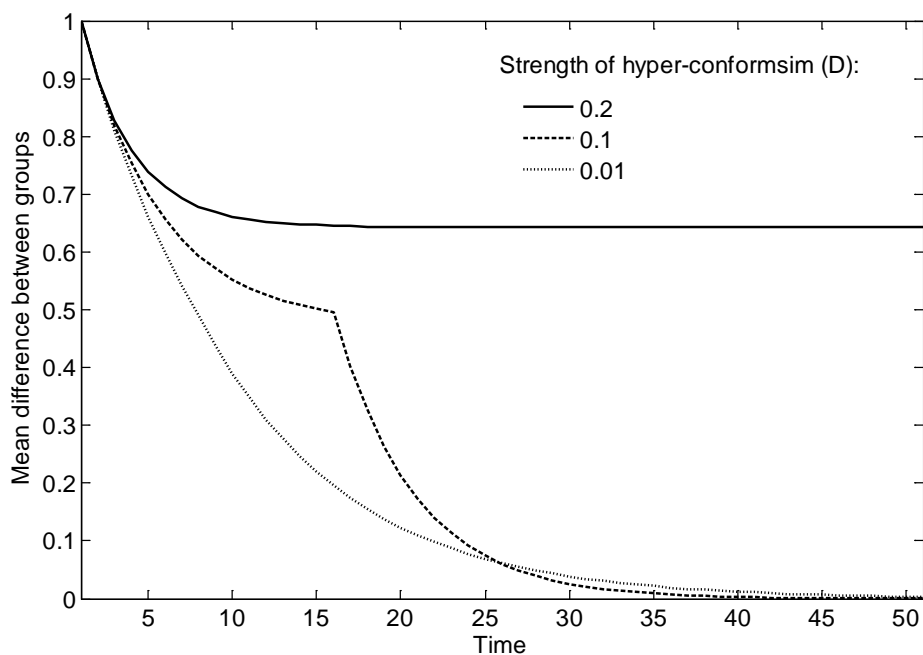


Figure 21 : Différence moyenne entre groupes avec trois niveaux d'hyper-conformisme. Quand l'hyper-conformisme est nul ou moyennement important la différence entre les groupes s'érode très rapidement. Quand l'hyper-conformisme est élevé la différence entre les groupes persiste. Remarquez que lorsque le niveau de d'hyper-conformisme est intermédiaire, la différence entre les groupes disparaît plus vite qu'en l'absence d'hyper-conformisme. La fidélité, f , est ici de 0.85.

En conclusion, une tendance hyper-conformiste peut permettre de maintenir des différences entre populations, en favorisant un élément culturel sur la base de sa source et indépendamment de son contenu. Si l'hyper-conformisme est important, des comportements qui sont localement non adaptés mais fréquents peuvent subsister. Cependant, il est clair que l'hyper-conformisme sera d'autant plus marginal que les facteurs liés au contenu, comme la variation guidée, seront forts. C'est donc dans le cas d'éléments culturels sans efficacité pratique évidente – donc pas dans le cas d'outils par exemple – que des tendances hyper-conformistes ont le plus de chance d'être manifestement à l'œuvre. En outre, si l'hyper-conformisme permet de conserver localement un comportement qui n'est pas adapté, on peut penser qu'un tel biais psychologique devrait être naturellement contre-sélectionné. En effet, dans un environnement changeant, des individus hyper-conformistes auront tendance à conserver des éléments culturels qui ne sont plus adaptés et auront du mal à adopter de nouveaux éléments culturels plus adaptés qui pourraient apparaître. Dans tous ces cas on s'attend à ce que la sélection naturelle limite l'importance de l'hyper-conformisme. Cette idée a été modélisée par Henrich et Boyd (1998) à l'aide de simulations de l'évolution de l'hyper-conformisme dans un environnement spatialement et temporellement variable.

Evolution génétique potentielle

Henrich et Boyd (1998) considèrent un modèle où les individus peuvent se fier soit à leur propre expérience, soit à leur observation des autres individus pour décider du comportement le plus adapté à l'environnement dans lequel ils se trouvent (ce que nous avons appelé f). D'autre part, ils considèrent aussi que les facteurs sociaux peuvent être plus ou moins conformistes (notre facteur D). Henrich et Boyd montrent que plus l'environnement est stable, plus le poids des facteurs sociaux est important (plus f est grand) et plus le conformisme est élevé. Ceci s'explique, selon eux, par le fait que le conformisme rend plus fiable l'information sociale.

Cette conclusion étend aux variations temporelles les résultats obtenus par Boyd et Richerson dans le cas d'hétérogénéités spatiales (Boyd & Richerson, 1985). En effet, dans un premier modèle Boyd et Richerson ont montré que le biais d'hyper-

conformisme peut évoluer dans un environnement hétérogène car il augmente la fréquence des éléments culturels localement adaptés. Boyd et Richerson concluent :

This model illustrates what we believe is an important general property of conformist transmission. In spatially varying environments, it can serve as a simple, generally applicable rule that increases the probability that individuals acquire traits that are favored in the local habitat. The forces of guided variation, directly biased transmission, and natural selection will act to increase the frequency of the favored cultural variant. However, migration from habitats in which other variants are favored will tend to reduce the frequency of the locally favored variant. These forces may often result in an equilibrium in which the locally favored variant is the most common variant. When this is true, individuals who have a tendency to acquire the most common variant would also have an improved chance of acquiring the locally favored variant. (Boyd & Richerson, 1985)

Le conformisme agit dans ces deux modèles comme un filtre permettant de retirer le bruit présent dans les facteurs sociaux car la fréquence moyenne des éléments est biaisée en faveur de l'élément le plus adapté, et même si ce biais est infime, il donne une indication fiable.

Examinons un exemple pour bien comprendre cet effet de l'hyper-conformisme. Supposez que dans une population et un environnement donné, le comportement A soit sélectionné par rapport au comportement B. Supposez aussi que dans cette population on observe que 60 % des individus ont un comportement de type A et 40 % de type B. Si les individus ne sont guidés, dans le choix de leur comportement, que par des facteurs sociaux ($f = 1$) et que l'hyper-conformisme est nul ($D = 0$) alors la probabilité qu'un individu naïf opte pour le comportement A est de 60 %. Une mutation qui ferait en sorte que l'hyper-conformisme augmente serait sélectionnée car cette probabilité augmenterait. A terme le conformisme évoluerait pour devenir maximal ($D = 1$).

L'origine de l'hétérogénéité des comportements dans la population n'a pas d'importance, elle peut être liée à des phénomènes de migrations, des variations temporelles dans l'environnement ou à d'autres facteurs, dans tous les cas l'hyper-conformisme évolue. Cette conclusion de Boyd et Richerson n'est donc pas spécifiquement liée au fait qu'ils considèrent un environnement hétérogène. Si l'environnement est parfaitement stable et que l'apprentissage individuel est une source d'erreurs, un apprentissage purement social et maximalelement hyper-conformiste évolue. A terme bien sûr, si il n'y a plus de variation, que tous les individus ont un

comportement donné, l'hyper-conformisme n'a plus d'effet mais entre temps il est sélectionné.

L'hyper-conformisme permet donc de limiter les erreurs faites sur la base de l'information sociale et Henrich et Boyd concluent que l'hyper-conformisme peut évoluer dans de nombreux cas pour devenir un facteur principal de l'évolution culturelle (Henrich & Boyd, 1998). En effet, dans la plupart de leurs simulations l'hyper-conformisme sélectionné est maximal ($D = 1$), sauf quand l'environnement varie très rapidement.

L'idée que le conformisme peut être très fort, même quand l'environnement varie temporellement, comme le suggèrent les résultats d'Henrich et Boyd, est néanmoins contre-intuitive. Si une partie importante des individus est conformiste, on voit mal comment la population pourrait s'adapter à un changement de l'environnement. Sur cette base, Wakano et Aoki (2007) ont repris le modèle d'Henrich et Boyd et ont fortement remis en cause leurs résultats (voir aussi l'analyse de Nakahashi, 2007). Ces deux auteurs montrent en effet que lorsque l'environnement change très fréquemment les facteurs individuels dominent et les facteurs sociaux sont très hyper-conformistes (Figure 22 partie a). En accord avec Henrich et Boyd donc, si les facteurs individuels dominent, la variation associée aux facteurs sociaux est importante et l'effet de l'hyper-conformisme est maximal. Plus l'environnement devient stable, plus les facteurs sociaux deviennent importants et moins l'effet de l'hyper-conformisme est sensible (Figure 22 partie b). A un certain point les facteurs sociaux deviennent largement dominants et si l'hyper-conformisme est trop élevé, un changement environnemental devient délétère. Dans ce cas, plus la stabilité de l'environnement augmente plus l'hyper-conformisme diminue, jusqu'à devenir nul (Figure 22 partie c).

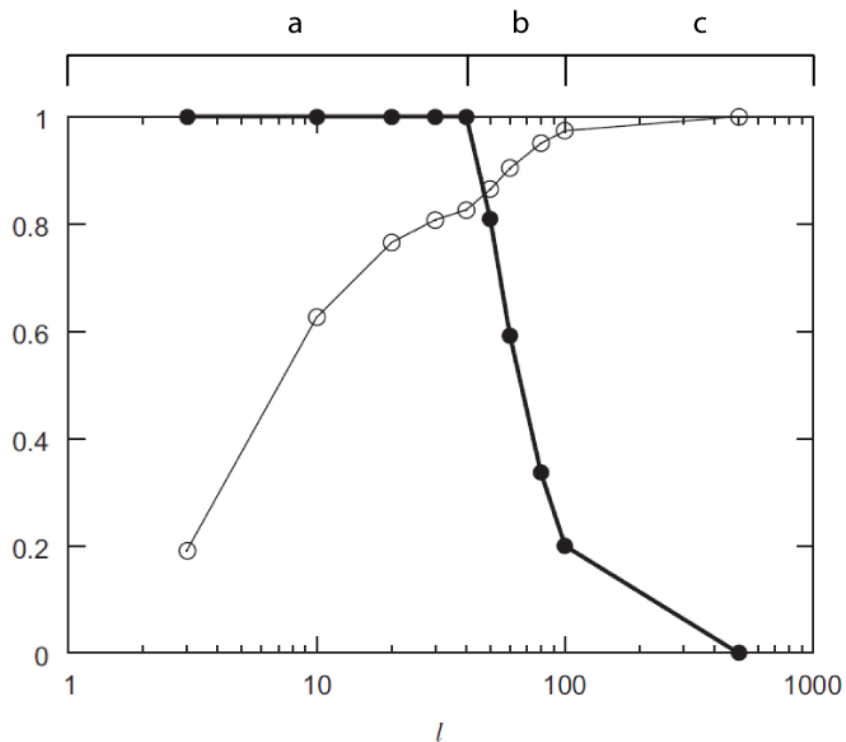


Figure 22 : Relation entre la fréquence des changements environnementaux (l , interval fixe entre les changements), les facteurs sociaux (cercles vides) et l'hyper-conformisme (cercles pleins) à l'équilibre évolutif (AEES). Au contraire de Henrich et Boyd (1998), Wakano et Aoki constatent une relation inversée entre facteurs sociaux et hyper-conformisme. (adapté de Wakano & Aoki, 2007)

Une situation typique est représentée dans la Figure 23.

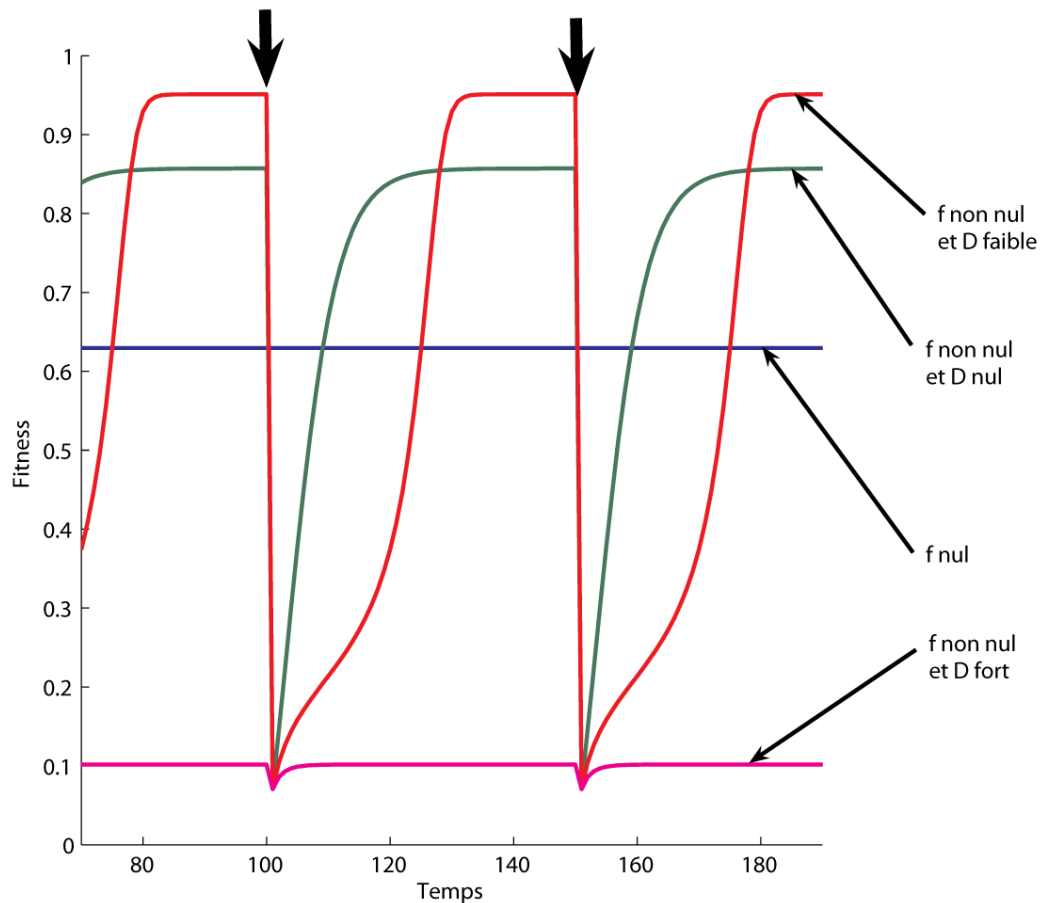


Figure 23 : Evolution de la fitness moyenne d'une population en fonction de l'hyper-conformisme et de la fidélité. Si la fidélité est nulle, tracé bleu, les facteurs individuels sont dominants. Quand l'environnement change (flèche) les individus s'accommodent immédiatement. Cependant ces facteurs sont peu fiables. Les facteurs sociaux sans hyper-conformisme, tracé vert, sont plus fiables que les facteurs individuels mais quand l'environnement change la population met un certain temps à s'accommoder au changement. Les facteurs sociaux avec un peu d'hyper-conformisme, tracé rouge, sont encore plus fiables mais aussi plus lents à récupérer après un changement environnemental. Enfin, si l'hyper-conformisme est très important, tracé rose, quand un changement se produit la population ne s'accommode pas du tout au changement.⁴⁸

⁴⁸ Cette figure est issue de simulations que j'ai réalisées pour tester la stabilité des résultats de Wakano et Aoki dans un modèle avec une infinité d'états environnementaux (au lieu de deux seulement) et une

Contrairement à ce que pensaient Henrich et Boyd, la relation entre les facteurs sociaux et le conformisme est inversée : quand l'un augmente l'autre diminue. Tout ce qui augmente l'importance des facteurs sociaux va donc diminuer le rôle de l'hyper-conformisme. Par exemple, si un coût est associé aux facteurs individuels, cela augmente d'autant l'importance des facteurs sociaux à l'équilibre et diminue celle de l'hyper-conformisme (Kameda & Nakanishi, 2002). Au contraire, si les facteurs individuels sont très fiables, cela diminue l'importance des facteurs sociaux et favorise l'hyper-conformisme (voir Figure 23).

En conclusion, on remarquera que, très logiquement, l'hyper-conformisme n'évolue jamais pour devenir tellement puissant qu'il empêcherait la population de s'accommoder à des changements environnementaux. Or, dans ce cas, la direction que prend cette accommodation est *toujours* le résultat des facteurs individuels. Ultiment ce sont donc les facteurs dépendants du contenu qui guident l'orientation que prend l'évolution culturelle, les phénomènes sélectifs venant en renforts pour amplifier et/ou accélérer les tendances déjà existantes. J'insiste sur ce point, qui découle des études que nous venons de voir mais dont les conséquences sont sous-estimées : le conformisme n'évolue jamais pour empêcher les facteurs individuels de guider l'évolution culturelle. Les modèles montrent que seul un hyper-conformisme modéré peut évoluer, car il rend plus fiable les facteurs sociaux sans pour autant empêcher l'accommodation.

Evaluation des données empiriques

Malheureusement, peu d'expériences ont tenté de montrer l'existence d'un biais psychologique hyper-conformiste et leurs conclusions sont loin d'être convaincantes (Efferson, et al., 2008; Kameda & Nakanishi, 2002; McElreath, et al., 2008; McElreath, et al., 2005). Les résultats montrent qu'il existe une très grande variabilité dans le comportement des participants et que malgré l'intérêt potentiel d'une stratégie hyper-conformiste, de nombreux participants ne le sont pas ou, lorsqu'ils le sont, ne le sont pas maximalement (alors que cette stratégie serait payante). Les expériences de laboratoires basés sur le modèle des expériences réalisées en économie (essentiellement par jeux informatique et rémunération des participants en fonction de leurs résultats) ne

relation entre les facteurs individuels et les facteurs sociaux plus proche de ce que nous avons proposé. Les résultats des simulations effectuées ne diffèrent pas qualitativement de ceux de Wakano et Aoki.

semblent pas confirmer les prédictions des modèles théoriques sur l'hyper-conformisme. Cette conclusion doit cependant être considérée avec précaution étant donné le faible nombre d'expériences et leur spécificité.

On pourrait aussi faire remarquer que les résultats des expériences de psychologie sociale montrent que bien qu'en théorie l'utilisation des propriétés statistiques des groupes (comme la moyenne ou la majorité) permette de réduire l'incertitude et de prendre le plus souvent une meilleure décision, les individus se basent rarement sur ces propriétés pour prendre leur décision. Larrick et Soll (2006, 2008) par exemple, ont étudié le phénomène suivant. Imaginons que deux personnes estiment la température qu'il va faire demain à Paris. L'un annonce 20°C, l'autre 16°C. Dans une telle situation, la différence entre l'estimation moyenne (18°C) et la réalité est toujours inférieure à la moyenne des différences de chaque estimation. Supposons par exemple que la température qu'il va faire demain soit de 23°C, la différence entre la moyenne et la réalité est de $23 - 18 = 5^\circ\text{C}$, la moyenne des différences est identique, de $(3 + 7)/2 = 5^\circ\text{C}$. Cependant, si la température est de 19°C, la différence entre la moyenne et la réalité est de 1°C et la moyenne des différences est supérieure, elle est de $(3 + 1)/2 = 2^\circ\text{C}$. En somme, cela signifie que face à une situation incertaine il vaut mieux choisir la moyenne des évaluations que de choisir une évaluation au hasard. Pourtant, c'est cette deuxième option que choisissent de nombreux participants. Comme le montre la vaste littérature sur le sujet (e.g. Gigerenzer & Selten, 2001; Kahneman, Slovic, & Tversky, 1982), certains mécanismes cognitifs, et notamment l'utilisation de prototypes, biaisent systématiquement le jugement des participants. L'étude de ces biais ne montre pas, à ma connaissance, que les participants ont un biais hyper-conformiste, au contraire, il semblerait que leurs choix soient dictés par l'adéquation entre les alternatives qui leur sont proposées et certains facteurs individuels.

D'autre part, il faut noter que deux effets ont été systématiquement confondus dans toutes les expériences qui se sont intéressées spécifiquement à l'hyper-conformisme car, dans chacune d'entre elles, il était toujours avantageux d'être hyper-conformiste. Les participants pouvaient donc être hyper-conformistes parce qu'ils possédaient un biais psychologique qui les poussait à survaloriser un comportement fréquent (ce que ces expériences cherchaient à montrer) ou parce qu'il était logique (rationnel) d'être hyper-conformiste dans le contexte imposé. Pour éliminer le deuxième type d'explications les expériences devraient se concentrer sur l'aspect négatif du

conformisme, c'est-à-dire sur la vitesse d'accommodation d'une population après un changement dans l'environnement. Nous avons vu que dans ce cas les différentes hypothèses font des prédictions clairement différentes (voir notamment la Figure 23). On pourrait par exemple laisser les participants s'accommoder à un environnement, changer l'environnement brutalement ou progressivement et regarder comment ils réagissent à ce changement en fonction des informations disponibles. Une manière complémentaire d'aborder l'existence d'un biais hyper-conformiste serait de réaliser des expériences testant l'effet de la fréquence des comportements d'autrui sur le propre comportement de participants (adultes et enfants).

Conclusion

Si les expériences envisageables ne manquent pas, les résultats actuels ne permettent pas d'affirmer qu'il existe un biais psychologique d'hyper-conformisme. Au vu de la présente étude il me semble justifié de tirer les conclusions suivantes au sujet de l'hyper-conformisme : 1) expérimentalement rien ne laisse penser que l'hyper-conformisme soit un facteur important de l'évolution culturelle 2) théoriquement, les effets de l'hyper-conformisme sur l'évolution culturelle sont limités par la présence de forces dépendants du contenu, et enfin, 3) théoriquement, les pressions de sélection naturelle qui favorisent l'apprentissage social affaiblissent en même temps le rôle de l'hyper-conformisme.

L'hyper-conformisme, dans l'état actuel des recherches, ne peut donc pas être considéré comme étant un facteur prépondérant de l'évolution culturelle et il me semble que l'engouement actuel pour le biais de conformité résulte d'une confusion entre la définition la plus courante du conformisme, 'faire comme les autres', et les résultats théoriques de Boyd, Richerson et coll. sur ce que nous avons appelé l'hyper-conformisme. Ces conclusions vont à l'encontre de l'opinion majoritaire et mettent en doute l'intérêt des approches tentant d'expliquer certains comportements humains comme résultant de ces tendances hyper-conformistes, comme l'existence de comportements normatifs (Henrich & Boyd, 1998) ou l'évolution de la coopération par la sélection culturelle de groupe (Henrich & Boyd, 2001).

3.2.5 LE BIAIS DE PRESTIGE

Les individus qui jouissent d'un certain prestige (que nous nommerons stars) sont, par définition, estimés par de nombreuses personnes (que nous appellerons des fans). Les stars sont des stars en vertu de leur réputation auprès des fans. Elvis Presley est une star car de nombreuses personnes reconnaissent qu'il chante bien, Barack Obama est une star car de nombreuses personnes pensent que c'est un bon président, Michael Jordan est une star car de nombreuses personnes pensent qu'il joue bien au basket, etc. En vertu de cette reconnaissance, les stars peuvent influencer un grand nombre de personnes, elles peuvent transmettre leurs idées, leurs valeurs, leurs comportements... à leurs nombreux fans : certaines personnes chantent et/ou ont le look d'Elvis Presley, d'autres sont des fervents défenseurs des idées d'Obama, d'autres encore tentent de jouer au basket comme Michael Jordan. Selon certains auteurs, la propension qu'ont les individus à accorder de l'importance à ceux qui ont un certain succès est un biais psychologique adaptatif qui est important pour comprendre l'évolution de la culture humaine. Boyd et Richerson (1985) par exemple, ont postulé l'existence d'un biais de prestige pour expliquer la présence de systèmes culturels symboliques, celle de courses évolutionnaires culturelles et la présence de certaines maladaptations culturelles (plus de détails ci-après). Henrich (2004) a défendu l'idée qu'un biais de prestige pouvait être responsable de la disparition de nombreuses technologies observées en Tasmanie après son isolement de l'Australie et Henrich et Gil White (2001) ont fait une synthèse des données anthropologiques qui pourraient être expliquées par un biais de prestige.

Définition

Selon ces auteurs, le biais de prestige correspond au fait que les individus en situation d'incertitude imitent le comportement de ceux qu'ils estiment comme ayant eu le plus de succès :

...it may often be very difficult or costly to evaluate the relative merit of different cultural variants, especially when they have long-lasting effects. In many cases, a single trial of a trial-and-error evaluation of the alternative variants may take a lifetime. One obvious way around this problem is to adopt the variants used by successful people, as Flinn and Alexander (1982) suggested. It may be difficult to evaluate the best hunting practices from among the myriad of possibilities, so just copy the most successful hunter. Since it is difficult

to determine exactly which of his techniques makes him successful, one might imitate everything *that is plausibly connected* with his hunting success, from the way he sets his traps to the chant he says every day before going off to hunt. (Boyd & Richerson, 1985, mes italiques)

Le biais de prestige repose donc sur les mêmes principes généraux que le biais d'hyper-conformisme : en situation d'incertitude, le fait qu'un comportement soit fréquent, ou qu'il soit utilisé par un individu qui a du succès, peut être un indice de son utilité et de son adéquation avec l'environnement. Pour que le biais de prestige soit efficace il faut trois éléments : 1) que les fans puissent reconnaître les individus qui ont du succès, 2) que les fans puissent imiter les stars et ce faisant, acquérir des éléments qui participent *potentiellement* au succès des stars et 3) que les fans soient motivés pour acquérir les compétences des stars. Par exemple, un peintre débutant aura tendance à reproduire les peintures des grands maîtres pour comprendre ce qui a fait leur succès et maîtriser les techniques qu'ils ont utilisées. Ce faisant il imitera aussi bien les aspects qui ont effectivement contribué au succès des peintres que les aspects qui n'ont aucun rapport avec leur succès. Les individus les plus sensibles au biais de prestige sont ceux qui ne sont pas compétents dans un domaine et qui veulent le devenir. Une fois devenus expert du domaine, ils seront a priori moins sensibles au biais de prestige car ils seront en mesure d'identifier les meilleures options par eux-mêmes.

De ce point de vue, l'exemple de la publicité, utilisé par Boyd et Richerson (2005) n'est pas le meilleur : Zidane est une star du football et quand il fait de la publicité pour une marque de lunettes, sa compétence de footballeur, évaluable en nombres de buts marqués par exemple, le rend plus à même de convaincre les téléspectateurs d'acheter les lunettes d'une certaine marque. Cependant, pour que le biais de prestige fonctionne, il faut aussi que les individus qui imitent Zidane en achetant la même marque de lunette que lui, cherchent aussi à devenir de bons footballeurs en imitant sa manière de jouer au football. Ce n'est certainement pas le cas de la majorité des individus qui sont affectés par les publicités que réalise Zidane pour une marque de lunette, d'eau minérale ou pour des œuvres caritatives. L'effet de la publicité n'est donc pas principalement lié à un biais de prestige et d'autres explications peuvent facilement être invoquées, comme le fait qu'il peut s'agir d'une simple association entre une personne célèbre et un produit ou une marque particulière. Au moment de choisir entre une bouteille d'Evian et une de Volvic, le consommateur aura plus tendance à choisir celle de Volvic car, de manière consciente ou non, il aura

associé à la marque Volvic un champion du football qu'il connaît. D'autre part, même si certaines personnes imitent le comportement de Zidane tout en cherchant à devenir de bons footballeurs, on peut douter du fait qu'ils associent, consciemment ou non, la marque des lunettes au succès de Zidane au football.

Il me semble donc important de faire la différence entre l'ensemble des effets que peut avoir le prestige, tel que le fait d'avoir un statut particulier dans la société, le fait que vos fans vous fassent des cadeaux... (voir Henrich & Gil-White, 2001 pour une revue de l'ensemble des effets du prestige), et le biais de prestige, qui consiste à imiter certains individus qui ont du succès *dans le but* d'obtenir plus de succès dans les mêmes activités.

Conséquences sur l'évolution culturelle

Boyd et Richerson ont suggéré que l'existence d'un biais de prestige pourrait expliquer la présence de phénomènes d'emballements culturels ('runaway process', Richerson & Boyd, 2005). Par exemple, si les voitures chères sont un indicateur du prestige des individus, les individus naïfs qui veulent devenir riches peuvent utiliser le prix de la voiture de leurs aînés pour choisir leur futur métier. Dans ce cas, les individus dont les revenus sont les plus importants sont aussi ceux qui préfèrent posséder les voitures les plus chères et plus les individus possèdent des voitures chères, plus ils sont imités. Rapidement le processus s'emballe et donne lieu à des marqueurs de prestige qui deviennent exagérés : le prix des voitures devient exorbitant. Ce processus d'emballement est comparable à celui que l'on observe dans l'évolution des caractères sexuels de certaines espèces. Le cas le plus connu est celui de la queue du paon. L'évolution d'une queue aussi gigantesque que celle du paon peut s'expliquer par un phénomène d'emballement lié au choix des mâles par les femelles. Initialement on peut faire l'hypothèse que la queue des mâles était probablement un marqueur de leur vigueur (de leur résistance aux maladies virales, de leur absence de maladies génétiques, de leur force musculaire, etc.) et les mâles qui possédaient une belle queue, de taille raisonnable, était préférentiellement choisis par les femelles. Dans ce cas, la queue confère du prestige aux mâles et indique de manière indirecte la qualité reproductive de ceux-ci. Les femelles, en choisissant les mâles qui possèdent de grandes queues créent une pression de sélection favorisant une augmentation de la taille de celles-ci mais du même coup, puisque la taille est corrélée au succès reproductif, elles créent aussi une

pression de sélection favorisant les femelles qui préfèrent choisir les mâles possédant de grandes queues. C'est ce double effet qui crée l'emballement évolutif : les mâles qui ont des grandes queues ont un meilleur succès reproductif, donc les femelles qui préfèrent les mâles qui ont de grandes queues sont aussi avantagées (R. A. Fisher, 1930). Le fonctionnement de ce processus d'emballement évolutif est comparable dans le cas de la culture humaine et dans le cas des caractères sexuels (Boyd & Richerson, 1985).

Comme la corrélation entre un élément et le succès des individus peut être assez faible initialement et se trouver ensuite amplifiée par l'emballement évolutif, cet emballement pourrait aussi expliquer l'apparition de marqueurs symboliques (Boyd & Richerson, 1985, 1987). La queue du paon, les bois des cerfs, la couleur de certains poissons sont tous des indicateurs utilisés par les femelles pour choisir les mâles. De subtiles différences dans les conditions initiales ont donné lieu à des trajectoires évolutives très différentes, de telle sorte que les critères utilisés par les femelles nous apparaissent aujourd'hui comme arbitraires. Boyd et Richerson (1987) appliquent cette idée au domaine culturel et modélisent cet effet à partir des conclusions que Rogers et Shoemaker (1971) tirent de leur analyse de la diffusion des innovations. Ces derniers auteurs concluent que les deux facteurs principaux qui déterminent l'adoption d'une innovation par un individu sont d'une part le succès que rencontrent les individus qui utilisent déjà l'innovation en question et d'autre part leur similarité avec ces individus. Autrement dit, la probabilité que l'individu A adopte une innovation utilisée par l'individu B dépend du succès de B et de la proximité de A et B. Boyd et Richerson (1987) modélisent ces deux forces et montre que la combinaison d'un biais de prestige avec une tendance à imiter des personnes similaires peut expliquer l'évolution de traits symboliques permettant de différencier les groupes entre eux. Leur résultat découle du fait que le trait symbolique est un indicateur du succès des individus, donc que la sélection naturelle privilégie les individus qui utilisent ce trait précocement pour identifier les modèles potentiels. Dans ce cas les marqueurs symboliques sont les éléments corrélés au succès des individus et la source du biais de prestige. Le biais de prestige pourrait donc être, selon Boyd et Richerson, à l'origine de l'évolution des symboles : ils permettraient aux individus de s'identifier à un groupe et d'acquiescer les comportements les plus appropriés à l'environnement dans lequel ils vivent (Boyd & Richerson, 1985, 1987; McElreath, Boyd, & Richerson, 2003; Richerson & Boyd, 2005).

Evolution génétique potentielle

Du point de vue de la sélection génétique, le biais de prestige peut avoir évolué si les marqueurs du succès sont liés à la fitness, si, par exemple, ce sont les personnes qui ont le plus d'enfants qui sont préférentiellement imitées. Dans un environnement spatialement hétérogène par exemple, imiter le comportement des personnes qui ont le plus d'enfants peut faciliter l'acquisition des comportements adaptés à l'habitat dans lequel on se situe, quel que soit cet habitat et les comportements en question. Le biais de prestige, comme le biais de conformisme, réduit l'incertitude liée à une prise de décision, et bien que les modèles d'évolution du biais de prestige n'aient pas été soumis à une étude détaillée, on peut penser que les conclusions que nous avons tirées de l'étude de l'hyper-conformisme s'appliquent ici aussi.

Evaluation des données empiriques

Comme pour le biais d'hyper-conformisme, peu de données empiriques révèlent l'existence d'un biais de prestige. Henrich et Gil White (2001) ont fait une synthèse des données anthropologiques concernant le prestige dans laquelle ils montrent que ces données sont compatibles avec l'hypothèse selon laquelle le biais de prestige serait une adaptation humaine qui permettrait aux individus d'acquérir plus facilement et plus rapidement les informations les plus adaptées à leur environnement. Ils montrent entre autre que les individus prestigieux sont le plus souvent talentueux, âgés, qu'ils bénéficient de certains privilèges et qu'ils sont préférentiellement imités par les autres individus. Ces caractéristiques proviennent du fait, selon Henrich et Gil White, que les fans identifient les stars au mérite et qu'ils cherchent à les observer de plus près afin de copier leurs comportements. Bien que les données accumulées par Henrich et Gil White montrent de manière convaincante que le prestige joue un rôle dans la transmission des éléments culturels, ces données ne permettent pas de conclure quant à l'évolution potentielle d'un biais psychologique. En effet, chacun des exemples donnés peut s'interpréter en termes de choix rationnel des individus. Comme nous l'avons fait remarquer pour le conformisme, montrer qu'il existe un biais de prestige lorsque les individus ont intérêt à faire appel à un tel biais ne montre pas qu'il existe un mécanisme psychologique biaisé car il se peut aussi bien que les individus aient évalué quelle

option était la plus intéressante pour eux. Cette possibilité n'est pas exclue par les données dont nous disposons.

Une possibilité pour montrer l'existence d'un biais de prestige consisterait à prédire un effet négatif de ce biais et observer cet effet. Henrich (2004) a soutenu par exemple qu'un biais de prestige pouvait être responsable de la disparition d'une grande partie des technologies en Tasmanie. Si tel est le cas, la plausibilité de l'existence d'un biais de prestige se trouve sensiblement accrue. Malheureusement, nous allons voir que le modèle d'Henrich n'est pas convaincant.

Le cas de la disparition des technologies en Tasmanie est particulièrement troublant. A la fin de la dernière ère glaciaire, il y a environ 10 000 ans, la Tasmanie, jusqu'alors reliée à l'Australie par une langue de terre, se trouve isolée du continent. 10 000 ans plus tard, lorsque les Européens ont découvert la Tasmanie, et installé un premier village, les aborigènes de Tasmanie possédaient un ensemble de technologies rudimentaires comparées à leurs contemporains Australiens et à leurs propres ancêtres de l'holocène. Ils n'utilisaient pas d'outils en os, n'avaient pas d'habits chauds pour l'hiver, pas d'hameçons, pas de filets, pas de lances, etc. Ce qui est étonnant, c'est qu'il semblerait que les Tasmaniens aient perdu une grande partie des techniques qui s'étaient avérées utiles par le passé.

Henrich se propose d'expliquer la perte de ces technologies par un effet de la diminution démographique engendrée par l'isolement de la Tasmanie⁴⁹. Il fait d'abord l'hypothèse que chaque individu, noté i , appartenant à une population de taille N , tente de copier l'individu qui a le plus de succès (individu noté h). En copiant, les individus commettent des erreurs, apprennent par eux-mêmes, découvrent de nouvelles techniques ou sont guidés par la chance ou la malchance de telle sorte qu'en moyenne, leur succès dans la tâche en question, noté z_i (paramètre continu), est inférieur à celui du modèle qui a le plus de succès, z_h . Plus précisément, Henrich fait l'hypothèse que la distribution des valeurs de z_i suit une loi de Gumbel de moyenne $z_h - \alpha$ et de dispersion β (voir la Figure 24).

49 Je tiens à remercier ici François Blanquart qui a fortement contribué à l'étude du modèle d'Henrich.

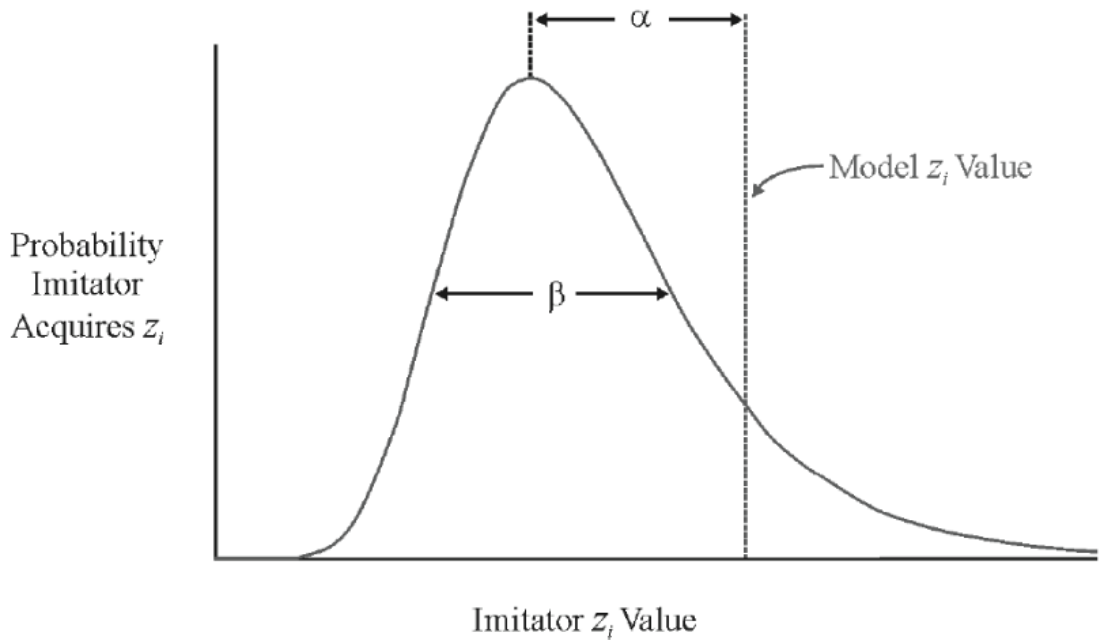


Figure 24 : Loi de Gumbel utilisée par Henrich. En moyenne les individus n'ont pas autant de succès que le modèle qu'ils copient ($\bar{z} < z_h$). Cependant, certains individus ont plus de succès que le modèle ($z_i > z_h$). Ces derniers servent de modèle à la génération suivante et progressivement le succès moyen des individus augmente. (reproduit de Henrich, 2004)

On remarquera que si α vaut 0, l'imitation de la personne qui réussit le mieux est en moyenne réussie. Si β vaut 0, l'imitation se fait sans erreurs ni améliorations, donc si α et β valent tous les deux 0, alors l'imitation est parfaite. D'autre part, sachant qu'en moyenne la valeur maximale atteinte lors d'une répétition de N tirages dans une distribution de Gumbel de paramètres a et b est $a + b(\varepsilon + \log(N))$, où ε est la constante d'Euler, on en déduit le changement moyen de succès dans la population ($\Delta\bar{x}$) :

$$\Delta\bar{x} = -\alpha + \beta(\varepsilon + \log(N)) \quad (3.5)$$

Le terme $-\alpha$ représente la difficulté que rencontrent les individus à imiter celui qui a le plus de succès. Le terme $\beta(\varepsilon + \log(N))$ représente quant à lui l'avantage que gagnent les individus à imiter celui qui a le plus de succès. Henrich en conclut qu'une certaine technique ne peut se maintenir dans une population donnée que si le nombre d'individus

N est suffisamment grand, plus précisément si la population dépasse un seuil $N_{\text{éq}}$ tel que $N_{\text{éq}} = \exp(\alpha / \beta - \varepsilon)$.

Ce qui est surprenant et peu réaliste dans le modèle d'Henrich c'est que si la population dépasse le seuil $N_{\text{éq}}$, alors le succès des individus ne fait qu'augmenter, à l'infini, et si la population est en dessous du seuil, le succès ne fait que décroître, à l'infini aussi (tant et si bien qu'il devient négatif...). Pour pallier ce premier défaut du modèle, nous pouvons rendre α dépendant de x_h , de telle sorte que plus le succès des individus augmente, plus il est difficile d'imiter le meilleur individu. Nous supposons simplement que $\alpha(x_h) = \lambda x_h + \beta \varepsilon$, ce qui nous permet de calculer le changement moyen suivant,

$$\Delta \bar{x} = (1 - \lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N)) \quad (3.6)$$

et de trouver le succès maximum atteint à l'équilibre pour une taille de population

donnée, $x_{h,\text{éq}} = \frac{\beta}{\lambda} \log(N)$. Avec cette nouvelle formulation on voit immédiatement que

le succès maximum atteint dans une population augmente avec la taille de la population (N) et la dispersion des individus (β) et diminue quand la difficulté augmente (λ).

Pour pouvoir évaluer les effets du biais de prestige il nous faut aussi un point de comparaison. Imaginons que les individus, au lieu de simplement imiter l'individu qui a le plus de succès, accordent aussi un certain poids, que nous noterons p , au comportement moyen des individus de la génération précédente⁵⁰. f est une mesure du biais de prestige : si p vaut 1, les individus naïfs imitent seulement le plus prestigieux, si p vaut 0, ils imitent seulement le comportement moyen des individus de la génération précédente. Avec ces hypothèses on peut montrer que :

$$\Delta \bar{x} = p(1 - \lambda)\Delta x_h = p(1 - \lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N)) \quad (3.7)$$

Ce qui montre que plus le biais de prestige est important plus la population atteint un niveau de succès élevé rapidement, moins il est important plus il faudra de temps pour

⁵⁰ Henrich se propose de comparer l'effet du biais de prestige à celui de la transmission verticale mais ses hypothèses n'ont rien de particulier à ce mode de transmission. Le modèle que je propose est donc toujours en accord avec les résultats d'Henrich.

l'atteindre. L'effet du biais de prestige dans le modèle d'Henrich est donc principalement un effet de vitesse d'accommodation : hormis le cas dans lequel il n'y a pas de biais de prestige, l'équilibre atteint est toujours le même.

A présent, ce qui paraît surprenant, c'est que si le biais de prestige est nul, le succès à l'équilibre est nul aussi. Autrement dit, c'est le biais de prestige qui guide l'évolution du succès moyen de la population. Cet effet correspond à l'emballement évolutionnaire dont nous parlions précédemment : le succès favorise un plus grand prestige qui induit une augmentation du succès de la population. Comme nous le faisons remarquer, le résultat d'un emballement évolutionnaire est le plus souvent maladaptatif car il pousse à l'excès. En effet, il suffit que le succès soit lié à un comportement quelconque, comme le fait d'aller plonger en apnée le plus profondément possible, pour que l'emballement ait des effets négatifs, comme de nombreuses morts par hypoxie. Contrairement à ce que veut montrer l'auteur, le modèle représente donc mieux l'évolution de comportements maladaptatifs que de comportements techniques, utiles et valorisés. Si ce modèle rend compte de phénomènes adaptatifs c'est uniquement par chance, lorsque par hasard ce qui vient à être prestigieux est aussi utile.

Au contraire, si le biais de prestige est en moyenne adaptatif, c'est que le plus souvent il est lié à des comportements ou des techniques utiles qui peuvent être transmises par simple imitation. Le biais de prestige vient en plus, il améliore ce qui existe déjà. Pour rendre compte de cet effet nous pouvons utiliser le modèle que nous avons déjà développé pour l'imitation et la variation guidée. Dans ce modèle ce qui détermine le comportement des individus est en partie lié à une contribution individuelle et en partie à une contribution sociale (2.1) :

$$x'_i = fS_i + (1-f)P_i$$

dans le cas qui nous intéresse nous pouvons définir $S_i = (1-p)\bar{x} + p(x_h - \alpha(x_h))$ d'où l'on déduit :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) + fp(1-\lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N)) \quad (3.8)$$

Le terme $(1-f)(P_0 - \bar{x})$ correspond à ce que nous avons trouvé pour l'imitation et la variation guidée. Si le biais de prestige est nul, la population converge vers P_0 , la valeur de succès atteinte normalement par les individus. Le terme que nous avons trouvé

précédemment $p(1-\lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N))$ est modulé par la fidélité f de l'apprentissage social. Ce qui est important c'est qu'à l'équilibre, si la fidélité n'est pas totale, alors $\bar{x}_{\text{eq}} = P_0 + \left(\frac{f}{1-f}\right)p \left[(1-\lambda)\beta \log(N) - \lambda(\bar{x}_{\text{eq}} + \beta\varepsilon) \right]$. Dans ce cas, l'évolution est avant tout déterminée par les forces constructives, P_0 , qui sont modulées par le biais de prestige (expression entre crochets) en fonction de la fidélité de l'imitation f et de la force du biais de prestige p .

Pour donner une idée de l'importance du biais de prestige en fonction des différents paramètres j'ai représenté sa contribution à l'équilibre en fonction de la force du biais de prestige, p (voir la Figure 25). Si la contribution vaut 50 % par exemple, l'équilibre atteint par la population est déterminé pour moitié par la contribution individuelle et pour moitié par le biais de prestige.

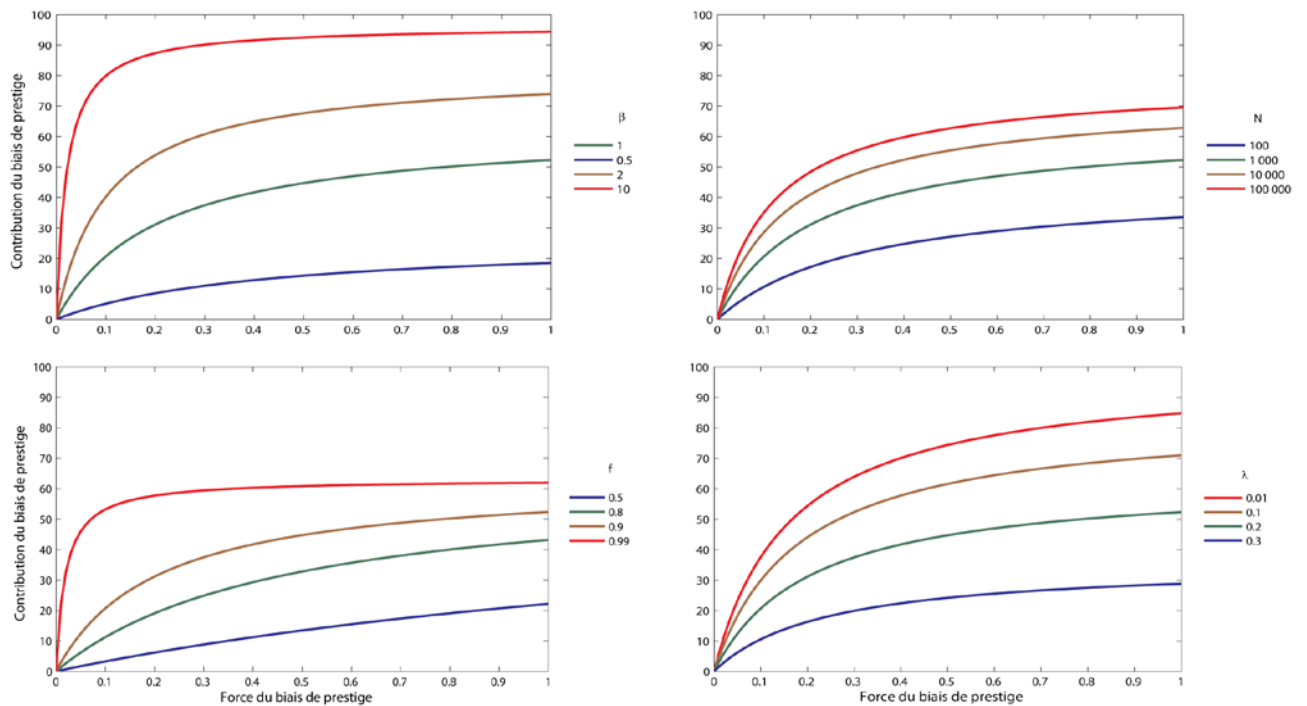


Figure 25 : Influence des paramètres du modèle sur la contribution du biais de prestige. Les paramètres ont les valeurs par défaut suivantes : $\lambda = 0,2$; $\beta = 1$; $f = 0,9$ et $N = 1000$.

La première conclusion frappante que l'on peut tirer de cette figure, c'est le rôle fondamental de la contribution individuelle. Lorsque celle-ci est nulle, que f vaut 1, la contribution du biais de prestige est toujours de 100 %. Dans la Figure 25 (c), on

remarque que si la fidélité perd 10 %, la contribution du biais de prestige chute d'environ 50 %. L'importance de cet effet varie en fonction des paramètres considérés mais il est globalement élevé. Ne pas prendre en compte les facteurs individuels revient donc à constamment surestimer les effets du biais de prestige de manière quantitative et qualitative.

Enfin, pour conclure sur la plausibilité du modèle appliqué au cas Tasmanien, il faut remarquer qu'Henrich construit un modèle essentiellement local, à l'échelle d'un groupe dont les membres peuvent s'imiter pour acquérir de nouvelles techniques. Mais il applique les conclusions qu'il tire de son modèle à une échelle essentiellement globale, celle d'une population insulaire toute entière et de leurs voisins Australiens. On voit mal comment la rupture des liaisons entre l'Australie et la Tasmanie a pu entraîner une baisse significative du nombre d'individus par 'villages' Tasmaniens (Read, 2006). Henrich répond à cette critique que son modèle est purement qualitatif et non pas quantitatif, donc que l'effet mis en évidence existe si des populations interconnectées sont séparées (Henrich, 2006). Bien que l'effet existe, son importance, qu'Henrich se refuse à discuter, est diminuée d'autant que les populations sont faiblement connectées. D'autre part, l'effet est encore plus affaibli dans le modèle que nous avons construit. Il n'est donc pas étonnant que Collard et al. ne trouvent aucune corrélation entre la taille des populations et le développement technologique (Collard, Kemery, & Banks, 2005).

Conclusion

Les conclusions que nous avons tirées de l'étude du biais d'hyper-conformisme s'appliquent aussi en quasi-totalité au biais de prestige : 1) expérimentalement rien ne laisse penser que le biais de prestige est un facteur important de l'évolution culturelle, 2) théoriquement les effets du biais de prestige sur l'évolution culturelle sont limités par la présence de forces dépendants du contenu, et enfin, 3) théoriquement les pressions de sélection naturelle qui favorisent l'apprentissage social affaiblissent *probablement* en même temps le biais de prestige. Cette dernière conclusion serait à explorer plus en détail.

Je tiens à faire remarquer que ces quelques conclusions sont en désaccord avec l'opinion générale. Henrich par exemple annonce que :

Since we know empirically from the vast literature in psychology that both “knowledge” and “motor skills” are influenced by prestige and success-biased transmission, and that these processes result in imperfect transmission, my model is set on a solid empirical foundation (for reviews of the literature see Henrich and Gil-White 2001; Henrich and Henrich in press: Chapter 2). (Henrich, 2006)

Il suggère que le biais de prestige repose sur des bases empiriques solides. Je tiens à préciser que je ne remets pas en question les effets du succès ou du prestige sur le comportement. Il est évident que si un individu a du succès il va pouvoir influencer plus facilement le comportement d'autres individus. Si vous prenez des cours de salsa, vous allez exiger que votre professeur soit un bon danseur, vous n'allez pas apprendre d'un autre débutant. Par contre je doute que l'on ait la moindre évidence de l'existence d'un mécanisme psychologique, évolué, qui biaise le comportement des individus vers l'imitation de ceux qui ont le plus de prestige et qui de ce fait contraigne l'évolution culturelle. Il n'est pas impossible qu'un biais de prestige existe, mais nous n'en avons aucune preuve tangible.

3.2.6 CONCLUSION

Les forces évolutives dépendantes de la source constituent la proposition la plus originale et la plus spécifique de la théorie de la coévolution gène-culture. Au contraire des forces aléatoires et des forces dépendantes du contenu, qui résultent de mécanismes psychologiques partagés par de nombreuses espèces non culturelles, les forces liées à la source sont propre au domaine culturel puisqu'elles concernent la manière dont les éléments sont transmis entre les individus. C'est en partie pour cette raison à mon avis que l'ensemble des travaux se sont concentrés sur les modes de transmission, le biais de prestige et le biais d'hyper-conformisme. Pourtant, malgré ces efforts, les arguments empiriques et théoriques en faveur de l'existence de tels biais psychologiques demeurent relativement faibles.

Plusieurs possibilités peuvent expliquer ce résultat négatif et dans la prochaine partie nous développerons une des raisons possible qui pourrait expliquer le rôle limité des forces liées à la source. Nous montrerons que la relation entre les forces liées au contenu et celles liées à la source est asymétrique : les forces liées au contenu, même faibles, limitent grandement l'effet des forces liées à la source, même fortes. Pour anticiper sur ce qui va suivre, nous montrerons que dans le domaine culturel les

processus sélectifs ont un impact limité par la présence de mécanismes constructifs qui transforment les éléments culturels. Cela ne signifie pas que la sélection n'a aucun rôle dans le domaine culturel, mais que sa puissance n'est pas équivalente à ce que nous observons en biologie.

3.3 LES LIMITES DU MODELE SELECTIONNISTE

Dans le premier chapitre nous avons vu que l'inclusion des modèles d'évolution dans le cadre sélectionniste dépendait de l'importance de la sélection darwinienne. Si la sélection darwinienne est la force évolutionnaire principale, l'évolution correspond essentiellement au cadre sélectionniste. Si d'autres éléments, comme la transmission lamarckienne, jouent un rôle important, alors l'évolution sort du cadre sélectionniste. Dans cette section nous allons montrer que les mécanismes considérés par la théorie de la coévolution gène-culture sont essentiellement sélectifs et constituent les rouages de la sélection culturelle. Si l'évolution culturelle procède principalement selon les forces mises en avant par la théorie de la coévolution gène-culture, alors l'évolution culturelle est essentiellement sélectionniste. Cependant, nous allons aussi montrer que l'idée selon laquelle l'évolution culturelle procède essentiellement grâce à la sélection culturelle n'est valable que dans la mesure où les transformations sont limitées. Nous en concluons que tout repose en définitive sur le rôle des transformations dans l'évolution culturelle.

3.3.1 LA SELECTION CULTURELLE

Boyd et Richerson insistent sur le fait que faire des choix produit un phénomène de « sélection » et qu'il faut distinguer cette sélection de la sélection darwinienne (culturelle) :

Almost every other author who has written about this topic, including biologists Luigi Cavalli-Sforza, Marcus Feldman, and Richard Dawkins, and anthropologist William Durham, describes biased transmission as a form of selection, often using the term *cultural selection*. This is not unreasonable—biased transmission is a process of selective retention. [...] Nonetheless, we think that distinguishing between biased transmission and [cultural] *natural* selection is very important. (Richerson & Boyd, 2005, italiques d'origine)

L'emploi du terme sélection pour désigner le processus de choix des individus peut introduire une certaine confusion, cela laisse entendre que le processus de sélection décisionnelle (de choix) et le processus de sélection culturelle sont deux processus, ou forces évolutionnaires différentes. Classiquement on distingue la sélection darwinienne

qui est la conséquence d'un processus de reproduction différentielle, du choix, qui correspond à la sélection d'un sous-ensemble au sein d'un ensemble plus vaste. Darwin par exemple faisait la différence entre sélection naturelle et sélection sexuelle (qui relève du choix des partenaires). Cependant, la sélection sexuelle est classiquement interprétée comme un cas particulier de sélection naturelle dans lequel les individus choisissent leurs partenaires. Par analogie, on pourrait en déduire que les mécanismes de choix font partie du processus de sélection culturelle.

La difficulté dans l'approche de Boyd et Richerson réside dans le fait qu'ils cherchent à exclure le choix du processus de sélection culturelle. Boyd et Richerson (2005) font la différence entre d'une part la transmission biaisée, faisant partie des forces décisionnelles, et d'autre part la sélection culturelle. Ils justifient cette distinction de la manière suivante :

Biased transmission occurs because people preferentially adopt some cultural variants rather than others, while [cultural] selection occurs because some cultural variants affect the lives of their bearers in ways that make those bearers more likely to be imitated. (Richerson & Boyd, 2005)

Pour illustrer cette idée, imaginons l'exemple suivant. Il existe une croyance répandue qui tend à considérer le fait de fumer comme nocif et parfois comme moralement répréhensible. Cette croyance tend à limiter le nombre de fumeurs en créant un biais dans la transmission du comportement : les non fumeurs transmettent plus facilement leur comportement (de ne pas fumer), que les fumeurs. Cependant, malgré ce biais, certaines personnes peuvent être tentées par la cigarette et quand ces personnes commencent à fumer, elles deviennent dépendantes et continuent de fumer pendant longtemps. Or, le fait de fumer a, entre autres conséquences, pour effet de provoquer une certaine forme d'ostracisme des fumeurs par les non fumeurs. Cette deuxième force, qui tient au fait que les fumeurs subissent une certaine forme d'exclusion, peut aussi limiter éventuellement la diffusion du choix de fumer en limitant les opportunités qu'ont les fumeurs de transmettre leur comportement. Selon Boyd et Richerson, la première force est un biais de transmission, tandis que la seconde est une forme de sélection culturelle liée à un différentiel d'opportunité de transmission.

Selon Boyd et Richerson, cette distinction repose sur une différence dans les mécanismes qui interviennent dans la transmission des items culturels (Boyd & Richerson, 1985 notamment). La transmission biaisée ne ferait intervenir que les

processus permettant une prise de décision, consciente ou non consciente, et serait guidée par les préférences des individus. L'exemple emblématique d'un tel processus serait le choix entre deux nourritures différentes : si les individus préfèrent certains aliments par rapport à d'autres, cela biaise la transmission de ces produits. Au contraire, la sélection culturelle serait le résultat de l'ensemble des autres mécanismes qui affectent la propagation différentielle des éléments culturels. Cette division entre les mécanismes relevant du choix et les autres mécanismes se justifie, toujours selon Boyd et Richerson, par le fait que les premiers dépendent de critères qui ultimement renvoient aux aspects évolués de la psychologie :

If the psychological forces [biased transmission] are much more important, then the causes of cultural evolution will ultimately trace back to innate primary values – all complex, adaptive behaviours will ultimately be explained in terms of how [biological] natural selection shaped the innate aspects of psychology – and culture will have only a proximate role. However, if [cultural] natural selection acting on cultural variation is important, then it is also an ultimate cause. (Richerson & Boyd, 2005)

Je tenterai d'expliquer plus loin pourquoi le fait de donner beaucoup d'importance aux facteurs psychologiques ne nous conduit pas forcément à voir la culture comme le produit ultime de la sélection naturelle (voir la partie 4.1.4, pp 259) mais pour l'instant acceptons cette hypothèse. Ce sur quoi insistent Boyd et Richerson, c'est que si la sélection culturelle est importante, alors l'évolution culturelle est au moins en partie indépendante de l'évolution biologique.

Deux points me semblent importants ici. Le premier concerne la possibilité que l'évolution culturelle soit un nouveau facteur d'explication ultime de la culture et le second concerne l'exclusion des mécanismes de choix du processus de sélection culturelle.

Pour que la sélection culturelle constitue une nouvelle source d'explication ultime de la culture, il faut que la sélection culturelle soit au moins en partie indépendante des caractéristiques évoluées des mécanismes psychologiques, ce que semblent suggérer Boyd et Richerson dans cette dernière citation. Pourtant, il est clair qu'ils n'excluent pas du processus de sélection culturelle l'ensemble des mécanismes psychologiques qui peuvent influencer la propagation des éléments culturels et qui ont une composante innée. Les mécanismes qui n'interviennent pas directement dans la prise de décisions, comme la mémoire, les mécanismes perceptifs ou encore les

émotions ont tous une composante génétique évidente. Par exemple, les films d'horreur se propagent en partie grâce à la sensation de peur qu'ils provoquent, ces films ont donc un effet sur les individus qui les regardent qui contribue à leur diffusion. La sensation de peur que provoquent ces films est en très grande partie contrôlée par des mécanismes innés et les individus ne choisissent pas d'avoir plus ou moins peur. Donc soit Boyd et Richerson considèrent que toutes les caractéristiques évoluées des mécanismes psychologiques sont à exclure du processus de sélection culturelle et font partie du 'choix' des individus (le sens de 'choix' en devient tellement large qu'on peut se demander si il a encore une signification, les individus choisiraient d'avoir plus ou moins peur en voyant un film d'horreur). Soit il faut inclure ces mécanismes dans le processus de sélection culturelle et il faut expliquer différemment comment la culture peut constituer une nouvelle source d'explication ultime des phénomènes culturels⁵¹.

Boyd et Richerson considèrent que les effets des éléments culturels sur les opportunités de transmission constituent le processus de sélection culturelle et ils excluent en même temps les choix de ce processus. Les prêtres catholiques par exemple jouent un rôle important dans la propagation des idées religieuses mais aux dépens de toute reproduction biologique. L'abandon de la reproduction s'accompagne dans ce cas d'une augmentation du nombre d'opportunités de transmission des croyances religieuses. L'idée qu'il s'agit là d'un processus de sélection culturelle me paraît assez intuitive : imaginons deux croyances A et B qui sont simplement copiées d'individus en individus. Si un individu détient la croyance A, alors il la transmet à deux individus, si il détient la croyance B il la transmet à un seul individu. Clairement, toutes choses égales par ailleurs, le taux de reproduction de A est supérieur à celui de B et au bout d'un certain temps la croyance A est la plus répandue dans la population. Cette propagation, dont le principal moteur est la transmission biaisée, est analogue au processus de sélection culturelle.

Les choix différentiels des individus constituent aussi un mécanisme faisant partie du processus de sélection culturelle. Imaginons comme précédemment deux croyances, A et B. Les individus, quand ils ont acquis une croyance, A ou B, la transmettent à un seul autre individu. Seulement, les individus choisissent deux fois plus

⁵¹ Je développerai dans la partie 4.1.2 un argument qui permet d'expliquer comment les mécanismes psychologiques peuvent donner lieu à une évolution culturelle indépendante de la sélection naturelle, ce qui répondra, du même coup, à cette interrogation.

souvent la croyance A que la croyance B. Il me semble assez clair que dans ce cas aussi, toutes choses égales par ailleurs, le taux de reproduction de A est supérieur à B et qu'il s'agit aussi d'un processus analogue à celui de sélection culturelle, dont le principal moteur est le choix des individus.

D'autre part, au vu de la définition que donnent Boyd et Richerson de la sélection culturelle, les processus de choix jouent un rôle dans le processus de sélection culturelle :

For [cultural] natural selection on culture to occur :

- people must vary because they have acquired different beliefs or values through social learning, [les gens différent car ils ont fait différents choix]
- this variation must affect people's behavior in ways that affect the probability that they transmit their beliefs to others, and [ces choix affectent la probabilité qu'ils transmettent leur décision à d'autres personnes, et]
- the total number of cultural variants that can exist in the population must be limited in some way. [le nombre total de choix possibles qui peut exister au sein de la population est limité.] (Richerson & Boyd, 2005, entre crochet mon adaptation au cas du choix)

Du point de vue des éléments culturels le choix de l'un des éléments parmi d'autres par un individu constitue bien un des effets qu'a cet élément sur sa reproduction et sa propagation. Si l'on prend la sélection culturelle comme définie ci-dessus (au sens de Lewontin, voir la partie 1.2.3), la sélection décisionnelle est un des mécanismes qui intervient dans le processus de sélection culturelle.

Comme insistent Boyd et Richerson, identifier les mécanismes à l'origine du processus de sélection culturelle est important. Mettons-nous un instant à la place d'un virus au sein d'un hôte. Deux possibilités au moins s'offrent à nous pour augmenter notre fitness. D'un côté nous pouvons tenter d'améliorer nos chances d'être transmis si jamais cette occasion se présente par hasard, d'un autre côté nous pouvons tenter d'augmenter la probabilité que l'occasion d'être transmis se présente. Ce sont deux possibilités différentes qui ont des bénéfices, des coûts et des conséquences évolutives différentes, mais toutes deux font partie du processus de sélection darwinienne.

On pourrait aussi faire remarquer que la sélection décisionnelle, ou le différentiel d'opportunité ne sont pas les seuls mécanismes qui interviennent dans le processus de sélection culturelle. Par exemple, imaginons deux éléments culturels A et B qui se transmettent par simple copie et au même nombre d'individus. Si B, une fois qu'il a été transmis est mortel pour le porteur alors que A ne l'est pas, les individus ayant acquis A vont se reproduire et A va se maintenir, tandis que ceux portant B vont progressivement disparaître. Il s'agit d'un processus de sélection naturelle, biologique (c'est-à-dire sur la fitness des individus), des éléments culturels et il s'agit aussi d'un cas de sélection culturelle puisque la mort de l'individu qui possède un certain élément culturel est un des effets de cet élément sur son potentiel de transmission. Dans ce cas, les deux processus sont confondus, seule la description, génétique ou culturelle, change.

Ainsi, comme le suggèrent Boyd et Richerson, il me semble important de faire les distinctions les plus fines possibles en ce qui concerne les mécanismes qui sont responsables des phénomènes de sélection culturelle. Cependant, nous avons montré que le choix ne mérite pas un statut particulier au sein de cet ensemble. La confusion vient du fait que les choix sont un mécanisme de sélection qui fait partie du processus de sélection culturelle. Si les individus choisissent préférentiellement un élément culturel aux dépens des autres, celui-ci va finir par dominer dans la population car les autres éléments culturels seront moins compétitifs. Les deux phénomènes n'ont pas lieu à la même échelle, la sélection culturelle est un processus qui a lieu au niveau de la population, il s'agit de l'élimination des variants les moins compétitifs, tandis que le choix est un processus individuel. D'autres mécanismes peuvent aussi être à l'origine du processus de sélection culturelle, comme par exemple une meilleure mémorisation de certains éléments par rapport à d'autres. On peut donc séparer les différents mécanismes qui font partie de la sélection culturelle, mais on ne peut pas mettre d'un côté la sélection culturelle et de l'autre la sélection décisionnelle. Les deux ne sont tout simplement pas sur le même plan : la sélection décisionnelle est *un des mécanismes* qui participe au processus de sélection culturelle.

Au sein de la théorie de la coévolution gène-culture, le biais de contenu, le biais de prestige et le biais d'hyper-conformisme font tous partie du processus de sélection culturelle. La seule force qui n'en fasse pas partie est celle de variation guidée. La théorie de la coévolution gène-culture décrit donc l'évolution culturelle comme étant essentiellement un processus de sélection culturelle.

3.3.2 L'IMPORTANCE DE LA SÉLECTION DANS L'ÉVOLUTION CULTURELLE

La théorie de la coévolution gène-culture décrit l'évolution culturelle essentiellement en terme de sélection culturelle dont l'origine peut provenir de forces psychologiques liées au contenu des éléments culturels, telles le biais de contenu, ou de forces psychologiques indépendantes du contenu, telles le biais d'hyper-conformisme ou le biais de prestige, ou d'autres forces encore, telles la sélection naturelle génétique. Dans cette partie nous montrerons que, bien que la sélection culturelle existe, cela ne fait aucun doute, son importance est à relativiser. Nous rappellerons dans un premier temps ce qui fait la force de la sélection darwinienne en biologie et ce qui définit le sélectionnisme en général. Nous montrerons ensuite que l'effet de la sélection darwinienne dépend de l'importance des mécanismes constructifs et nous défendrons l'idée selon laquelle l'importance des mécanismes constructifs dans la culture limite grandement l'effet de la sélection darwinienne. Nous concluons dans le prochain chapitre sur le fait que l'évolution culturelle ne correspond pas au modèle sélectionniste tel que nous l'avons défini en première partie et que par conséquent l'intérêt des modèles de génétique des populations pour l'étude de l'évolution culturelle reste limité.

Sélection darwinienne

La sélection darwinienne est le résultat de la présence de caractères variables, héréditaires et qui provoquent des différences de fitness, quelle que soit la manière dont ces caractères sont transmis. Les tenants de la théorie de la coévolution gène-culture insistent sur ce point (Henrich, Boyd, & Richerson, 2008; Mesoudi, et al., 2004, 2006; Richerson & Boyd, 2005). Mesoudi et al par exemple affirment que si les éléments culturels sont variables, héréditaires et entrent en compétition, alors l'évolution culturelle est clairement sélectionniste⁵² :

Here we demonstrate that as compelling a case can now be made that cultural evolution has key Darwinian properties, as Darwin himself presented for biological evolution in *The Origin of Species*. Culture is shown to exhibit variation, competition, inheritance, and the accumulation of successive cultural modifications over time. (Mesoudi, et al., 2004)

⁵² J'adapte ici la terminologie que j'ai définie dans la première partie aux propos des autres auteurs.

Henrich et al. insistent quant à eux sur le fait que les différences importantes qui existent entre la transmission des éléments culturels et celle des gènes n'empêche pas d'aborder l'évolution culturelle d'un point de vue sélectionniste (Henrich, et al., 2008). Ces auteurs partent du principe que la simple présence de la sélection darwinienne suffit à justifier l'existence d'une analogie forte entre les phénomènes culturels et les phénomènes biologiques. Autrement dit, cela revient à considérer que l'évolution culturelle est darwinienne du moment que la sélection darwinienne joue un rôle, aussi infime soit-il.

Cette utilisation du darwinisme masque certaines différences importantes entre l'évolution culturelle et l'évolution génétique. Comme nous l'avons montré précédemment, historiquement la sélection darwinienne est devenue incontournable lorsque la transmission génétique a été incorporée dans les modèles évolutionnaires lors de la synthèse évolutionnaire. En conséquence, les modèles de génétiques des populations, sur lesquels repose la théorie de la coévolution gène-culture, intègrent *deux* processus fondamentaux : la sélection darwinienne *et* la génétique classique (de Mendel et Weismann). Le néo-darwinisme repose sur la conjonction de ces deux processus et l'interprétation la plus répandue du terme darwinisme renvoie, si ce n'est au modèle du réplicateur, du moins à la théorie néo-darwinienne. Entre autres exemples, il est admis que la théorie néo-darwinienne exclue toute forme d'héritabilité lamarckienne des caractères. Jablonka et Lamb (2006) par exemple ont écrit un livre entier pour défendre l'idée que certaines formes d'héritabilités non-weismannienne devaient être incluses dans la théorie darwinienne de l'évolution et que par conséquent la théorie de l'évolution devrait se limiter au fait que la sélection darwinienne est *la force principale* de l'évolution, indépendamment de la manière dont sont transmis les caractères.

Il est vrai que d'un point de vue purement théorique, transmission et sélection sont deux processus indépendants, la sélection darwinienne peut exister indépendamment du mode de transmission des caractères (voir Boyd & Richerson, 1985 sur l'héritabilité par mélange par exemple). Les caractères transmis peuvent donc être discrets ou continus, transmis par réplication ou non, comme le rappelle Henrich et al. (2008). Par contre, lorsque Mesoudi et al. affirment que l'évolution culturelle est darwinienne, sans préciser ce qu'ils entendent par 'darwinienne', et en montrant seulement que la sélection darwinienne est un des processus de l'évolution culturelle, ils créent une confusion importante. Par exemple, ils sous-entendent que l'héritabilité des

éléments culturels n'est pas lamarckienne, ce qu'ils ne montrent pas. Si l'on entend par darwinisme la simple présence d'un processus de sélection darwinienne, cela mériterait d'être précisé et dans ce cas, l'idée que l'évolution culturelle est darwinienne devient presque évidente. Personne à ma connaissance ne défend l'idée que la sélection culturelle n'existe pas. Par contre, de nombreuses personnes, dont je fais partie, pensent que la sélection darwinienne ne joue pas le même rôle en biologie et dans le domaine culturel. En biologie, la sélection naturelle est la force principale de l'évolution, celle qui permet d'expliquer l'origine des adaptations alors que dans le domaine culturel, la transformation des éléments culturels limite son importance.

Le problème auquel doit faire face la théorie sélectionniste concerne la manière dont la variation est générée dans le domaine culturel. Comme le rappelle Kronfeldner (2007), le modèle sélectionniste repose sur une explication de l'évolution en termes variationnels et non pas transformationnels (voir Figure 26, voir aussi Fracchia et Lewontin (1999)). L'évolution variationnelle correspond à un changement dans la distribution des éléments. En biologie, les gènes avantageux deviennent de plus en plus fréquents. L'évolution transformationnelle correspond à un changement de chacun des éléments. Une alimentation 'fastfood' augmente le poids moyen des américains, non pas parce que les gènes qui rendent les individus plus obèses deviennent plus fréquents, mais parce que chaque américain mange en moyenne plus de nourriture qui fait grossir.

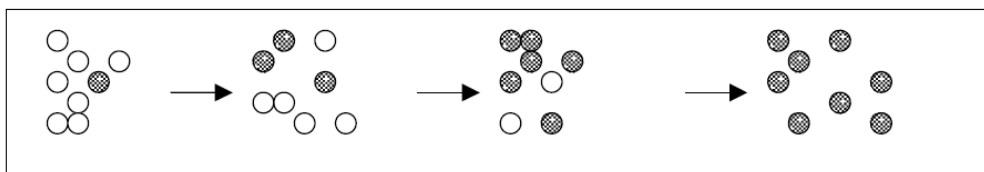


Figure 1. Variational pattern of evolution: The population changes because the statistical distribution changes (based on Medawar 1953: 64f).

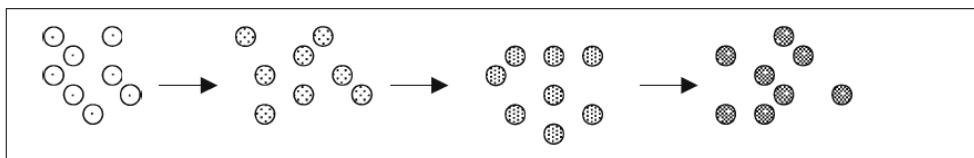


Figure 2. Transformational pattern of evolution: The population changes because each individual changes in the direction of evolution (based on Medawar 1953: 64f).

Figure 26 : Principe de l'évolution variationnelle et de l'évolution transformationnelle. (reproduit de Kronfeldner, 2007)

Un des fondements de la synthèse évolutionnaire a été de rejeter la possibilité d'une évolution transformationnelle en biologie en montrant que les changements génétiques ne sont jamais dirigés ('directed changes').

Les changements génétiques ne sont jamais dirigés car la variation, qui résulte des processus de mutation, n'est pas statistiquement biaisée vers une adaptation des organismes. Autrement dit, une mutation délétère a autant de chances d'apparaître qu'une mutation bénéfique. Variation et sélection sont donc découplées. Au contraire, si la variation est dirigée, qu'elle est générée en fonction de l'environnement, alors il y a un couplage entre la sélection et la production de la variation. L'effet de ce couplage est de limiter l'importance de la sélection darwinienne.

Une limitation liée au processus de transformation des éléments culturels

L'équation de Price est particulièrement utile pour comprendre le rapport entre la transformation et la sélection car elle permet de séparer la contribution de chacun des phénomènes. Price a développé un modèle général des phénomènes évolutionnaires, indépendants des contraintes biologiques, qui peut facilement séparer les processus de transformation et de sélection (Price, 1971/1995). Pour mettre en valeur la généralité et la portée de ce modèle, j'utiliserai un exemple développé par Price (1971/1995) et repris par Franck (1995).

Imaginons un chimiste qui a devant lui N béchers avec des solutions contenant un certain produit en différentes concentrations, notées x_i . Notons q_i le rapport entre le volume du bécher i (v_i) et le volume total de solution présent dans les N béchers (v_T). Supposons que le chimiste opère en deux étapes. Dans la première étape, il prend les récipients et soustrait, ou ajoute de la solution présente dans chaque bécher. Dans la deuxième étape, il transvase les solutions entre les béchers. Une fois que ces deux étapes sont terminées, il recommence (voir Figure 27).

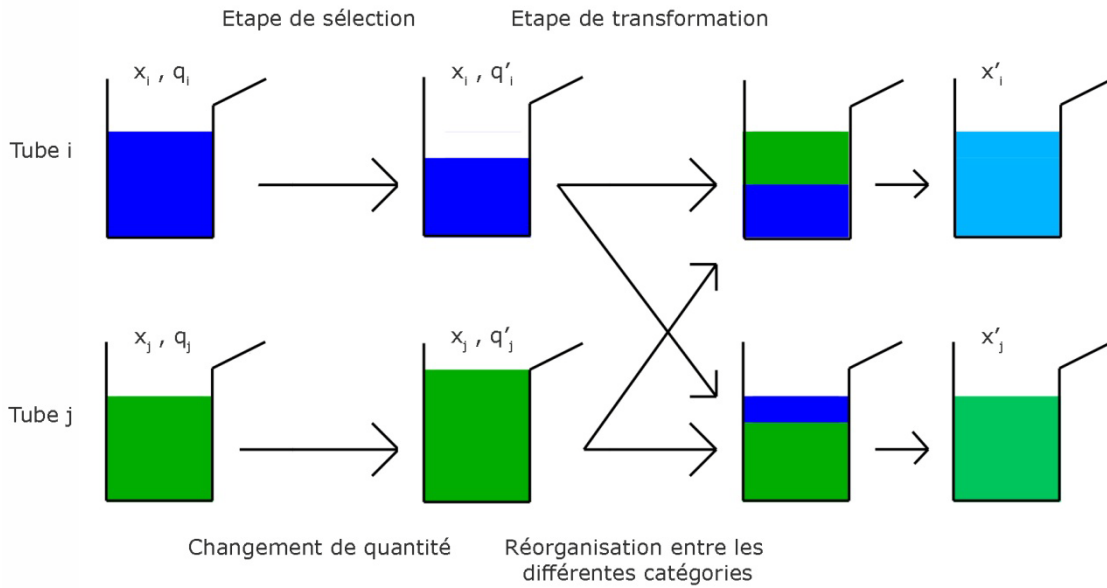


Figure 27 : Principe de l'équation de Price.

La concentration moyenne évolue de la manière suivante. Lors de la première étape l'expérimentateur change la quantité de solution présente dans chaque bécber donc il modifie la contribution de chaque récipient à la génération suivante. Appelons w_i la fitness de chaque bécber, qui équivaut ici à la proportion de solution qui est conservée. La nouvelle quantité de solution présente à la fin de cette première étape de

sélection est $q'_i = \frac{v'_i}{v_T} = \frac{v_i w_i}{\sum_k v_k w_k} = \frac{v_i}{v_T} \frac{w_i}{\sum_k q_k \frac{w_k}{v_k}} = q_i \frac{w_i}{\bar{w}}$. Durant la seconde étape,

l'expérimentateur répartit les solutions entre les différents bécbers. Cela revient à modifier les concentrations de chacun des bécbers, on notera x'_i ces nouvelles concentrations. L'équation de Price se retrouve en calculant le changement de concentration moyen effectué :

$$\Delta \bar{x} = \sum_i q'_i x'_i - \sum_i q_i x_i$$

Première étape, de sélection :

$$\Delta \bar{x} = \sum_i q_i \frac{w_i}{\bar{w}} x_i - \sum_i q_i x_i$$

Seconde étape, de transformation :

$$\Delta \bar{x} = \sum_i q_i \frac{w_i}{\bar{w}} (x_i + \Delta x_i) - \sum_i q_i x_i$$

Ensuite, en réarrangeant les termes :

$$\bar{w}\Delta\bar{x} = E(w\Delta x) + \text{cov}(w, x) \quad (3.9)$$

Le premier terme, $E(w\Delta x)$, correspond à l'effet de la transformation, tandis que le second, $\text{cov}(w, x)$, correspond à celui de la sélection. Par exemple, si l'expérimentateur divise la quantité de tous les béchers par deux, ou s'il change les quantités au hasard, le terme $\text{cov}(w, x)$ est nul car le différentiel de fitness est nul. S'il ne mélange pas du tout les béchers, ou s'il les mélange au hasard, alors c'est le terme $E(w\Delta x)$ qui est nul car il n'y a pas de transformation.

Dans le cas d'une évolution essentiellement variationnelle, comme dans le cas génétique par exemple, le terme $E(w\Delta x)$ est négligeable. Au contraire si l'évolution est essentiellement transformationnelle, alors c'est le terme $\text{cov}(w, x)$ qui est négligeable. Dans tous les cas intermédiaires, l'évolution est mixte, variationnelle et transformationnelle, et le résultat dépend du rapport entre ces termes.

Avec cette équation nous pouvons réécrire la contribution des différents mécanismes que nous avons étudiés en séparant les effets de la transformation et de la sélection. L'équation que nous avons utilisée pour décrire la force de variation guidée nous servira de base pour évaluer la contribution des mécanismes constructifs. Selon cette équation, chaque élément est transformé selon le schéma suivant :

$$x'_i = fS_i + (1-f)P_i \quad (3.1)$$

Où f est la fidélité des mécanismes de transmission, S_i est la contribution causale sociale et P_i la contribution causale individuelle. Dans le cas de la variation guidée nous avons vu que :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) \quad (3.2)$$

Le terme $(1-f)(P_0 - \bar{x})$ correspond à l'effet des processus transformatifs. Dans le cas du biais de conformité, l'équation d'évolution peut s'écrire :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) + f \begin{vmatrix} -D\bar{x} \\ 0 \\ D(1-\bar{x}) \end{vmatrix} \quad (3.4)$$

Dans le cas du biais de prestige elle peut s'écrire :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)(P_0 - \bar{x}) + fp(1-\lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N)) \quad (3.8)$$

Enfin, si la transmission est directement biaisée, si certains individus contribuent plus aux générations ultérieures que d'autres en fonction de x , alors la sélection contribue à l'évolution. On peut modéliser le biais direct en supposant que la fitness dépend linéairement de x , de telle sorte que $w_i = 1 + sx_i$ où s est le coefficient de sélection (Henrich & Boyd, 2002). Plus s est grand, plus la contribution des individus qui ont une valeur de x importante est élevée. Dans ce cas, avec $E(S_i) = \bar{x}$ et $E(P_i) = P_0$, on peut montrer que :

$$\Delta\bar{x} = (1-f)\left(P_0 - \frac{\bar{x} + sE(x^2)}{1 + s\bar{x}}\right) + f \frac{sV(x)}{1 + s\bar{x}} \quad (3.10)$$

Où $V(x)$ est la variance de x . Les rapports entre ces différentes équations sont claires, la partie constructive et la partie sélective peuvent être identifiées pour chacune d'entre elles (voir Tableau 5).

Force considérée	Changement moyen	Mutation	Partie constructive	Fidélité	Partie sélective
Variation guidée, imitation, etc.	$\Delta\bar{x}$	$1-f$	$x_0 - \bar{x}$	f	\emptyset
Biais d'hyper-conformisme		$1-f$	$x_0 - \bar{x}$	f	$\begin{cases} -D\bar{x} \\ 0 \\ D(1-\bar{x}) \end{cases}$
Biais de prestige		$1-f$	$x_0 - \bar{x}$	f	$p(1-\lambda)(-\lambda x_h + \beta \log(N))$
Biais direct		$1-f$	$P_0 - \frac{\bar{x} + sE(x^2)}{1 + s\bar{x}}$	\emptyset	$\frac{sV(x)}{1 + s\bar{x}}$

Tableau 5 : Contribution des différentes forces à l'évolution.

Reprenons l'équation de Price et comparons les résultats obtenus dans le cas biologique et dans le cas général.

En biologie, on considère généralement que la transformation est absente, avec ces hypothèses, on trouve que $\Delta\bar{x} = \text{cov}(w, x) = \beta_{wx} V(x) / \bar{w}$ dans laquelle β_{wx} est le coefficient de régression de la fitness sur x . Cette équation correspond à l'effet classique de la sélection observée en génétique des populations, elle montre que l'effet de la sélection sur les éléments est proportionnel à leur variation (le fameux théorème fondamental de la sélection naturel de R. A. Fisher, 1930). Une fois appliquée à la fitness, $\Delta\bar{w} = V(w) / \bar{w}$, elle montre aussi que la sélection darwinienne favorise un accroissement de la fitness. L'absence complète de transformation n'est pas justifiées dans tous les cas, mais elle s'avère être suffisamment proche de la réalité pour constituer une bonne première approximation des phénomènes évolutifs en biologie (pour plus de détail sur l'utilisation de l'équation de Price voir Frank, 1995, 1997; Gardner, 2008; Page & Nowak, 2002).

Dans le cas général, la prise en compte de la transformation, donc du premier terme de l'équation de Price, a deux effets. D'abord, la sélection a un effet qui est plus lent car la force de la sélection est modulée par le degré de fidélité de la transmission, f . D'autre part, l'équilibre atteint est différent avec ou sans transformation. Sans transformation, la population évolue vers la fitness maximale, en prenant en compte la transformation, l'équilibre atteint n'est jamais celui correspondant à une fitness maximale. Dans le cas du biais direct par exemple, si la transformation est nulle, la sélection favorise une augmentation de x qui tend vers l'infini ; si la sélection est nulle, la transformation conduit la population vers P_0 . Dans le cas général, la sélection agit en tirant la population de P_0 vers la valeur de x pour laquelle la fitness est maximale.

L'effet de la transformation est donc à la fois quantitatif et qualitatif. Une diminution de la fidélité, seule, ne fait que ralentir l'évolution par sélection. L'existence de forces transformatives modifie l'équilibre atteint. La conjonction de ces deux phénomènes rend l'évolution très différente de celle prédite par le modèle purement sélectionniste.

Les discussions qui ont entouré le rôle de la sélection et de la transformation dans les phénomènes culturels ont en partie étaient obscurcies par une confusion entre ces deux aspects. Sperber par exemple, a insisté sur le fait que les processus

psychologiques n'étaient pas assez fidèles pour que l'analogie entre évolution culturelle et évolution biologique soit forte (Sperber, 1996). Ce à quoi Henrich et Boyd ont répondu que des processus comme le biais de conformité pouvaient parfaitement garantir un maintien fidèle des éléments culturels au niveau de la population, malgré le manque de fidélité des mécanismes de transmission (Henrich & Boyd, 2002). Cela revient à faire remarquer que si le biais de conformité existe, alors il peut considérablement accroître la force de la sélection darwinienne. Dans ce cas, même si la fidélité est faible, les éléments culturels sélectionnés peuvent persister dans la population et le processus d'évolution cumulatif peut se mettre en place.

Ici nous montrons que l'argument de Sperber peut être considérablement renforcé en faisant remarquer que les forces constructives des mécanismes psychologiques expliquent l'origine de la stabilité des éléments culturels face à l'absence de fidélité de la transmission (Claidière & Sperber, Forthcoming; Sperber, 1996). C'est la conjonction d'une fidélité faible *et* de la présence de phénomènes constructifs qui est un argument puissant contre la théorie sélectionniste.

3.3.3 CONCLUSION

Dans cette section nous avons montré que les mécanismes proposés par la théorie de la coévolution gène-culture sont essentiellement sélectifs (tous à l'exception de la variation guidée) et constituent les rouages de la sélection culturelle. Nous avons aussi montré que l'idée selon laquelle l'évolution culturelle procède essentiellement grâce à la sélection culturelle n'est valable que dans la mesure où les transformations sont limitées. Au contraire de la théorie des répliqueurs, le seul fait que la transmission ne soit pas fidèle ne suffit pas à écarter le modèle sélectionniste, il faut en plus montrer que les mécanismes constructifs ne peuvent pas être négligés. D'autre part, si les mécanismes constructifs sont importants, alors l'évolution culturelle est à la fois variationnelle et transformationnelle et dans ce cas elle diffère de la théorie sélectionniste telle qu'elle a été élaborée depuis les années 1930. Tout repose en définitive sur le rôle de la transformation dans l'évolution culturelle. Ce que nous allons aborder dans le prochain chapitre.

3.4 CONCLUSION DU CHAPITRE

La théorie de la coévolution gène-culture repose sur deux hypothèses fondamentales : 1) la culture est une adaptation et 2) la culture évolue principalement par la sélection des éléments culturels réalisée par le choix des individus. De ces deux propositions découle le fait qu'il doit nécessairement exister des mécanismes psychologiques qui ont évolués par sélection naturelle pour la transmission des éléments culturels. Les tenants de la théorie de la coévolution gène-culture ont donc tenté de montrer qu'il existait des mécanismes spécifiques au domaine culturel, que ces mécanismes pouvaient expliquer certains phénomènes évolutionnaires et qu'ils pouvaient avoir évolué par sélection naturelle.

L'apport de la théorie de la coévolution gène-culture peut donc être séparé selon deux axes indépendants : d'une part selon qu'il concerne l'évolution culturelle en général ou certains mécanismes psychologiques particuliers ; d'autre part, selon qu'il est spécifique à la théorie de la coévolution gène-culture ou qu'il vise à confirmer ou infirmer des arguments partagés par d'autres théories.

Parmi les mécanismes qui ont été étudiés : la dérive, la variation guidée, le biais de contenu, les modes de transmission, le biais d'hyper-conformisme et le biais de prestige, seul les trois derniers peuvent être considérés comme étant des mécanismes originaux, propres à la théorie de la coévolution gène-culture.

Comme nous l'avons vu, bien que la dérive fasse nécessairement partie de tout processus comportant une part d'aléatoire, celle-ci est probablement limitée dans le cas culturel. A l'opposée les biais de variation guidée et le biais de contenu ont probablement un rôle important car leurs effets, accumulés par de nombreuses prises de décisions, peuvent être important à l'échelle de la population.

En ce qui concerne les propositions plus spécifiques de la théorie de la coévolution gène-culture, nous avons montré que les modes de transmission ne relevaient pas de mécanismes psychologiques spécifiques à la culture et que les arguments empiriques et théoriques en faveur de l'existence et de l'évolution des biais d'hyper-conformisme et de prestige étaient faibles. Cela jette un doute sur les phénomènes culturels que ces mécanismes sont censés expliquer. Pour n'en citer que

quelques-uns, le biais de conformisme est censé être responsable de l'évolution de la coopération, le biais de prestige de la présence de marqueurs culturels, les modes de transmission de la lenteur avec laquelle évoluent nos croyances religieuses ou politiques, etc. Les études expérimentales entamées récemment devraient lever le voile qui plane sur ces mécanismes, si tant est qu'elles contrôlent les effets du choix rationnel.

Pour autant, cela ne remet pas en cause l'ensemble des propositions qui ont été formulées, cela montre juste que pour l'instant nous n'avons pas mis en évidence de mécanisme(s) psychologique(s), adaptatif(s) et sélectif(s) qui gouvernent l'évolution culturelle. D'autres arguments doivent être utilisés pour évaluer les propositions plus générales formulées par la théorie de la coévolution gène-culture.

Parmi les propositions non spécifiques, l'étude des mécanismes sélectifs a permis de montrer distinctement les limites de l'approche sociobiologique. Si la culture évolue en partie par sélection culturelle, alors l'argument selon lequel l'évolution culturelle est ultimement gouvernée par l'évolution génétique est erroné. D'autre part, la théorie de la coévolution gène-culture a aussi permis d'établir le fait que les mécanismes sélectifs peuvent être à l'origine de comportements culturels maladaptatifs, tout en étant des mécanismes évolués. Enfin, l'étude de l'évolution de la culture prédit que l'utilisation et la transmission d'information sociale doit évoluer très fréquemment (le modèle producteur d'information/parasite d'information), ce qui semble être confirmé par les données empiriques.

Finalement, deux idées générales sont propres à la théorie de la coévolution gène-culture. L'idée selon laquelle la culture humaine est une adaptation, essentielle pour la théorie de la coévolution gène-culture, n'a pas été démontrée, elle a tout simplement été postulée. Et l'idée selon laquelle l'évolution culturelle est gouvernée principalement par des phénomènes sélectifs est subordonnée à la quasi absence de phénomènes transformatifs, ce qui s'avère être erroné, comme nous allons le montrer dans la prochaine partie.

4 L'ÉPIDÉMIOLOGIE CULTURELLE

Une approche psychologique de l'évolution culturelle

Dans la première partie nous avons montré que les phénomènes culturels résultaient d'enchaînements causaux particulièrement longs et stables. Dans la seconde partie nous nous sommes intéressés à l'imitation et nous avons montré que l'imitation, seule, ne pouvait pas expliquer la stabilité des éléments culturels. Dans la troisième partie nous avons examiné la possibilité que ce soit les phénomènes de sélection des éléments culturels qui soient responsables de leur stabilité et nous avons montré que cela dépendait du rapport entre la force des processus transformatifs et celle de la sélection. Nous avons laissé entendre que contrairement à ce qui est généralement admis dans ce domaine, la transformation des éléments culturels est souvent importante et que tout modèle général de l'évolution culturelle doit prendre en compte ces aspects transformatifs. Dans cette partie nous allons établir ce dernier résultat qui nous permettra de conclure sur les rapports entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique.

Mais avant de rentrer dans le détail de l'exposé, j'aimerais insister sur le fait que la discussion qui va suivre présente un seul aspect de l'évolution culturelle et de la théorie de l'épidémiologie culturelle. Mon propos étant de montrer que les processus de transmission des éléments culturels sont transformatifs, je présenterai essentiellement le rôle des facteurs cognitifs dans la transmission culturelle et je n'aborderai que très brièvement le rôle des facteurs environnementaux⁵³. Je ne cherche pas à minimiser leur importance, les facteurs environnementaux sont parfois plus limités, parfois aussi

⁵³ Je prends le terme environnement dans le sens très large, de tout ce qui n'est pas au sein des individus. Ainsi, les facteurs physiologiques et mentaux ne sont pas environnementaux. Les facteurs climatiques, artefactuels... le sont.

importants et parfois plus importants que les facteurs cognitifs quand il s'agit d'expliquer l'évolution de certains éléments culturels. Illustrons ce point à l'aide de deux exemples. La disponibilité des espèces domesticables était loin d'être uniforme il y a 10 000 ans. Sur certains continents, comme en Eurasie, les hommes ont pu domestiquer rapidement de nombreuses espèces (le chien, le cheval, la vache, la chèvre, le lapin, etc.). Sur d'autres continents, comme en Amérique du Sud, peu d'espèces se sont avérées domesticables et cette différence a modifié profondément et durablement la manière dont les cultures ont évolué (voir Diamond, 1997 pour une introduction). La disponibilité de certains produits est un facteur environnemental important. Un autre exemple est celui rapporté par Sieghard Beller et Andrea Bender. Ces deux auteurs ont étudié la manière dont les langues polynésiennes représentaient les nombres et ils montrent que les systèmes de numération ont évolué en fonction des besoins de chaque communauté (Beller & Bender, 2008). Un exemple particulièrement intéressant est celui du Mangarevan, dont le système de numération dépend des objets considérés. Les feuilles de pandanus, les poulpes, les outils, les fruits à pain et la canne à sucre possèdent dans cette langue des systèmes de numérations avec des bases différentes (voir Figure 28).

Objects	1...	2...	4...	8...	10...
general	tahi	rua	hā ...	varu	rogo'uru
group 1	–	tauga	rua tauga	hā tauga	
group 2	–	–	tauga	rua tauga	–
group 3	–	–	–	tauga	–
	20...	40...	80...	160...	200...
takau				rau	
paua	tataua	varu	rua varu		hā varu
	paua	tataua	varu		rua varu
–		paua	tataua		varu

Figure 28 : Systèmes numériques du Mangarévan. Nom des nombres en Mangarévan, ordonné par ordre croissant du nombre d'objets désignés. Le groupe 1 sert à compter les outils, les pandanus, les cannes à sucre et les fruits à pain. Le groupe 2 sert à compter les fruits à pains mûrs et les poulpes, le groupe 3 à compter les premiers poulpes et les fruits à pains de la saison. Les tirets indiquent qu'un nom pour ce nombre n'existe pas dans la séquence considérée. (extrait de Beller & Bender, 2008)

Selon les auteurs la position centrale de Mangaréva au sein des échanges commerciaux effectués entre les îles du Pacifique Sud a facilité l'évolution de ce système très particulier. La position géographique et les contraintes sur le déplacement des individus sont aussi un autre facteur environnemental important.

Plus généralement, la disponibilité de certains produits, la localisation géographique, le climat, les contraintes physico-chimiques... sont des facteurs qui ont des effets importants et durables sur l'évolution culturelle à travers leur impact sur les comportements humains et les artefacts que ceux-ci développent. Cependant, dans une très grande majorité des cas, les facteurs environnementaux ne sont pas directement responsables des transformations des éléments culturels, hormis les forces entropiques qui tendent à dégrader ces éléments. Ils n'interviennent dans la transformation, autre qu'entropique, qu'à travers la reconnaissance par un système cognitif des contraintes qu'ils imposent sur les éléments culturels. En somme, si vous n'arrivez pas à casser une noix avec un marteau et que vous en construisez un nouveau plus gros, c'est par le biais de votre système cognitif que les propriétés physiques des noix influencent l'évolution des marteaux. Dans la plupart des cas, en dehors des transformations entropiques, les modifications des éléments culturels sont liées à des processus cognitifs. Une exception importante à ce constat concerne les animaux et les plantes domestiques dont la croissance et l'évolution sont une source de transformations environnementales et non-entropiques dans les chaînes causales de la culture (Sperber, 2007b). La question de savoir si les transformations sont importantes dans le domaine culturel revient néanmoins pour l'essentiel à se demander si les processus cognitifs sont principalement transformatifs ou préservatifs. Pour répondre à cette question nous aurons recours à une description du fonctionnement général de tout système cognitif.

Les mécanismes psychologiques brillent par leur diversité : la diversité de leurs procédures, de leurs inputs, de leur automaticité... mais malgré cette diversité deux propositions qui concernent le fonctionnement des mécanismes psychologiques en général vont nous intéresser plus particulièrement. Selon ces deux propositions, les mécanismes psychologiques sont 1) modulaires et 2) maximisent la pertinence. L'idée que tous, ou presque tous, les mécanismes psychologiques sont modulaires a été dénommée thèse de la modularité massive et celle selon laquelle tous les mécanismes psychologiques maximisent ou plus exactement tendent à maximiser la pertinence, a été nommée théorie de la pertinence (c'est le premier principe de cette théorie). Ces deux

théories font l'objet de controverses, la seconde peut-être encore plus que la première. Malgré cela, je tenterai de montrer que ces deux propositions méritent d'être étudiées en détail lorsque l'on s'intéresse à l'évolution culturelle. Je dois préciser cependant que la thèse générale défendue ici ne dépend pas de la validité de l'une ou l'autre des théories mais tire avantage des principes généraux qui gouvernent le fonctionnement psychologique et qui sont mis en avant par ces deux théories. Une version restreinte de ces deux propositions, comme 'la plupart des mécanismes psychologiques sont modulaires et tendent à maximiser la pertinence', serait suffisante pour mon propos. Pour l'instant, étudions la proposition suivante : le cerveau est massivement modulaire.

4.1 LE FONCTIONNEMENT DU CERVEAU EST MASSIVEMENT MODULAIRE

L'objet de cette partie est de montrer que les discussions qui entourent la modularité constituent un élément essentiel de toute entreprise de modélisation de l'évolution culturelle. Grossièrement, si le cerveau n'est pas modulaire, si aucun tissu cérébral n'est spécialisé dans le traitement d'une information plutôt qu'une autre, alors l'évolution culturelle est essentiellement indépendante des mécanismes psychologiques. Cette hypothèse est généralement connue sous le nom de l'hypothèse de la *tabula rasa* (aussi appelée 'blank slate' (Pinker, 2002) ou encore 'standard social science model' (Barkow, et al., 1992; Tooby & Cosmides, 2005). Dans ce cas, apprendre à écrire et apprendre à compter par exemple, seraient la même activité psychologique, les nombres et les lettres serviraient d'input et serait l'output des mêmes mécanismes psychologiques et donc – ce qui nous intéresse ici – l'évolution de la lecture ou celle du calcul ne seraient pas influencées par différents mécanismes psychologiques.

Au contraire, si le cerveau est modulaire, alors les mécanismes psychologiques qui interviennent dépendent du contenu des éléments culturels et peuvent éventuellement être amenés à modifier et transformer ces éléments de manière spécifique. Dans ce cas, lire et compter sont deux activités psychologiquement très différentes, les nombres et les lettres n'ont pas les mêmes propriétés mentales et l'évolution de la lecture et du calcul diffèrent en partie parce que différents mécanismes psychologiques influencent cette évolution. Ainsi, à travers une série d'exemples, nous verrons que les propriétés, et donc aussi l'évolution, des éléments culturels dépendent étroitement des modules qu'ils recrutent.

La notion de module que nous utiliserons, définie en termes de spécialisation fonctionnelle, est celle qui est adéquate pour mettre en évidence les rapports entre évolution culturelle et mécanismes psychologiques. Nous verrons que cette notion est très souple. Elle ne requiert pas par exemple que les modules soient forcément déterminés génétiquement, ils peuvent résulter de processus développementaux. Les modules ainsi conçus peuvent donc être créés, disparaître ou être modifiés au gré des conditions auxquelles doivent faire face les organismes. Par exemple, lorsque vous

voyez fréquemment une certaine personne, une partie de votre cerveau se spécialise dans la reconnaissance de cette personne (e.g. Quiroga, Reddy, Kreiman, Koch, & Fried, 2005). Nous dirons qu'il se crée un module de reconnaissance spécialisé dans la détection de la personne que vous voyez fréquemment.

Nous verrons aussi comment l'évolution culturelle interagit avec les modules psychologiques et nous en concluons qu'il existe une très grande spécificité des relations entre évolution culturelle, développement psychologique et évolution génétique et que cette spécificité est liée à la modularité des mécanismes psychologiques. Les mécanismes psychologiques peuvent modifier, transformer, construire les éléments culturels et ainsi guider leur évolution. En retour, les éléments culturels peuvent modifier le développement et parfois aussi l'évolution génétique des mécanismes psychologiques.

Cette étude nous permettra finalement de reprendre la question du déterminisme génétique de l'évolution culturelle soulevée par la sociobiologie et nous expliquerons pourquoi, même en l'absence de forces sélectives, l'évolution culturelle peut être essentiellement indépendante de l'évolution biologique.

4.1.1 MODULARITE ET FONCTION PROPRE

La notion de module la plus couramment discutée en sciences cognitives est celle développée par Jerry Fodor (1983, 2000). La définition que propose Fodor de la modularité a été établie en considérant les systèmes cognitifs que Fodor appelle des systèmes d'input (tels que les systèmes perceptuels et le langage) et plusieurs critères de cette définition sont en effet propres à ces systèmes périphériques. Presque par définition donc, les processus centraux tels que le raisonnement, la mémoire, ... ne peuvent pas être modulaires au sens de Fodor (Carruthers, 2006b) et une thèse selon laquelle tous les processus psychologiques seraient modulaires au sens de Fodor n'est donc pas tenable (Carruthers, 2006b; Sperber, 1994).

D'autres auteurs ont cependant suggéré que la vision de Fodor était trop contraignante (Barkow, et al., 1992; Hirschfeld & Gelman, 1994; Karmiloff-Smith, 1995; Pinker, 1997; Sperber, 1994; Sperber & Wilson, 2002) et que le fonctionnement cérébral était bien massivement modulaire dans la mesure où l'on définissait la modularité de manière plus souple (Carruthers, 2006b; Sperber, 1994, 2001). La notion

de modularité développée par ces auteurs met en jeu une notion qui est généralement utilisée en ingénierie et en biologie et c'est cette notion plus générale de modularité, dans le sens où elle n'est pas uniquement cognitive, qui va nous servir ici.

En biologie et dans le domaine technologique, un module correspond à une sous-partie d'un système plus grand qui possède une certaine cohérence et une certaine autonomie. Les modules du navigateur internet Firefox par exemple, sont des sous-programmes qui réalisent une fonction particulière. Quand vous ajoutez le module Google, un sous-programme apparaît, qui vous permet de faire des recherches directement avec Google, sans passer par la page principale du site. Certains modules ne sont donc pas indispensables, ils peuvent être ajoutés, ou enlevés sans altérer le bon fonctionnement de l'ensemble. D'autres modules par contre jouent un rôle fondamental et s'ils sont altérés ou supprimés, l'ensemble s'effondre. Ce sont les modules noyaux. On peut par exemple enlever les phares d'une voiture, supprimer les sièges ou les pare-chocs, sans que cela empêche la voiture de rouler, par contre il vaut mieux laisser le carburateur et la boîte à vitesse intacts. La notion de module développée en ingénierie et en informatique renvoie donc à un sous-système cohérent qui remplit une fonction particulière.

En biologie c'est aussi cette notion qui est utilisée pour rendre compte du fonctionnement des cellules et des organismes⁵⁴. La notion de modularité a été appliquée, comme en ingénierie, à plusieurs échelles : le foie peut être considéré comme étant un module physiologique (un organe), la mitochondrie est un module cellulaire (un organite), certaines voies métaboliques, comme la glycolyse, sont aussi des modules, et au sein des protéines certains ensemble atomiques remplissent des fonctions particulières et sont considérées comme des modules (que l'on appelle généralement des domaines protéiques). Ainsi, en biologie le fonctionnement d'un organisme peut facilement se décrire en décomposant ses différentes parties en modules qui interagissent les uns avec les autres. Certains modules sont indispensables pour le fonctionnement de l'organisme, comme le cœur, tandis que d'autres sont plus accessoires, comme un doigt. Les modules en biologie sont définis et identifiés, comme en ingénierie, à partir de leur fonction.

54 Pour des articles généraux sur la notion de modularité en biologie voir (Alon, 2003; Dekel & Alon, 2005; Hartwell, Hopfield, Leibler, & Murray, 1999; Kreimer, Borenstein, Gophna, & Ruppin, 2008; Milo, et al., 2002).

Cependant, même dans sa version la plus souple, la thèse selon laquelle le *cerveau* est massivement modulaire est loin d'être triviale et de faire l'unanimité (e.g. Fodor, 2000). Pourtant, les arguments en sa faveur ne manquent pas. Tout d'abord, il est généralement accepté que les systèmes biologiques, y compris les systèmes cérébraux sensoriels, sont modulaires. Ensuite, les cas de lésions cérébrales et les travaux en imagerie montrent que le traitement de domaines d'information particuliers est localisé dans le cerveau et partiellement indépendant⁵⁵. Enfin, d'un point de vue évolutionnaire, la modularité du cerveau garantit sa robustesse et sa spécificité. Les tâches accomplies par le cerveau, comme compter, décoder un énoncé ou raisonner requièrent aussi chacune des opérations spécifiques qui pourraient difficilement être réalisées efficacement par un seul système général. Il est plus facile d'imaginer l'existence de nombreux systèmes qui ont évolué pour répondre aux demandes spécifiques de l'organisme et qui utilisent des opérations appropriées dans chaque cas⁵⁶. Le principal argument opposé à la théorie de la modularité massive telle que nous l'avons esquissée, vient de la flexibilité des processus de pensée. Fodor défend l'idée qu'un cerveau complètement modulaire ne peut pas être imaginaire et flexible comme l'est le cerveau humain (Fodor, 2000). Certains arguments ont été apportés pour répondre à cette objection (Carruthers, 2006a; Sperber, 2001, 2005b) mais le sujet n'est pas clos (voir par exemple Machery, 2008).

Les modules sont donc définis à partir de leur fonction et, de ce point de vue, la notion de fonction qui permet de rendre compte aussi bien de la fonction des modules artificiels que des modules biologiques est celle de 'fonction propre' définie par Millikan (Millikan, 1984, 1989a, 1989b)⁵⁷ :

55 Pour des exemples étonnants de localisation cérébrale voir (Mitchell, et al., 2008; Patterson, Nestor, & Rogers, 2007).

56 Ces arguments sont détaillés dans (Carruthers, 2006b; Sperber, 1994, 2005b; Sperber & Wilson, 2002).

57 Une autre possibilité serait de définir la fonction d'un élément en termes du rôle qu'il joue dans un système. Selon cette définition, généralement attribuée à Cummins, un accélérateur a pour fonction de contrôler la vitesse d'une voiture car c'est à travers cet effet que l'accélérateur contribue au fonctionnement normal de la voiture. La notion de fonction développée par Cummins est essentielle pour répondre aux questions du type : « comment ça marche ? », celle de Millikan est plus appropriée pour les questions du type « pourquoi ça existe ? ». Etant donné le caractère éminemment historique des études évolutionnistes, la notion de Millikan me paraît plus appropriée. Pour une discussion plus approfondie des différences entre ces deux notions de fonction, voir (Millikan, 1989b; Millikan, 2002).

Count as a "function" not just what a trait is currently being selected for but, in the case it is not currently, not this week, under any selection pressures from specific alternative traits, count what it *was* selected for. Include whatever accounted for its *once* becoming stable in the population or for its most recent active maintaining of that stability. A trait's function is what it actually did - did most recently - that accounts for its current presence in the population, as over against *historical* alternative traits no longer present. A trait's function, in this sense, is its historical *raison d'être*, though the history involved is, of course, seldom if ever very distant. (Millikan, 1989b)

La fonction propre d'un trait, ou d'un module, selon Millikan, correspond à ce pourquoi le trait a été et est toujours sélectionné par rapport aux alternatives qui existent et qui ont existé dans la population que l'on étudie. Ainsi, le cœur pompe le sang, fait du bruit et est de couleur rouge, mais la fonction propre du cœur est de pomper le sang car c'est en vertu du fait qu'il pompe le sang que le cœur a été naturellement sélectionné. Dans le domaine technologique, la fonction propre d'un tournevis par exemple est de tourner les vis car c'est à cause de cette utilisation que les tournevis sont produits et reproduits. La notion de fonction développée par Millikan est donc avant tout une notion historique : c'est en se tournant vers les causes qui expliquent la présence actuelle d'un élément que l'on peut comprendre sa fonction propre, même si l'élément en question n'a jamais rempli sa fonction ou s'il ne peut pas la remplir (Millikan, 1984). Autrement dit, un tournevis qui n'a jamais tourné de vis, mais qui a servi à ouvrir une boîte de conserve a toujours pour fonction de tourner les vis, ce n'est que si les tournevis deviennent des outils réguliers pour l'ouverture des boîtes de conserve et qu'ils sont produits à cette fin qu'ils acquièrent aussi la fonction d'ouvre-boîte. De même, la fonction d'un œil aveugle est de voir, car bien qu'il ne puisse pas remplir sa fonction, c'est le fait que d'autres yeux aient vu qui explique la présence de l'œil aveugle.

La notion de fonction propre est aussi associée à l'existence d'un ensemble de conditions dans lesquelles cette fonction est réalisée et qui contribuent à l'existence de l'élément considéré. En élargissant une notion que Sperber a développée dans le cadre des processus mentaux, on peut appeler *domaine propre* l'ensemble des éléments sur lesquels le module a pour fonction d'opérer (Sperber, 1996). Dans le cas du tournevis par exemple, les vis font partie du domaine propre car c'est en leur présence que le tournevis peut remplir pleinement sa fonction. De la même manière, les vibrations acoustiques, dans une certaine gamme de fréquence et d'intensité, font partie du domaine propre des oreilles et sont la cause de l'évolution de celles-ci. Cependant, sous certaines conditions, un module opère sur des éléments qui ne font pas partie de son

domaine propre. Sperber a nommé *domaine effectif* l'ensemble des inputs sur lesquels opère un module cognitif, qu'il fasse ou non partie de son domaine propre. En étendant la notion, on dira que l'ensemble des éléments sur lesquels un module opère effectivement, qu'il fasse ou non partie de son domaine propre, constitue son domaine effectif. Si vous utilisez un tournevis pour ouvrir une boîte de conserve, vis et boîte de conserve font partie du domaine effectif des tournevis. De la même manière, les oreilles servent aussi à porter des lunettes, bien que ce ne soit pas leur fonction ; lunettes et vibrations acoustiques font donc partie du domaine effectif des oreilles.

Penons un exemple de module cognitif. Le module de reconnaissance des visages a pour fonction de mémoriser les visages des personnes et de reconnaître ces visages à partir de stimuli visuels. Ce module a évolué dans un environnement dans lequel les visages étaient présents, mais dont les masques, les photos en noir et blanc ou encore les caricatures étaient absentes. Bien que les visages soient les seuls stimuli que le module a pour fonction de traiter, nous sommes aussi capables de reconnaître un visage à partir d'une caricature ou d'un portrait. Les visages appartiennent donc au domaine propre du module tandis que les caricatures et les portraits appartiennent au seul domaine effectif (voir Figure 29).

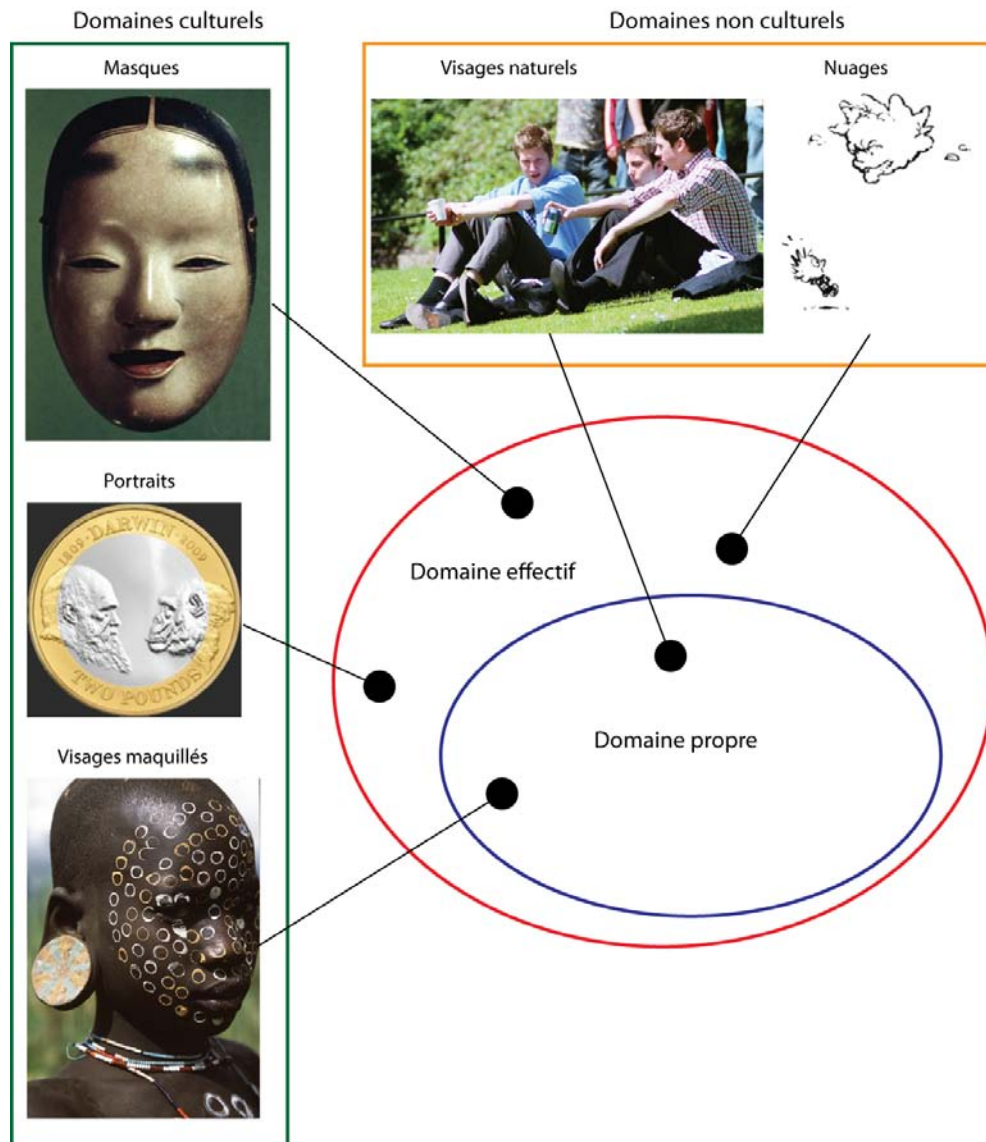


Figure 29 : Domaines propre et effectif du module de reconnaissance des visages. On remarquera que les visages maquillés font partie du domaine propre du module, au contraire des masques par exemple, car bien qu'ils soient modifiés, il s'agit toujours de visages. (inspirés de Sperber & Hirschfeld, 2004)

Il est important de remarquer à ce stade qu'il existe une certaine orthogonalité entre la présence d'un stimulus au sein du domaine effectif ou du domaine propre et la facilité avec laquelle cet input peut être traité par le module en question (je parlerai dans la prochaine partie de pertinence d'un stimulus pour un module donné). Certaines images peuvent par exemple devenir plus faciles à reconnaître que leurs homologues naturels une fois qu'ils sont débarrassés de certains traits qui compliquent la

mémorisation et la reconnaissance. On peut penser que c'est en partie ce qui a dirigé l'évolution du visage de Mickey Mouse, qui a été considérablement simplifié au cours du temps (Gould, 1980). Les stimuli qui font partie du domaine propre ne sont donc pas toujours ceux qui sont les plus facilement traités par les mécanismes cognitifs.

Faisons un rapide tour de la diversité des modules dont nous parlons. Selon notre définition, les modules peuvent être vus à différentes échelles, de l'échelle des aires cérébrales, comme les aires visuelles, motrices... jusqu'au neurone unique ou aux quelques neurones qui sont sensible par exemple à une action particulière (les fameux neurones miroirs), à un visage connu, ou encore à une barre horizontale dans le champ visuel...(sur tous ces sujets voir Gazzaniga, 2004). Les modules peuvent donc être gros, petits, minuscules, ou encore localisés à un endroit précis du cerveau, ou distribués à travers celui-ci. La mémoire par exemple n'est pas localisée à un endroit précis mais distribuée à travers le cerveau en fonction de ce qui est retenu (l'emplacement de votre souvenir d'une pomme est différent de celui du visage de la personne qui l'a mangée devant vous, voir Gazzaniga, 2004). D'autre part, les modules ne sont pas forcément statiques, ce ne sont pas forcément des propriétés innées ou immuable des systèmes cérébraux. Vous pouvez acquérir, perdre, ou modifier certains modules en fonction de votre expérience. Quand vous apprenez à parler une nouvelle langue par exemple, vous créez un nouveau module pour cette langue. Quand vous oubliez le visage d'une personne vous perdez un module⁵⁸.

Certains modules sont donc relativement peu flexibles et les éléments culturels doivent en partie s'adapter à ces modules, de la même manière qu'ils doivent s'adapter à certaines contraintes anatomiques ou environnementales. Le fait de tomber dans le vide par exemple, déclenche automatiquement une émotion très vive qui ne disparaît pas avec l'expérience. La chute libre, le 'base jump' ou encore le saut à l'élastique sont

58 Cette vision extrêmement souple de la modularité peut surprendre en sciences cognitives où les définitions rigides des modules sont plus courantes. L'analogie avec les autres organes du corps peut être utile ici. Nous avons déjà vu qu'en biologie la notion de modularité s'appliquait à différentes échelles (organe, cellule, molécule, domaine moléculaire). Au niveau de la localisation on remarquera que le foie par exemple, est localisé à un endroit précis, tandis que le système immunitaire est distribué dans tous le corps. D'autre part, certains modules peuvent se créer, comme l'acquisition de la résistance à une maladie après vaccination ou l'acquisition de nouveaux réflexes moteurs. D'autres modules peuvent se perdre, comme la capacité à digérer le lait ou celle de jouer du piano. Ici je ne fais donc qu'utiliser la notion biologique de modularité appliquée à un organe particulier, le cerveau.

des activités qui exploitent la persistance de cette propriété. Si tous les modules étaient si peu flexibles, l'évolution culturelle serait fortement déterminée par la structure des mécanismes psychologiques. Dans certains cas cependant les modules sont beaucoup plus plastiques et peuvent être modifiés par les éléments culturels.

4.1.2 INTERACTION ENTRE MODULES ET EVOLUTION CULTURELLE

Un premier exemple mettant en évidence les interactions entre développement cognitif et évolution culturelle est celui de la cognition spatiale étudié par Levinson et coll. L'étude part de l'observation du fait qu'à travers différentes cultures, les humains tendent à utiliser des méthodes différentes pour désigner l'emplacement des objets dans l'espace. Par exemple, les Occidentaux désignent la très grande majorité du temps l'emplacement d'un objet par rapport à un autre dans un référentiel relatif. Si vous devez décrire l'emplacement de la fourchette par rapport à la cuillère, vous allez probablement dire quelque chose comme « la fourchette est à gauche de la cuillère » (Figure 30).



Relative: The fork is to the left of the spoon Absolute: The fork is to the north of the spoon Intrinsic: The fork is at the nose of the spoon
--

Figure 30 : Les trois référentiels utilisés dans diverses parties du monde. Relatif : la fourchette est à gauche de la cuillère. Absolu : la fourchette est au nord de la cuillère. Intrinsèque : la fourchette est devant la cuillère. (adapté de Majid, Bowerman, Kita, Haun, & Levinson, 2004)

Cependant d'autres personnes, utilisant d'autres langues, privilégieraient une description dans un référentiel absolu ou intrinsèque (Levinson, 2003). Les trois méthodes sont disponibles dans la plupart des langues. En Français par exemple, vous pourriez dire que la fourchette se trouve « au Nord de la cuillère » ou encore « devant la cuillère ». Dans certains contextes cela s'avère d'ailleurs préférable : Paris est au Nord de Marseille, l'arrêt de bus est devant l'immeuble. Ce que montrent les études de Levinson et coll. c'est que les individus montrent une préférence marquée pour l'un ou l'autre des référentiel dans le cadre de la description des relations spatiales entre les objets d'une scène de taille moyenne (typiquement dans la description des relations spatiales d'objets disposés sur une table).

Ces différences linguistiques ont des conséquences importantes sur la manière dont les individus se comportent. A l'aide de nombreuses expériences, les auteurs ont pu mettre en évidence le fait que ces différences linguistiques étaient corrélées à des différences dans la mémorisation des scènes impliquant des relations spatiales, dans les tâches de raisonnements spatiaux, dans la gestuelle quotidienne, etc. (pour une revue voir Majid, et al., 2004). Dans chaque cas, les individus ont un comportement compatible avec l'utilisation du référentiel qu'ils utilisent le plus fréquemment quand ils parlent (pour une discussion des résultats voir Levinson, Kita, Haun, & Rasch, 2002; P. Li & Gleitman, 2002). Ces résultats mettent donc en évidence l'existence d'un lien étroit entre la fréquence d'utilisation d'un terme ou d'une expression et des différences cognitives qui ne sont pas directement liées au langage (un thème qui sera récurrent dans cette partie, pour un avis opposé voir Halligan, Fink, Marshall, & Vallar, 2003; Wang & Spelke, 2002).

La question qui se pose alors est celle de savoir si l'existence de ces différents systèmes est le résultat d'un apprentissage ou si au moins certains d'entre eux reposent sur des mécanismes psychologiques innés. Pour aborder cette question, Levinson et coll. ont étudié le comportement de jeunes enfants (4 ans en moyenne) et celui de singes de diverses espèces (Orang Utans, Gorilles, Chimpanzés et Bonobos, Haun, Call, Janzen, & Levinson, 2006; Haun, Rapold, Call, Janzen, & Levinson, 2006). Les résultats montrent que tous préfèrent utiliser une stratégie allocentrique (avec un référentiel absolu ou intrinsèque) plutôt qu'égoцентриque (avec un référentiel relatif). Il semblerait donc que d'un point de vue phylogénétique, le référentiel allocentrique soit préféré.

Si ces résultats se confirment, le module d'orientation spatiale a pour fonction propre une orientation allocentrique, il permet aux individus de se souvenir et de décrire les relations spatiales entre les objets sur la base d'un référentiel allocentré. Cependant, suivant le contexte culturel dans lequel il se développe, ce module peut acquérir une nouvelle fonction qui peut dans certains cas devenir dominante et qui consiste à utiliser un référentiel égocentré. Une autre hypothèse est qu'il s'agit de deux modules différents et que généralement le module allocentré est dominant, mais que dans certaines cultures le module égocentré puisse prendre le dessus.

L'exemple du module d'orientation spatiale illustre les bénéfices que l'on peut tirer d'une approche dynamique de la modularité. L'histoire du module, de sa fonction, peut être conçue comme étant à la fois le résultat d'une histoire évolutionnaire et celui d'une histoire culturelle et développementale. Cet exemple suggère aussi une méthode d'investigation des relations entre ces deux processus. Utiliser les comparaisons interculturelles pour comprendre l'importance des facteurs culturels dans la spécification des caractéristiques du module et utiliser l'approche comparative et développementale pour évaluer le rôle des facteurs évolutionnaires. La combinaison de ces deux approches constitue une méthode puissante pour l'analyse des relations entre les modules psychologiques et l'évolution culturelle.

L'exemple du module d'orientation spatiale laisse cependant en suspens la question suivante : comment ces différences sont-elles apparues en premier lieu ? Si le modèle allocentré est le modèle 'par défaut' d'un point de vue linguistique et comportemental, comment ont pu apparaître et se stabiliser des termes et des pratiques différentes dans certaines cultures ? L'exemple de la catégorisation des couleurs permet d'avancer sur ce terrain.

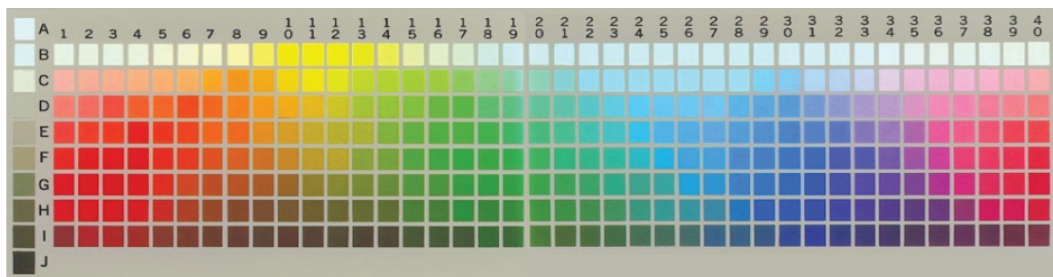
Le domaine de la catégorisation des couleurs a été largement étudié car il joue un rôle majeur dans le débat sur la relation entre inné et acquis chez l'homme. Traditionnellement, deux camps se sont opposés, d'un côté les tenants du relativisme et de l'autre les tenants de l'universalisme. La tradition relativiste (ou Whorfienne) affirme que la catégorisation des couleurs dépend de la présence de termes de couleurs dans la langue, et dans sa version la plus forte, que la perception de catégories de couleurs n'est possible qu'en présence de termes de couleurs (Davidoff, 2001; Ray, 1952; Whorf, 1956). Il s'agit d'une version spécifique au domaine des couleurs de l'hypothèse de la *tabula rasa*. Au contraire, les universalistes soutiennent que les catégories de couleurs

sont des propriétés innées du système visuel perceptif (Berlin & Kay, 1969; Heider, 1972). Ces deux positions extrêmes sont progressivement devenues plus modérées et il semble qu'un certain consensus soit en train de s'établir (Kay & Regier, 2006). Les universalistes reconnaissent désormais que le langage modifie de manière importante la perception des couleurs, tandis que les relativistes reconnaissent que les catégories de couleurs ne sont pas des divisions complètement arbitraires de l'espace des couleurs.

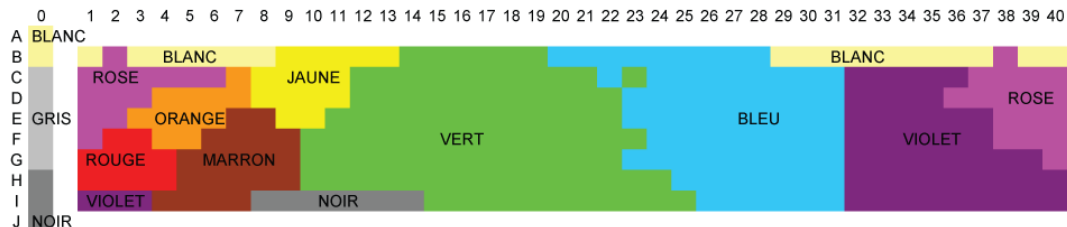
Par exemple, les termes de couleur dits « basiques »⁵⁹, comme rouge, vert, blanc... en Français, sont très variables d'une langue à l'autre. En Français, douze termes au moins sont basiques (Claidière, Jraissati, & Chevallier, 2008), tandis qu'en Culina (Pérou), il n'y a que quatre termes basiques et en Wobé (Côte d'Ivoire), il n'y en a que trois (voir Figure 31). Divers résultats expérimentaux montrent que le fait de disposer d'un terme pour désigner une couleur modifie la perception de cette couleur. Par exemple, les locuteurs de l'Anglais utilisent les termes vert ('green') et bleu ('blue') pour désigner les couleurs qui se trouvent dans cette région de l'espace des couleurs. Au contraire, les locuteurs du Berinmo, n'ont qu'un seul mot, 'nol', pour désigner l'ensemble des couleurs que les Anglais nomment vert et bleu (Roberson, Davies, & Davidoff, 2000).

59 Il y a plusieurs manières de définir les termes basiques, pour une discussion détaillée de la notion de terme basique voir (Jraissati, Claidière, & Chevallier, Under revision). Pour simplifier nous ferons l'hypothèse qu'un terme basique est un terme utilisé par une majorité des locuteurs de la langue pour désigner une couleur particulière. Par exemple, vert est un terme basique car il existe certaines couleurs qu'une majorité de locuteurs du Français appellent spontanément vert. Au contraire, écarlate et rose-bonbon ne sont pas des termes basiques car il n'existe pas de couleur qui soit désignée par de tels termes par une majorité de locuteurs du Français.

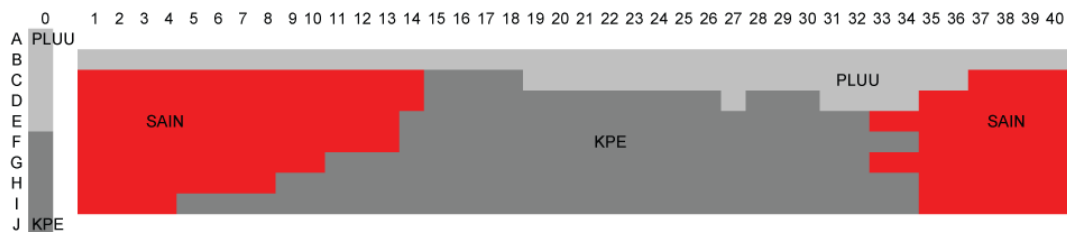
Set de couleurs Munsell.



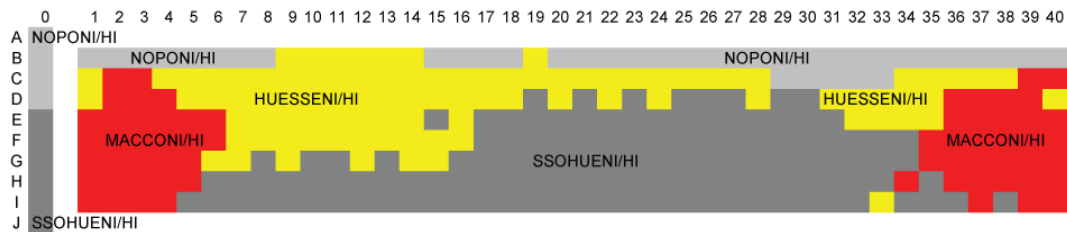
Carte modale du Français.



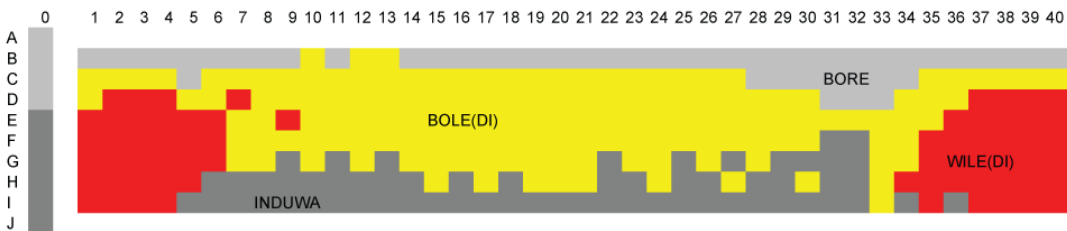
Carte modale du Wobé.



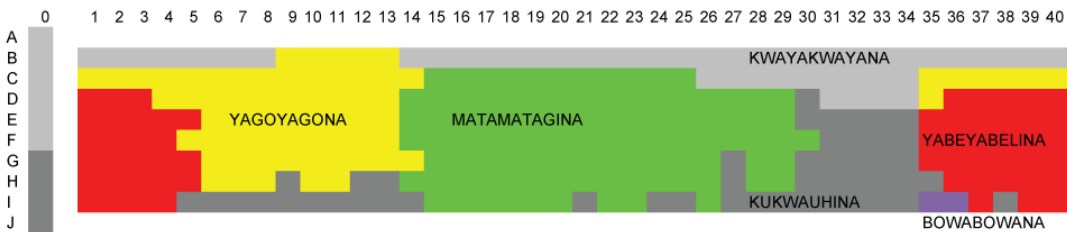
Carte modale du Culina.



Carte modale du Lele.



Carte modale de l'Iduna.



Carte modale du Buglere.

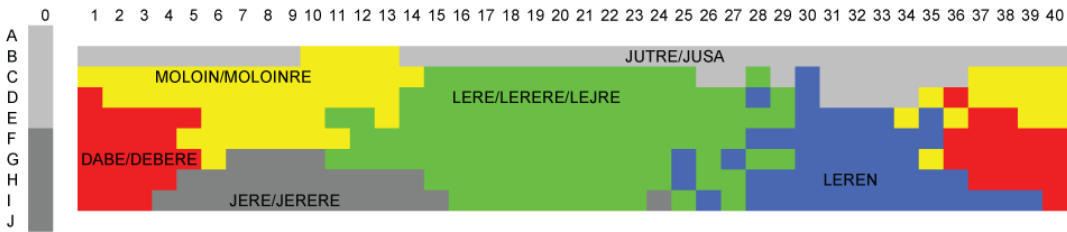


Figure 31 : Différents systèmes de dénomination des couleurs. Il est demandé à chaque participant de nommer chacune des 330 couleurs du set Munsell (en haut). Les cartes qui suivent représentent les noms les plus fréquemment donnés par les locuteurs pour chacune des couleurs utilisées. Ces cartes sont dénommées cartes modales, et les termes les plus fréquents qui apparaissent, termes basiques de couleurs. Ainsi, le Français possède douze termes basiques, le Wobé trois, le Culina et le Lele quatre, l'Iduna cinq, le Buglere six. Le plus souvent, les langues qui possèdent un nombre identique de termes basiques ont aussi des cartes assez proches, comme le Lele et le Culina (Tchad et Pérou respectivement). Ces cartes ont été produites grâce aux données du WCS (<http://www.icsi.berkeley.edu/wcs/>) et celles recueillies par (Claidière, et al., 2008).

Cette différence n'est pas anodine, elle modifie sensiblement la perception des couleurs par les locuteurs des deux langues (Roberson, Davidoff, Davies, & Shapiro, 2005; Roberson, et al., 2000). Le fait que les locuteurs de l'Anglais puissent désigner certaines couleurs comme étant bleues et d'autres comme étant vertes, là où les locuteurs du Berinmo n'utilisent qu'un seul mot, leur fait juger ces couleurs comme étant plus différentes entre elles et augmente leurs performances dans des tâches de mémorisation. En somme, les locuteurs de l'Anglais perçoivent le spectre des couleurs comme discontinu dans cette région précise, là où les locuteurs du Berinmo le perçoivent comme continu. Cette différence a été nommée perception catégorielle (Harnad, 1987) et a été mise en évidence dans de nombreuses études impliquant des langues très différentes (Franklin, Clifford, Williamson, & Davies, 2005; Franklin & Davies, 2004; Kay & Kempton, 1984; Kay & Regier, 2006; Ozgen & Davies, 2002; Pilling & Davies, 2004; Roberson & Davidoff, 2000; Roberson, Davidoff, & Braisby, 1999; Roberson, et al., 2005; Roberson, et al., 2000; Winawer, et al., 2007). Ces résultats, ainsi que les travaux récents en imagerie (Drivonikou, et al., 2007; Franklin, Drivonikou, Bevis, et al., 2008; Franklin, Drivonikou, Clifford, et al., 2008; Gilbert, Regier, Kay, & Ivry, 2006; Roberson, Pak, & Hanley, 2008), montrent clairement que la possession d'un terme de couleur modifie la manière dont les couleurs sont perçues. D'autre part, et bien qu'il ne s'agisse que d'un résultat préliminaire, on peut penser que les effets du langage ne sont pas transitoires et qu'ils persistent en l'absence d'accès au

lexique de couleur (Claidière, et al., 2008). Autrement dit, on peut penser qu'une personne ayant appris l'Anglais par exemple, mais qui pour une certaine raison a perdu l'usage des termes de couleurs, continuerait de percevoir la discontinuité entre bleu et vert. Cela suggère que les effets du langage ne se limitent pas à une simple interférence avec les processus perceptuels, mais au contraire, que l'acquisition et l'usage des termes de couleurs provoquent une réorganisation de la perception des catégories de couleurs (Claidière, et al., 2008).

Or, si l'on accepte que le fait de posséder une certaine catégorie de couleur comme 'rose' dépend de la présence dans la langue du terme rose, alors il faut expliquer comment ce terme a pu apparaître en premier lieu, en l'absence de la catégorie à laquelle il est maintenant associé et en présence des autres catégories de couleurs. Une première hypothèse, strictement relativiste, serait que les termes déterminent la présence des catégories de couleur : sans termes de couleurs la perception ne serait pas catégorielle, mais continue. Dans ce cas, l'utilisation d'un nouveau terme par un locuteur conduirait à la formation d'une nouvelle catégorie. Cette hypothèse est cependant contredite par les résultats des études linguistiques utilisant des tâches de dénomination. Dans ces études, les participants doivent simplement nommer les couleurs qui leur sont présentées une à une et dans un ordre aléatoire. On présente ensuite généralement les résultats par une carte modale, qui représente les termes les plus fréquemment utilisés par les locuteurs d'une langue, pour chaque couleur présentée (voir Figure 31). L'étude de dénomination la plus exhaustive qui existe est celle du World Colour Survey (étude des couleurs du monde, WCS) qui a couvert 110 langues de sociétés non industrialisées sur un total de 330 échantillons couvrant le spectre des couleurs (voir <http://www.icsi.berkeley.edu/wcs/> pour plus d'informations). L'analyse des données recueillies lors de cette étude a permis d'établir fermement le fait que les catégories de couleurs ne sont pas distribuées aléatoirement sur le spectre (Berlin & Kay, 1969; Kay & Regier, 2003, 2007; Regier, Kay, & Cook, 2005; Regier, Kay, & Khetarpal, 2007). Les langues qui possèdent le même nombre de termes basiques tendent donc à être similaires et cela indépendamment de leur relation d'apparentement (voir Figure 31). Cette conclusion renforce la théorie universaliste : si les catégories de couleurs sont similaires entre les langues, ce ne peut être que parce qu'il existe des contraintes universelles sur la perception des couleurs et que celles-ci influencent la catégorisation des couleurs. On peut donc penser qu'en l'absence de termes de couleurs

la perception est néanmoins catégorielle. Ceci est confirmé par les études qui montrent que l'on retrouve des effets de perception catégorielle chez les enfants prélinguistiques (Franklin, et al., 2005; Franklin & Davies, 2004; Franklin, Drivonikou, Bevis, et al., 2008; Franklin, Drivonikou, Clifford, et al., 2008; Teller & Bornstein, 1985).

A la lumière de ces résultats, il semble donc probable que le module de catégorisation des couleurs ait pour fonction propre la perception des *catégories* de couleurs, donc qu'en l'absence d'input linguistique nous percevons les couleurs de manière catégorielle. Cependant, en présence d'inputs linguistiques, la perception de catégories de couleurs est en partie déterminée par l'input linguistique. Cela suggère une relation complexe entre les catégories de couleurs innées et les catégories acquises (acquises au cours de l'acquisition du langage).

Notamment, les résultats des études de dénomination sont en accord avec l'hypothèse selon laquelle les termes de couleurs n'apparaissent pas de manière aléatoire au cours de l'évolution d'une langue, mais dans un ordre défini, selon une séquence évolutionnaire précise (Kay & McDaniel, 1978). Selon cette hypothèse, initialement toutes les langues ne possédaient que deux termes, correspondant grossièrement à clair et foncé, et elles ont ensuite acquis des termes plus élaborés comme rouge, bleu, vert... dans un ordre précis (voir Figure 32).

Etape	Catégories basiques de couleurs					
1	Blanc	Rouge	Jaune	Noir	Bleu	Vert
2	Blanc	Rouge	Jaune	Noir	Bleu	Vert
3	Blanc	Rouge	Jaune	Noir	Bleu	Vert
4	Blanc	Rouge	Jaune	Noir	Bleu	Vert
5	Blanc	Rouge	Jaune	Noir	Bleu	Green

Figure 32 : La séquence évolutionnaire. Les deux catégories présentes à l'étape 1 se trouvent progressivement divisées au fur et à mesure que les langues acquièrent de nouveaux termes de couleurs. La séquence ne représente pas une série d'événements déterministes, mais l'évolution la plus probable d'une langue. (adapté de Kay & McDaniel, 1978)

Si tel est bien le cas, si les termes basiques de couleurs d'une langue ne peuvent pas apparaître dans un ordre aléatoire, alors leur introduction dépend de la structure des catégories innées et les interactions entre perception et langage vont dans les deux sens : d'une part le langage influence la catégorisation des couleurs, d'autre part la catégorisation des couleurs influence l'évolution du langage. Peut-on être plus précis ? Comment se met en place cette interaction ? Nous n'avons qu'une compréhension très fragmentaire de ces interactions, mais je tenterai néanmoins de spéculer sur un modèle possible.

Partons du constat suivant : dans certaines expériences les catégories de couleurs semblent être sensibles à des tâches d'interférences verbales. Par exemple, Winawer et al. ont montré que la perception catégorielle de 'siniyi' et 'goluboy' en Russe (équivalent à bleu foncé et bleu clair en Français) disparaissait lorsque les participants devaient se remémorer un chiffre mais ne disparaissait pas lorsqu'ils devaient se souvenir d'une représentation spatiale (Winawer, et al., 2007). Les auteurs en concluent que si les participants n'ont pas accès à leur lexique de couleur, la perception des catégories disparaît. Dans d'autres expériences cependant, les tâches d'interférences verbales ne modifient pas la perception des catégories de couleurs (Claidière, et al., 2008). Une interprétation possible de ces résultats est qu'il existe un continuum entre d'un côté les termes de couleurs (tels que rouge, vert, bleu...) qui sont associés à des catégories qui sont déterminées perceptuellement et qui existent indépendamment de l'accès au lexique et de l'autre côté les termes (tels que magenta, cyan, coquille d'œuf...) qui ne provoquent pas de perception catégorielle et qui donc n'influencent pas fortement la perception des couleurs. Les catégories étudiées par Winawer et al. seraient intermédiaires, elles influenceraient la perception, provoquant une perception catégorielle, mais cette perception catégorielle dépendrait encore de l'accès au lexique (voir Figure 33).

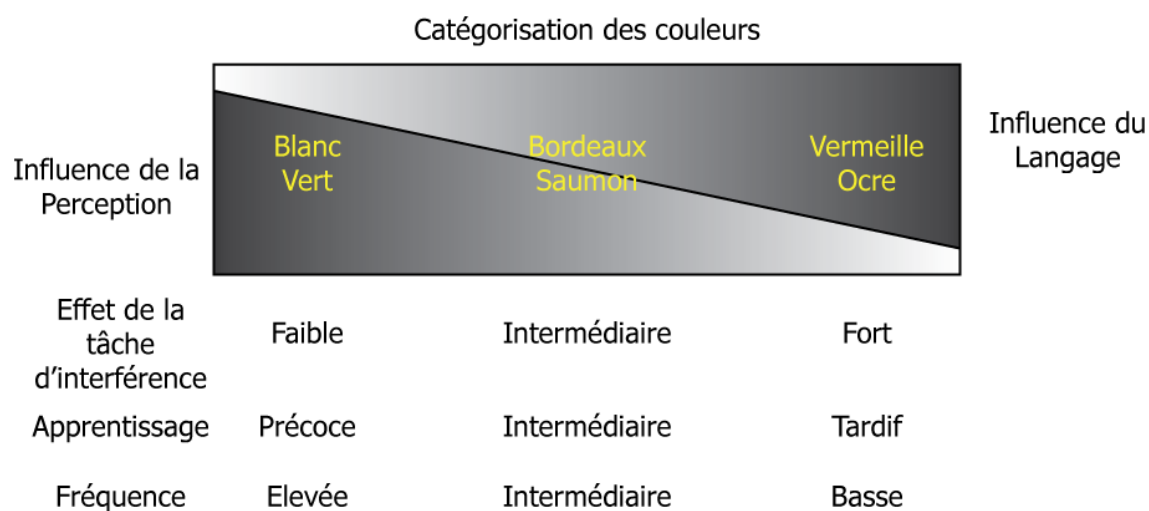


Figure 33 : La théorie 'continuiste' de la catégorisation des couleurs. Les catégories de couleurs sont déterminées par les mécanismes cognitifs perceptifs et linguistiques et le degré d'influence de chacun de ces mécanismes varie de manière continue. A l'extrémité gauche, les catégories telles que Vert sont déterminées par les mécanismes perceptuels principalement. Tandis qu'à l'autre extrémité du continuum, les termes tels que Vermeille sont déterminés par les mécanismes linguistiques principalement. Au centre se trouvent les catégories telles que 'Goluboy' et 'Siniy' ou 'Bordeaux et 'Saumon' pour lesquelles le déterminisme est mixte.

L'hypothèse proposée est donc la suivante : les catégories de couleurs sont le résultat de l'influence de processus perceptuels et linguistiques et l'ampleur de leur influence varie de manière continue à travers les termes d'une langue. Selon cette hypothèse, le développement des catégories de couleur pourrait se concevoir de la manière suivante. Initialement, les jeunes enfants percevraient certaines catégories de couleurs, déterminées uniquement perceptuellement, les catégories de couleurs innées (voir notamment les résultats récents de Franklin, Drivonikou, Bevis, et al., 2008; Franklin, Drivonikou, Clifford, et al., 2008). L'apprentissage des termes de couleurs entraînerait une modification de ces catégories initiales à travers une réorganisation perceptuelle de l'espace des couleurs en fonction des termes de la langue (Franklin, et al., 2005; Franklin, Drivonikou, Clifford, et al., 2008; Hespos & Spelke, 2004; Werker & Tees, 1984). Cette réorganisation aboutirait, comme son nom l'indique, à redéfinir les catégories perceptuelles pour lesquelles l'influence de la langue est la plus forte. On

obtiendrait de cette façon de nouvelles catégories, les catégories de couleurs acquises au cours de l'apprentissage de la langue. L'apprentissage et l'utilisation subséquente des autres termes de couleurs entraîneraient la formation de catégories de couleurs de moins en moins déterminées perceptuellement, de plus en plus dépendantes de l'accès au lexique (voir Figure 33).

L'importance de l'influence du langage sur la perception pourrait notamment être déterminée par la fréquence avec laquelle les termes de couleurs sont utilisés. En effet, Corbett et Morgan ont par exemple montré qu'en Russe, les termes les plus fréquents sont aussi ceux qui sont les 'plus' basiques (Corbett & Morgan, 1988). Les termes les plus fréquents seraient donc aussi ceux qui sont appris en premier et qui se situent à l'extrémité perceptuelle du continuum. D'autre part, les études de Davies et coll. ont aussi montré que des participants qui s'entraînaient à utiliser un nouveau terme de couleur pouvaient montrer des signes de perception catégorielle pour ces termes (Ozgen & Davies, 2002). Donc on peut penser que si l'on augmente la fréquence d'utilisation de certains termes, leurs effets sur la perception deviennent plus importants. Simplement donc, l'hypothèse est que plus les termes de couleurs sont utilisés fréquemment, plus ils ont un effet sur la perception des couleurs.

Pour finir, la fréquence des termes va elle-même dépendre de l'utilité du terme pour une communauté, donc de son 'écologie' (voir la discussion de Mufwene dans la partie 2.3.2, pp 94), et de la facilité avec laquelle le terme est mémorisé et sollicité. Au final ce sont donc des considérations de pertinence (voir ci-après) qui détermine la fréquence des termes de couleur et ainsi leur influence sur la perception. L'influence des mécanismes perceptifs sur l'évolution des termes de couleurs pourrait donc venir de leurs effets sur la mémorisation et l'utilisation des termes. Par exemple, on peut penser que si la fréquence d'un terme augmente dans la langue, *pour des raisons pragmatiques*, il va avoir tendance à être utilisé pour désigner des couleurs qui sont *perçues* comme étant éloignées des couleurs qui sont désignées par les autres termes. La perception peut donc guider l'évolution de la couleur de référence d'un terme en fonction de l'importance de celui-ci. Cela pourrait expliquer pourquoi, à travers les nombreux contextes écologiques dans lesquels les langues évoluent, on retrouve des catégories de couleurs qui sont relativement proches et qui suggèrent l'existence de contraintes universelles sur la catégorisation des couleurs.

Bien que cette explication soit largement hypothétique, elle a le mérite de poser les différentes étapes qui permettent d'arriver à la compréhension des interactions entre les mécanismes cognitifs et l'évolution culturelle. Elle permet aussi d'établir des prédictions qui peuvent être testées expérimentalement. Notamment, elle met en évidence les liens suivants :

1. au niveau développemental précoce, les termes de couleurs les plus fréquents doivent être acquis plus précocement que ceux qui sont moins fréquents (les résultats des expériences qui ont tenté de tester cette hypothèse sont mitigés pour l'instant, notamment parce qu'il s'agit de test en production et non pas en compréhension),
2. au niveau développemental tardif, les variations dans la fréquence d'utilisation d'un terme doivent être corrélées à ses effets sur la perception (on pourrait s'intéresser à la catégorisation des couleurs d'experts du domaine, comme des artistes, qui doivent utiliser fréquemment un vocabulaire différent de celui qu'ils ont acquis précocement),
3. au niveau linguistique, les termes de couleurs les plus fréquents d'une langue doivent aussi correspondre à ceux qui sont basiques (il faudrait étendre les résultats préliminaires obtenus sur le Russe aux autres langues),
4. au niveau cognitif, l'effet de perception catégorielle doit progressivement disparaître lorsque les catégories testées correspondent à des termes de moins en moins fréquents (pour tester cette prédiction il suffirait d'étendre les études de Winawer et al. à d'autres catégories, plus et moins basiques),
5. au niveau évolutionnaire, la théorie prédit que la référence d'un terme peut progressivement changer sous la pression des mécanismes perceptifs (pour tester cette prédiction on pourrait s'intéresser aux locuteurs bilingues pour voir si l'acquisition et l'utilisation de nouveaux termes peut se faire avec un décalage de la référence de ceux-ci).

Pour conclure sur cet exemple, la catégorisation des couleurs permet de mettre en évidence la complexité des rapports entre évolution culturelle et mécanismes psychologiques. En effet, nous avons vu que l'utilisation de termes de couleurs pouvait modifier sensiblement la catégorisation des couleurs, donc que les catégories acquises pouvaient être assez différentes des catégories innées. Cependant, nous avons aussi

montré que les catégories innées et acquises contraignaient l'évolution des termes de couleurs de telle sorte que de nombreuses langues possèdent des catégories acquises qui sont, au final, assez similaires.

Les deux exemples que nous venons d'étudier mettent en évidence l'existence de systèmes modulaires, possédant une fonction propre et un domaine propre, qui influencent de manière particulière l'évolution culturelle de certains éléments culturels. Nous venons de voir que les termes et les comportements associés à l'orientation spatiale n'évoluent pas de la même manière que les termes et les comportements associés à la perception des couleurs car ils dépendent de modules ayant évolué pour remplir des fonctions différentes. En généralisant on comprend que l'évolution des éléments culturels dépend des caractéristiques des modules psychologiques qu'ils recrutent, qu'ils soient innés et peu flexibles ou plastiques et très dynamiques.

Maintenant nous pouvons tenter d'intégrer le troisième niveau évolutif, le niveau génétique, qui va modifier les mécanismes psychologiques en fonction de leurs effets sur l'évolution culturelle.

4.1.3 LE LIEN ENTRE EVOLUTION CULTURELLE ET EVOLUTION GENETIQUE

Est-ce que l'évolution culturelle peut influencer l'évolution génétique des capacités psychologiques ? Nous avons déjà en partie abordé cette question dans le troisième chapitre et j'aimerais envisager ici d'autres arguments contre cette possibilité, ainsi qu'un contre-exemple, pour montrer néanmoins que ce n'est pas impossible.

Deux phénomènes limitent en grande partie l'impact de l'évolution culturelle sur la sélection naturelle des capacités psychologiques. Si les capacités psychologiques sont peu flexibles, comme dans le cas du réflexe associé à la chute dans le vide, l'évolution culturelle s'adapte à ces contraintes, de la même manière que celle-ci s'adapte à d'autres contraintes, environnementales (e.g. gravité), ou physiologiques (e.g. deux bras et dix doigts). Si les mécanismes psychologiques sont plus flexibles, alors ils s'accommodent à l'évolution culturelle, ils se plient aux contraintes qui leur sont imposées et cela affaiblit d'autant une éventuelle pression de sélection naturelle pour les faire évoluer génétiquement. En somme, plus les mécanismes psychologiques peuvent s'accommoder

à l'évolution culturelle, moins ils ont besoin de s'y adapter génétiquement. La combinaison de ces deux processus, d'influence des contraintes psychologiques sur l'évolution culturelle et d'accommodation des mécanismes psychologiques limitent la possibilité d'évolution génétique des mécanismes psychologiques sous des pressions imposées par la culture.

En guise d'illustration, observons ce qui se produit quand une personne arrive dans une grande ville très bruyante. Dans un premier temps, son sommeil est fortement perturbé par le bruit, mais très rapidement son organisme s'accommode à ces nouvelles conditions et réagit beaucoup moins aux bruits nocturnes. Dans une première étape et rapidement, l'organisme s'accommode. Cependant, il reste une certaine sensibilité qui peut provoquer des troubles du sommeil et qui ne disparaît pas même après de nombreuses années. Cela conduit les habitants à éviter les zones bruyantes et la mairie à prendre des mesures pour éviter le bruit dans les quartiers résidentiels. Dans un second temps, c'est donc la culture qui s'adapte aux pressions provenant de l'organisme. Avec ces deux forces, une grande partie des effets que pourrait avoir la sélection naturelle sont éliminés. Peu de personnes souffrent, en définitive, des bruits nocturnes. Peu de personnes, certes, mais il en reste tout de même certaines et ce résiduel pourrait entraîner une pression de sélection naturelle favorisant une baisse de sensibilité des individus aux bruits durant le sommeil, *si* le fait de dormir moins bien affecte la fitness et *si* cet effet affecte suffisamment de générations. D'ailleurs, il n'est pas impensable que nous soyons effectivement moins sensibles aux bruits nocturnes que nos ancêtres pour lesquels le sommeil devait constituer une période particulièrement dangereuse.

D'autre part, si la culture a eu un effet sur la sélection naturelle des capacités psychologiques, on peut se demander dans quelle mesure cet effet a été spécifique. Est-ce que la culture a entraîné la sélection de nouveaux mécanismes psychologiques ou est-ce qu'il s'agit d'une sélection de capacités plus générales ? La sélection naturelle pourrait avoir augmenté la plasticité cérébrale par exemple, facilitant les interactions entre cognition et culture sans que de nouveaux mécanismes proprement culturels n'évoluent. Par exemple, dans le cas du langage, Chater et Christiansen insistent sur le fait qu'il est peu probable qu'il existe un module spécialisé dans l'acquisition du langage (Chater, Reali, & Christiansen, 2009; Christiansen & Chater, 2008; Christiansen & Kirby, 2003; Kirby, Dowman, & Griffiths, 2007) :

Although our results demonstrate that the Baldwin [⁶⁰] effect may apply to functional properties of language (Simulation 1), the Baldwin effect is unlikely to be the mechanism for genetic assimilation of arbitrary linguistic properties that began as learned cultural conventions (Simulations 2 and 3). Thus, a highly intricate and abstract language “module” (5), “instinct” (6), or “organ” (7) postulated to explain language acquisition (7, 39), language universals (7), and the species-specificity of human language (8) could not have arisen through biological adaptation. (Chater, et al., 2009)

Ou encore :

The genetic basis of human language acquisition and processing did not coevolve with language, but primarily predates the emergence of language. As suggested by Darwin, the fit between language and its underlying mechanisms arose because language has evolved to fit the human brain, rather than the reverse. (Chater, et al., 2009)

Les auteurs rejettent l'existence d'un module d'apprentissage du langage pour deux raisons. D'une part, à cause du fait que les langues sont très variables dans le temps, donc que la sélection ne peut pas agir pour stabiliser un élément de la langue avant que celui-ci ne change. D'autre part, parce que le langage peut s'adapter aux contraintes imposées par les mécanismes d'apprentissage, donc affaiblir une pression de sélection sur ceux-ci. On aurait aussi pu rajouter l'existence d'une accommodation des mécanismes psychologiques aux contraintes imposées par la langue. Les arguments proposés par Chater et Christiansen sont une application de ceux que nous avons développés dans le cas général, au cas du langage. Pourtant, on peut penser que dans le cas du langage nous avons des résultats expérimentaux qui montrent que la sélection naturelle à partir d'éléments culturels est envisageable (Berent, Lennertz, Jun, Moreno, & Smolensky, 2008; Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, & Dubois, 2006). Pour illustrer cette éventualité je m'intéresserai au cas de la phonologie⁶¹.

Dans les grandes lignes le cas de la phonologie est similaire à celui des couleurs. Les théories contemporaines se sont initialement divisées en deux camps. D'un côté certains psychologues affirmaient que les phonèmes étaient appris par les enfants grâce à des capacités générales d'apprentissage, comme le conditionnement et le renforcement (Skinner, 1957). D'un autre côté, d'autres psychologues affirmaient que les enfants

60 L'effet Baldwin correspond au fait que les capacités d'apprentissage peuvent évoluer pour faciliter l'acquisition de nouvelles capacités (J. M. Baldwin, 1896).

61 Pour une revue de la littérature au sujet des phonèmes voir (Kuhl, 2000; Kuhl, 2004; Kuhl, et al., 2008; Werker & Yeung, 2005)

naissaient avec une connaissance innée des phonèmes qu'ils pouvaient potentiellement rencontrer dans la langue, et qu'en fonction de la langue à laquelle ils étaient exposés, ils sélectionnaient les phonèmes appropriés (Chomsky, 1959/1967)⁶². Selon Skinner, les enfants n'avaient aucune connaissance des phonèmes qui pouvaient exister, ils apprenaient ceux-ci à travers des mécanismes d'apprentissage généraux et ils apprenaient à parler car ils étaient encouragés à le faire par leur entourage. Au contraire, Chomsky proposait que les enfants avaient une connaissance innée des phonèmes, qu'ils apprenaient à identifier les phonèmes de leur langue grâce à des mécanismes spécialisés dans l'apprentissage du langage et que la seule présence d'une langue suffisait à induire un apprentissage, avec ou sans motivation externe (Kuhl, 2000).

Les premiers résultats montrèrent que les nouveaux-nés sont capables de percevoir les catégories de phonèmes présents dans presque toutes les langues (e.g. Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971), et qu'ils perdent cette capacité aux alentours d'un an (e.g. Werker & Tees, 1984). Ces résultats allaient dans le sens de l'hypothèse Chomskyenne. Cependant, à l'opposé des prédictions de Chomsky, il fut rapidement montré que les animaux percevaient aussi les phonèmes de manière catégorielle (e.g. Kuhl & Miller, 1975). La perception des phonèmes repose donc bien en partie sur une caractéristique innée, mais qui n'est pas liée à un phénomène de sélection spécifique au langage. On peut en conclure qu'avant l'apparition du langage, la fonction propre du module de perception des phonèmes était probablement liée à la reconnaissance de sons, de congénères ou autres. Les phonèmes des langues sont donc en partie adaptés aux contraintes génétiques imposées par le module. Ces résultats renforcent l'hypothèse selon laquelle la sélection naturelle de capacités psychologiques liée à des éléments culturelle est rare.

Cependant, d'autres résultats laissent penser que dans le cas des phonèmes la sélection naturelle a eu un impact sur le module. Dans le modèle Chomskyen, l'input linguistique règle le fonctionnement du module, il permet à l'enfant de déterminer quels sont les phonèmes de sa langue. Le modèle proposé est un modèle par élimination, au début l'enfant peut reconnaître tous les phonèmes de toutes les langues mais l'exposition à une certaine langue rend le module plus sensible aux phonèmes de cette langue. Autrement dit, le module perd une partie de ses capacités discriminatives. Ce

⁶² Je ne m'intéresse ici qu'à la phonologie, et aux propositions de Chomsky et Skinner sur ce domaine précis, pas au problème plus général de l'acquisition du langage.

modèle a été fortement remis en question. En effet, les enfants utilisent très probablement les propriétés statistiques de la langue à laquelle ils sont exposés pour en extraire les paramètres importants pour l'apprentissage des catégories de phonèmes. D'un point de vue computationnel, il a été montré que l'input linguistique que recevait un enfant pouvait, s'il était sensible aux propriétés statistiques de cet input, lui permettre de former correctement les catégories phonémiques de sa langue sans connaissance préalable sur les phonèmes (Vallabha, McClelland, Pons, Werker, & Amano, 2007). Il a aussi été montré que les enfants sont capables de détecter les régularités statistiques de la langue (e.g. Dietrich, Swingley, & Werker, 2007). Ils peuvent par exemple reconnaître les phonèmes dans des tâches impliquant des personnes de sexe différent, ou des personnes s'adressant à eux dans un état émotionnel différent. Ils sont aussi extrêmement sensibles à la fréquence et à la distribution des phonèmes, et les phonèmes les plus fréquents servent de centre des catégories phonémiques lors de la réorganisation de l'espace perceptif (pour une revue voir Kuhl, 2000; Werker & Yeung, 2005).

L'exposition à une langue donnée semble donc modifier de manière importante la perception des catégories de phonèmes, elle tend à diminuer la discriminabilité des phonèmes non présents dans la langue et à augmenter celle des phonèmes qui sont présents, ce que Kuhl a appelé 'l'effet magnet' (Iverson & Kuhl, 1995; Kuhl, et al., 2008; Kuhl, Williams, Lacerda, Stevens, & Lindblom, 1992). Dans l'effet magnet, l'espace perceptuel se réorganise autour de l'élément prototypique d'une catégorie (voir Figure 34).

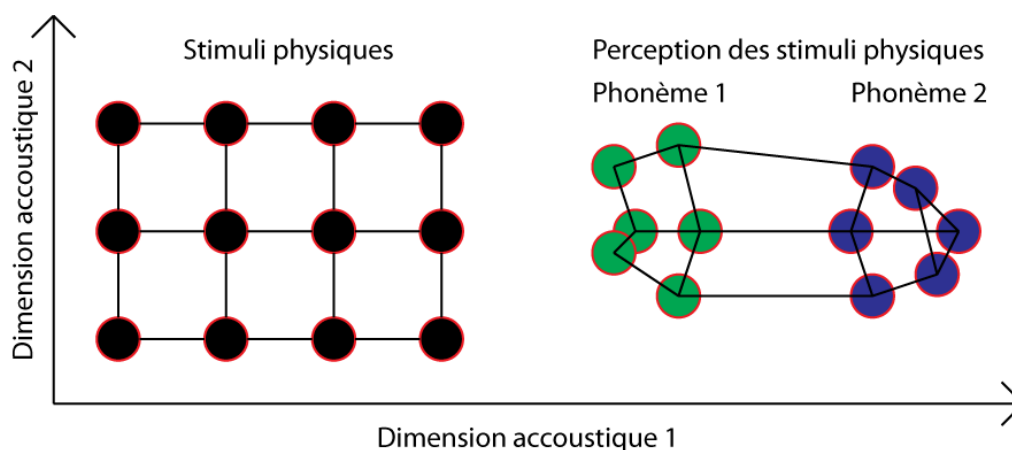


Figure 34 : L'effet magnet. Selon la théorie développée par Kuhl, la perception des phonèmes d'une langue provoque la réorganisation de l'espace perceptif autour des prototypes de chaque catégorie. Les stimuli physiques sont distribués de manière homogène mais les individus perçoivent les stimuli aux extrémités comme étant très proche tandis qu'ils perçoivent ceux au niveau de la frontière comme étant très différents. (inspiré de Kuhl, 2000)

Globalement, ces résultats suggèrent que ce sont les mécanismes d'apprentissage des catégories phonémiques qui sont innés et spécifiques à l'apprentissage linguistique. La sensibilité des enfants aux propriétés statistiques de la langue et la réorganisation que la reconnaissance de ces propriétés entraînerait n'est pas fortuite, mais dépend d'un mécanisme d'apprentissage dédié à cette tâche. D'autre part, comme le montre l'expérience classique de Remez et al., la perception de la parole est différente de la perception des autres sons (Remez, Rubin, Pisoni, & Carrell, 1981). Dans cette expérience, les auteurs construisent des stimuli qui sont perçus comme de simples sons par les participants tant qu'ils ne sont pas informés du fait qu'il s'agit de paroles. Une fois que les participants savent qu'il s'agit de paroles, ils perçoivent les sons comme tel, et ne peuvent plus les percevoir autrement. Il semblerait donc que le traitement phonétique de la parole requiert des mécanismes spécialisés qui ne se déclenchent que lorsque les sons répondent à certaines caractéristiques. A la lumière de ces résultats, il semble fort probable que la sélection naturelle ait favorisé l'émergence de mécanismes d'acquisition des phonèmes. Si tel est le cas, la fonction propre du module, qui était de reconnaître certains sons, est devenue la reconnaissance des phonèmes par un processus qui, grossièrement, peut être qualifié d'effet Baldwin.

Comme le montre l'exemple de l'apprentissage des phonèmes, la simple observation d'une correspondance entre les éléments culturels et le fonctionnement psychologique ne suffit pas, loin s'en faut, à en conclure qu'il existe un module psychologique qui a été naturellement sélectionné pour traiter les éléments culturels. L'hypothèse la plus conservatrice revient à considérer qu'il s'agit d'une accommodation des modules psychologiques aux éléments culturels, accompagnée d'une adaptation de ces éléments culturels aux contraintes psychologiques. Tel est probablement le cas des catégories de phonèmes : ce ne sont pas des adaptations génétiques spécifiques au langage, mais des contraintes du système perceptif qui ont modifié l'évolution des langues. Cependant, malgré ces restrictions, dans certains cas l'évolution culturelle peut entraîner des phénomènes de sélection naturelle. C'est probablement le cas des mécanismes d'acquisition et de réorganisation des catégories phonémiques et on peut penser que c'est plus généralement le cas de certaines capacités liées au langage (à ce sujet, voir Fitch, Hauser, & Chomsky, 2005; Hauser, Chomsky, & Fitch, 2002; Jackendoff & Pinker, 2005; Pinker & Jackendoff, 2005).

4.1.4 MODULARITE ET DETERMINISME SOCIOBIOLOGIQUE

Cette vision dynamique de la modularité et de la psychologie nous permet de revenir sur la question du caractère adaptatif de la culture que nous avons abordée précédemment. Comme nous l'avons vu dans l'introduction, l'hypothèse sociobiologique affirme que la plupart des comportements humains, y compris les comportements culturels, sont le résultat d'un processus de sélection naturelle et sont donc adaptés. La controverse qu'a suscité la sociobiologie ne provient pas des hypothèses particulières portant sur la présence de certains comportements adaptatifs, il serait très étonnant de n'en trouver aucun, mais de la généralisation de ces résultats à l'ensemble de la culture humaine. Pour la sociobiologie, les prières hindoues, l'escalade, le chant... sont des comportements qui en moyenne sont adaptatifs (même si occasionnellement ils peuvent avoir des effets négatifs, comme le laisse penser l'escalade). Autrement dit, selon les sociobiologistes, seule la sélection naturelle permet d'expliquer la forme des comportements humains. Le développement de la sociobiologie a permis de concevoir des arguments alternatifs, permettant de dissocier l'évolution par sélection naturelle de l'évolution culturelle.

Une manière de parvenir à cette dissociation est celle proposée par la théorie de la coévolution gène-culture. Boyd et Richerson notamment, ont tenté de réconcilier le fait que la culture est adaptative avec l'observation de la présence de nombreux comportements maladaptatifs. A cette fin, ils montrent que les mécanismes sélectifs tels que le biais de prestige ou le biais d'hyper-conformisme peuvent conduire à l'apparition de comportements culturels adaptés, maladaptés, ou neutres d'un point de vue génétique (Richerson & Boyd, 2005). Selon eux, ce sont les processus de sélection des éléments culturels qui produisent un mélange d'éléments aux conséquences adaptatives diverses. Bien que la sélection soit certainement un moyen d'arriver à cette indépendance entre évolution culturelle et évolution génétique, on peut se demander si c'est le seul.

De ce point de vue, les tenants de la théorie de la coévolution gène-culture admettent généralement que si la sélection culturelle n'existait pas, alors l'évolution culturelle correspondrait au modèle sociobiologique (Boyd & Richerson, 1985; Durham, 1991; Richerson & Boyd, 2005) :

As we have noted, the forces of guided variation and directly biased transmission are derived forces; if they are the only forces that affect cultural evolution, then we should expect that the human sociobiologists will be successful in predicting human behavior using Sociobiological theory. The force of guided variation tends to increase the frequency of the cultural variants that are favored by learning. Similarly, the force of biased transmission increases the frequency of the variant favored by bias. Ultimately, to explain the direction of each force, we must understand what has shaped the evolution of the direction and magnitude of guided variation and direct bias. We have taken pains to emphasize that the guiding criteria may be inherited culturally and therefore that their evolution may be explained in terms of the forces that affect the frequency of cultural variants. However, if the only forces which shape cultural evolution are guided variation and directly biased transmission, this would seem of little consequence; in the end, the only organizing force in cultural evolution would be natural selection acting on genetically transmitted predispositions, and we would expect that, with the usual caveats, we would be able to predict cultural variation by asking what increases genetic fitness. (Boyd & Richerson, 1985)

Cela n'est pas si évident cependant, et j'aimerais montrer comment on peut arriver à contredire l'hypothèse sociobiologique *sans* sélection culturelle. Autrement dit, j'aimerais montrer que même si les forces liées au contenu des éléments culturels sont importantes, cela n'implique pas qu'ultimement ce soit le niveau génétique qui guide l'évolution culturelle.

Le domaine effectif des modules, bien qu'il soit nécessairement contraint par le niveau génétique, n'est pas uniquement lié à la fitness génétique. Le module de

reconnaissance des visages, par exemple, permet de détecter et de reconnaître les individus. Son domaine propre est constitué des visages humains. Son domaine effectif comprend les masques, les dessins animés, les caricatures, certains nuages, etc. Si les individus d'une population venaient à porter des masques en permanence, on peut imaginer que cela modifierait sensiblement le fonctionnement du module qui s'accommoderait aux nouveaux stimuli. En s'accommodant à la présence des masques, le module influencerait en retour l'évolution de ceux-ci, créant une boucle de rétroaction favorisant l'évolution culturelle. Dans ce cas, les critères qui guideraient l'évolution des masques ne seraient pas liés à la fitness. Le développement des modules psychologiques peut être influencé par des éléments qui font partie exclusivement du domaine effectif des modules et donc qui, *par définition*, ne sont pas liés à la fitness. Les éléments culturels issus de ce domaine peuvent donc être adaptatifs, maladaptatifs ou neutres du point de vue génétique, cela relève *du hasard*.

Examinons un exemple précis et très étudié, la lecture. La lecture est un phénomène culturel récent : les premières formes d'inscriptions dont on soit certain qu'il s'agisse d'écritures (écriture cunéiforme, chinoise, hiéroglyphe, etc.), c'est-à-dire de représentations du langage, datent d'il y a environ 5 000 ans. Les inscriptions antérieures, souvent qualifiées de proto-écriture, comme celles de Vinca, de Jiahu ou de Kish ont encore un statut discuté, mais elles ont toutes moins de 9 000 ans. Il ne fait aucun doute qu'aucune sélection génétique au cours des 10 000 dernières années n'a permis l'évolution de mécanismes psychologiques responsables de l'apprentissage de la lecture.

Pourtant, les systèmes d'écriture et les mécanismes psychologiques liés à la lecture ont été profondément modifiés. Notamment, les mécanismes psychologiques intervenant dans la lecture ont pu être clairement identifiés et étudiés. Il ressort de ces études que lors de l'apprentissage de la lecture une zone particulière du cerveau, spécialisée dans la reconnaissance de formes, est recrutée et se spécialise progressivement dans l'identification des caractères (Dehaene, 2003; Dehaene & Cohen, 2007; Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005). Cette région du cerveau subit donc une réorganisation importante (que Dehaene appelle 'recyclage neuronal') sous l'effet de stimuli culturels et c'est cette réorganisation qui est responsable des difficultés rencontrées pour apprendre à lire.

A partir de ces résultats, nous pouvons décrire le fonctionnement de ce module de la manière suivante. La fonction propre du module qui intervient dans la lecture est la reconnaissance de patterns dans l'environnement et son domaine propre est constitué de petites figures géométriques. Au sein du domaine effectif de ce module se trouvent les caractères dont la présence, associée à la volonté d'apprendre à lire et à écrire, modifie les capacités du module, de telle sorte qu'il devient capable de reconnaître précisément, rapidement, efficacement, les lettres de l'alphabet.

Parallèlement, l'étude de l'évolution des caractères a aussi mis en évidence le fait que ceux-ci évoluent de manière à être plus facilement lus et écrits. Nous avons donc affaire à un système complexe, dans lequel la culture agit comme déterminant du développement des capacités cognitives qui en retour guident l'évolution culturelle.

Dans ce cas on peut très bien imaginer que la sélection culturelle a un rôle limité, que les aspects constructifs des modules jouent un rôle prépondérant dans l'évolution culturelle et que l'évolution de la lecture demeure largement indépendante de l'évolution génétique. On peut imaginer que les formes d'écriture modifient légèrement le module de reconnaissance des formes, que ces modifications induisent une simplification des formes d'écriture qui ensuite conduisent à de nouvelles modifications plus avancées du module, etc. Tout ceci sans mécanisme de sélection des éléments culturels, uniquement par transformation des éléments culturels et modification des mécanismes psychologiques en retour. L'évolution de l'écriture n'est pas aussi simple que cela, certes, mais théoriquement au moins, l'évolution culturelle peut être indépendante de l'évolution génétique sans que la sélection culturelle soit un facteur prépondérant, contrairement à ce qui est généralement admis.

Cette question rejoint celle, plus vaste, du rôle de l'inné et de l'acquis dans le comportement humain. On pourrait penser au premier abord que donner une place centrale aux mécanismes psychologiques dans la détermination de l'évolution culturelle revient à faire pencher la balance du côté de l'inné et ce serait bien le cas si on ne reconnaissait pas la grande plasticité des processus développementaux. En réalité, reconnaître l'importance de la plasticité des modules permet d'apporter des réponses précises concernant le rôle de l'inné et de l'acquis. Dans le cas de l'écriture par exemple, quelle est la part d'inné et d'acquis ?

Le module de reconnaissance des formes est inné, il est probablement universel, présents chez les personnes qui ne savent pas lire et aussi chez d'autres espèces animales. Au contraire, la capacité de lire est acquise, elle repose sur une accommodation du module de reconnaissance des formes à des stimuli culturels qui font partie exclusivement du domaine effectif de celui-ci. Enfin, si l'on prend en compte le fait que la plasticité cérébrale est le produit de la sélection naturelle, la capacité d'apprendre à lire, celle qu'a le module de reconnaissance des formes de s'accommoder, reste à l'intérieur d'un ensemble d'accommodations possibles dont la possibilité même est génétiquement déterminée.

Implicitement, la sociobiologie, comme la théorie de la coévolution gène-culture prennent pour acquis le fait que la psychologie humaine actuelle est en grande partie identique à celle du pléistocène. Or, si cela est largement vrai de la psychologie du nouveau-né, nous avons de bonnes raisons de penser que ce n'est pas le cas de la psychologie de l'homme adulte moderne. Cette dernière est fondamentalement différente de celle des hommes adultes du Pléistocène ou même de celle des hommes adultes d'il y a 10 000 ans, non pas parce que nous avons biologiquement évolué, mais parce que la plasticité des mécanismes développementaux rend possible les interactions entre psychologie et culture. J'ai défendu l'idée que la coévolution *gène-culture* est limitée, je pense que c'est en partie parce que l'interaction entre la *psychologie et la culture* est très puissante. Selon cette hypothèse, les interactions entre la psychologie et la culture rendent autonome l'évolution culturelle et sont compatibles avec une vision massivement modulaire et évoluée du fonctionnement psychologique.

4.1.5 CONCLUSION

Le fonctionnement du cerveau est massivement modulaire. Nous avons vu qu'il existe des modules de reconnaissance des visages, pour l'apprentissage des langues, pour la lecture, pour la catégorisation des couleurs ou des phonèmes et on peut aussi penser qu'il existe des modules propres à la morale (Baumard, 2008; Baumard & Sperber, 2007; Clavier & El-Bez, 2007), à la musique (Hannon & Trainor, 2007; Peretz, 2006), pour le calcul et la géométrie (Dehaene, 1997; Dehaene, Izard, Pica, & Spelke, 2006) ou encore au raisonnement (Mercier, 2009; Mercier & Sperber, 2009). Ces modules sont dynamiques, ils sont le résultat d'un processus de développement

complexe dans lequel les dispositions génétiques interagissent avec l'environnement, notamment culturel (Dehaene & Cohen, 2007; Karmiloff-Smith, 1995).

Dans le cas général, ce sont les contraintes héritées des modules qui orientent l'évolution culturelle. En conséquence, le plus souvent, les régularités interculturelles observées sont liées à l'existence de contraintes psychologiques qui sont antérieures à l'existence des phénomènes culturels qu'elles influencent. L'évolution de nouvelles capacités psychologiques sélectionnées à partir des contraintes imposées par les éléments culturels est probablement rare. Tel est le cas cependant de certains mécanismes d'acquisition du langage, comme ceux qui permettent d'apprendre les phonèmes par exemple. Mais en général on peut penser que la coévolution gène-culture est limitée, tandis que l'interaction psychologie-culture est forte.

Il ressort des différents exemples que nous avons vus que le développement des modules est souvent transformé par les éléments culturels. Ceci est lié à la plasticité des mécanismes psychologiques qui leur permet de s'accommoder aux contraintes imposées par l'environnement culturel. C'est pour cette raison que le fait que l'interaction psychologie-culture soit forte n'implique pas nécessairement un déterminisme génétique important des éléments culturels. Les mécanismes psychologiques peuvent s'accommoder aux éléments culturels appartenant exclusivement au domaine effectif de ceux-ci, qui, par définition, ne sont pas liés à la fitness. Dans ce cas, l'évolution culturelle peut s'effectuer par modifications des modules cognitifs et influence ces modifications en retour, indépendamment de toute influence génétique.

Comment les mécanismes psychologiques influencent-ils l'évolution culturelle ?⁶³ Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, on peut décomposer le travail d'un module en deux aspects : les aspects préservatifs et les aspects constructifs. Si les aspects préservatifs sont les plus importants, l'évolution est essentiellement de type sélectionniste, le cas limite étant l'imitation stricte et une évolution de type répliqueur. Plus les mécanismes constructifs sont importants, plus la dynamique s'éloigne du modèle sélectionniste. Le problème est donc de savoir si les modules psychologiques sont plutôt préservatifs ou plutôt constructifs, tout en sachant que cela dépend des modules bien évidemment.

⁶³ Je tiens à préciser ici encore, que les mécanismes psychologiques ne sont pas les seuls facteurs qui interviennent dans l'évolution culturelle, ni même toujours les plus importants, mais ce sont eux qui vont nous intéresser plus particulièrement ici.

Ma stratégie sera la suivante. Je montrerai que la communication, qui est le mécanisme le plus important de transmission des informations culturelles chez l'homme, est largement constructive. J'en conclurai que même si les propriétés de la communication lui étaient spécifiques, un modèle purement sélectionniste ne pourrait pas rendre compte de l'évolution culturelle en général, car il ne pourrait pas prendre en compte un mécanisme essentiel de la culture humaine. Je pense néanmoins que les propriétés que nous étudierons dans le cadre limité de la communication sont des propriétés générales du fonctionnement cognitif renforçant, si cela s'avérait nécessaire, la conclusion précédente.

4.2 UN MECANISME D'APPRENTISSAGE ORIGINAL : LA COMMUNICATION

La communication joue un rôle crucial dans la culture humaine car elle est le principal moyen par lequel les individus échangent des informations. Bien que, comme nous l'avons vu, ce ne soit pas le seul moyen par lequel les individus peuvent apprendre socialement, elle constitue pour l'homme un moyen d'apprentissage social par excellence. Malgré cette évidence, peu de biologistes qui se sont intéressés à la culture se sont aussi intéressés à la communication humaine et à ses spécificités. Les théories de l'évolution culturelle que nous avons rencontrées jusqu'à présent n'en font pratiquement pas mention. Pourtant, on voit mal comment une théorie générale de la culture et de son évolution pourrait être développée sans prendre en compte le principal mécanisme à l'origine de la transmission de la culture humaine.

L'objet de cette partie sera de mettre en évidence les concepts et les outils de cette vaste littérature qui sont utiles pour comprendre les transformations que subissent les éléments culturels lorsqu'ils sont communiqués. Il s'agit d'illustrer, à l'aide de l'exemple de la communication, comment certains processus modulaires peuvent transformer les éléments culturels et comment ces transformations peuvent expliquer en partie la dynamique évolutionnaire de ces éléments. Après une première partie relativement théorique, qui nous permettra de mieux comprendre comment fonctionne la communication humaine, nous verrons à travers quelques exemples comment les propriétés de la communication humaine permettent de mieux comprendre l'évolution d'éléments culturels. Nous en concluons que les transformations introduites lors des épisodes de communication jouent un rôle essentiel dans l'évolution culturelle et dans une dernière partie nous comparerons l'importance relative de la communication et de l'imitation.

4.2.1 COMMUNICATION INFERENTIELLE ET THEORIE DE LA PERTINENCE

La communication humaine est un mécanisme original, qui diffère radicalement des mécanismes de communication des autres espèces. En effet, la communication animale est souvent décrite à l'aide du modèle de codage-décodage. Selon ce modèle, un animal, l'émetteur, encode la signification de son message dans un signal. Quand une abeille 'danse' au contact d'autres abeilles, elle encode la position d'une source de nourriture dans un signal, en l'occurrence un mouvement, qui est ensuite décodé par les autres abeilles, qui trouvent ainsi la source de nourriture en question. Par exemple, et très grossièrement, si la source de nourriture est éloignée, la direction de la source de nourriture par rapport au nid est encodée dans l'orientation du mouvement en huit que l'abeille décrit (voir à ce propos Riley, Greggers, Smith, Reynolds, & Menzel, 2005; Von Frisch, 1967, 1973)⁶⁴. Le principe du codage-décodage est aussi celui qui gouverne la plupart des instruments de communication. Quand vous passez un coup de téléphone, le son de votre voix est transformé en impulsions électriques à l'aide d'un micro, ces impulsions sont ensuite transmises à un autre téléphone et sont retransformées en signaux acoustiques via un haut-parleur. Dans tous les cas, le modèle du codage-décodage repose sur l'idée que, à la fin du processus, l'émetteur et le receveur possèdent tous deux une copie du message original, le signal n'étant qu'un état transitoire qui permet le transfert du message.

Le cas de la communication humaine est sensiblement différent (Sperber & Wilson, 1986/1995). En effet, dans ce cas l'émetteur n'envoie pas un signal qu'il suffit de décrypter pour retrouver le message qu'il avait l'intention de transmettre. L'émetteur, ou plutôt le communicateur, fournit seulement un indice à l'auditeur et c'est à partir de

⁶⁴ Pour que la communication selon le modèle du codage-décodage évolue, il faut qu'il y ait un alignement des intérêts entre l'émetteur du signal et le receveur. La danse des abeilles fournit un exemple simple de ce modèle dans lequel les intérêts des partenaires sont particulièrement bien alignés, mais il ne s'agit probablement pas du cas général. Van Baalen et Jansen ont étudié la manière dont les signaux évoluaient dans le cas général où les intérêts sont partiellement alignés entre les individus qui communiquent (Jansen & van Baalen, 2006; van Baalen & Jansen, 2003). Ils ont montré que dans ce cas plusieurs signaux évoluent et que ces signaux ne sont pas stables, mais changent au cours du temps. Le modèle du codage-décodage peut donc prendre des formes assez complexes qui ne sont pas abordées en détail ici.

cet indice que l'auditeur doit reconstruire le message que voulait transmettre le communicateur. Par exemple, à la fin d'un repas Cédric demande à Olivia : « Veux-tu du gâteau ? » et Olivia lui répond « Non merci, je me remets à peine des fêtes de Noël. ». Rien dans la phrase de Cédric n'indique à Olivia qu'il lui propose de manger maintenant de ce gâteau-là. Il pourrait s'agir d'un autre gâteau ou d'une proposition pour manger un gâteau après-demain. De même, la réponse d'Olivia ne fournit pas explicitement le rapport entre son refus et la raison pour laquelle elle ne veut pas du gâteau. Cette raison elle-même reste en grande part à inférer : a-t-elle trop mangé pendant les fêtes ? Est-elle tombée malade ? Était-ce les dernières fêtes de Noël ou celles d'avant ? Bien qu'intuitivement nous comprenions immédiatement ce que Cédric et Olivia veulent dire, les sens *possibles* des phrases prononcées sont indéfiniment nombreux. Le modèle du codage-décodage ne peut pas, dans le cas de la communication humaine, expliquer comment les locuteurs font pour parvenir à l'interprétation correcte des phrases.

Les théories de la communication inférentielle proposent une solution à ce problème. Elles reposent sur une distinction entre la signification linguistique de la phrase énoncée et le sens voulu par le locuteur, ce qu'il a « voulu dire ». Le sens linguistique est pris comme un indice de ce qu'il a voulu dire. Autrement dit, les théories inférentielles supposent que les mots et les phrases que le locuteur a prononcés sont un indice de ce qu'il a voulu dire et que l'auditeur utilise cet indice pour tenter de retrouver le sens voulu par le locuteur.

Prenons un autre exemple. Bill est en Australie pour la première fois quand un de ses amis lui dit, 'Bill, regarde !', Bill après quelques instants répond 'Ah oui, je le vois !'. On voit mal comment un modèle de type codage-décodage pourrait expliquer dans le détail ce type d'échange. Littéralement, la phrase 'Bill, regarde !' ne fait aucun sens : si Bill a déjà les yeux ouverts, il regarde déjà. Ce que veut dire le locuteur, et que Bill reconstruit de la phrase qu'il entend, est beaucoup plus riche et serait peut être quelque chose comme 'Bill dépêche-toi de regarder maintenant dans cette direction si tu veux voir quelque chose qui va certainement t'intéresser'. Le modèle inférentiel suggère que cette proposition complexe est reconstruite par Bill grâce à la phrase 'Bill, regarde !' et au contexte dans lequel il se trouve. Sur le modèle du codage-décodage la réponse de Bill ne fait pas beaucoup de sens non plus. 'Ah oui, je le vois !', mais que voit Bill ? Certainement beaucoup de choses, le ciel, un oiseau, un arbre, un kangourou et de

nombreux autres éléments auxquels 'le' pourrait référer. Dans ce cas, comment l'auditeur peut-il déterminer ce à quoi 'le' réfère ? L'ami de Bill comprend certainement qu'il s'agit de la chose dont lui-même parlait à l'instant, mais même cette simple inférence est un enrichissement important : rien dans la phrase de Bill ne permet de déterminer que c'est de cela dont il s'agit plutôt que d'autre chose. L'ami de Bill doit le reconstruire à partir de l'énoncé de Bill et du contexte. Finalement, on remarquera qu'il n'est pas évident que le sens voulu par le locuteur soit correctement reconstruit par l'auditeur. Il n'est pas évident que Bill regarde effectivement ce que son ami avait l'intention de lui montrer.

Le modèle inférentiel ne rejette pas toute forme de codage-décodage, au contraire, il suppose que la communication humaine est en partie basée sur le modèle du codage-décodage. La formation, la prononciation et la reconstitution de la signification linguistique d'une phrase relèvent d'une étape de codage-décodage. Pour comprendre un énoncé linguistique il faut parler la même langue, il faut pouvoir décoder au moins en partie le sens des mots et des phrases. Mais cette signification, aussi riche soit-elle, fonctionne comme un indice. Elle doit être complétée, précisée et enrichie par les auditeurs pour comprendre le sens voulu par le locuteur (Sperber & Wilson, 1986/1995).

La reconstruction du sens voulu peut donc se décomposer en deux grandes étapes. La première consiste à décoder l'énoncé linguistique, c'est une étape essentiellement préservative qui repose sur le partage de conventions linguistiques communes, qui est proche du modèle de codage-décodage. La deuxième étape consiste à inférer, ou reconstruire, le sens voulu par le locuteur. Cette étape est interprétative, constructive, hypothétique et c'est cette deuxième étape qui est essentiellement constructive. Le but de la théorie de la pertinence est d'expliquer cette seconde étape, d'expliquer comment un auditeur arrive à comprendre ce qu'un communicateur a voulu dire à partir de la signification de la phrase énoncée (Wilson et Sperber 2004).

La théorie de la pertinence, qui constitue aujourd'hui la théorie dominante dans le domaine de la pragmatique⁶⁵, repose sur l'idée que lorsqu'un auditeur perçoit une

65 Pour une discussion plus approfondie et pour les développements ultérieurs à 1986 de la théorie de la pertinence voir (Sperber & Wilson, 1986/1995, 2002, In press; D. Wilson & Sperber, 2002, 2004). Pour les résultats expérimentaux voir par exemple (Gibbs & Bryant, 2008; Sperber, Cara, & Girotto, 1995; Sperber & Girotto, 2002, in press; Van der Henst, Carles, & Sperber, 2002) et l'interprétation des expériences réalisées par Gergely et Csibra décrites ci-après.

phrase, cela génère automatiquement une attente de pertinence qui guide l'interprétation par l'auditeur de l'énoncé qu'il a entendu. L'auditeur s'attend à ce que ce qui est en train de lui être communiqué soit pertinent et cette attente suffit à expliquer la façon dont il retrouve le sens voulu par le communicateur.

Intuitivement, la pertinence, pour un individu donnée à un moment donné, d'une information, d'un énoncé, d'un objet, d'un souvenir, dépend des conséquences qu'il est en mesure d'en tirer. Par exemple, apprendre qu'il va y avoir une grève des transports en commun est plus ou moins pertinent en fonction de l'endroit où vous vous trouvez, de votre utilisation de ce type de transport, de votre besoin de vous déplacer, etc. Selon Sperber et Wilson, plus l'effet cognitif pouvant résulter du traitement d'une information est grand, plus la pertinence de cette information est grande (Sperber & Wilson, 1986/1995). Par exemple, la même information, 'regarde le crocodile', est plus pertinente si vous êtes en train de nager dans une rivière potentiellement infestée de crocodiles que si vous êtes au Zoo derrière une barrière. D'autre part, plus l'effort à fournir pour produire cet effet cognitif est grand, plus la pertinence est faible. Par exemple, comprendre 'regarde ce reptile aquatique de l'ordre des crocodyliens', demande plus d'effort que 'regarde ce crocodile', et, à moins que la description 'reptile aquatique de l'ordre des crocodyliens' n'entraîne dans le contexte des effets compensant cet effort, la tournure plus coûteuse sera moins pertinente. La pertinence d'un élément dépend donc du rapport qui existe entre l'effet obtenu et l'effort nécessaire pour arriver à cet effet :

Relevance of an input to an individual

a. Other things being equal, the greater the positive cognitive effects achieved by processing an input, the greater the relevance of the input to the individual at that time.

b. Other things being equal, the greater the processing effort expended, the lower the relevance of the input to the individual at that time. (D. Wilson & Sperber, 2004)

Il n'est pas nécessaire que les individus soient capables de se représenter, consciemment ou non, la mesure de l'effet et de l'effort cognitif. La cognition humaine peut tendre à une maximisation de la pertinence par un effet de l'architecture même des systèmes cognitifs humains, tels qu'ils résultent de l'évolution biologique :

As a result of constant selection pressure towards increasing efficiency, the human cognitive system has developed in such a way that our perceptual mechanisms tend

automatically to pick out potentially relevant stimuli, our memory retrieval mechanisms tend automatically to activate potentially relevant assumptions, and our inferential mechanisms tend spontaneously to process them in the most productive way. (D. Wilson & Sperber, 2004)

La théorie de la pertinence fait donc l'hypothèse qu'à chaque instant un individu, en tendant à maximiser l'efficacité avec laquelle il utilise ses processus cognitifs, traite les éléments qui sont les plus pertinents pour lui dans le contexte où il se trouve. Sperber et Wilson résument cette propriété à travers le premier principe, ou principe cognitif de pertinence :

Cognitive Principle of Relevance

Human cognition tends to be geared to the maximisation of relevance. (Sperber & Wilson, 1986/1995)

Le fait que la cognition en général, et la communication en particulier, tende à maximiser la pertinence suggère une méthode par laquelle l'auditeur peut reconstruire le sens voulu par le locuteur.

Lors d'un acte de communication, parlé par exemple, le locuteur sollicite l'attention de ses auditeurs, par ce seul fait il indique qu'il pense que le contenu de ce qui va être communiqué est suffisamment pertinent pour mériter cette attention. Autrement dit, le communicateur communique que sa communication est pertinente (ce qui peut être vrai ou faux), et le destinataire comprend d'emblée cet élément de ce que le communicateur communique. Selon la théorie de la pertinence, c'est cette attente de pertinence qui guide l'interprétation de l'auditeur. L'auditeur décode le sens explicite de ce qui lui a été communiqué et l'enrichit progressivement, en faisant le moins d'effort possible, jusqu'à ce que le niveau de pertinence attendu soit atteint.

The hearer should take the linguistically encoded sentence meaning; following a path of least effort, he should enrich it at the explicit level and complement it at the implicit level until the resulting interpretation meets his expectation of relevance:

Relevance-theoretic comprehension procedure

a. Follow a path of least effort in computing cognitive effects: Test interpretive hypotheses (disambiguations, reference resolutions, implicatures, etc.) in order of accessibility.

b. Stop when your expectations of relevance are satisfied. (Sperber & Wilson, 1986/1995)

Récapitulons. Tous ces événements sont synchrones, mais il peut être utile de les séparer en différentes étapes pour plus de clarté. Etape 1 : le locuteur pense (pas nécessairement consciemment), qu'il possède des informations qui sont pertinentes pour des auditeurs (qui vont donc avoir un effet cognitif qui surpasse le coût de traiter l'information). Etape 2 : il attire leur attention (parler est suffisant pour attirer l'attention) et de ce fait leur communique le fait qu'il pense que ce qu'il va dire est pertinent pour eux. Etape 3 : les auditeurs comprennent cela et attendent que les propos atteignent un certain niveau de pertinence (celui qui leur a été communiqué). Etape 4 : le locuteur encode un indice de ce qu'il veut dire dans un signal (verbal par exemple). Etape 5 : les locuteurs décodent le signal et retrouvent l'indice (compréhension verbale par exemple). Etape 6 : les locuteurs utilisent leur attente de pertinence pour reconstruire à partir de l'indice trouvé et du contexte, ce que le locuteur a voulu dire. Etape 7 : les locuteurs tirent les conséquences de l'information qu'ils viennent de reconstruire.

Ce cheminement implique des étapes préservatives et des étapes constructives. Tout d'abord, remarquons que dans toute communication linguistique il y a une part de préservation. Si le message est correctement encodé puis décodé (étape 4 et 5), le locuteur et les auditeurs se trouvent en possession d'une structure sémantique identique. Si cette structure sémantique constituait à elle seule le message, si la communication s'arrêtait là, la communication serait essentiellement préservative, de la même manière que les abeilles se retrouvent en possession de copies de la direction de la source de nourriture.

Ensuite, il faut insister sur le fait que l'étape d'enrichissement pragmatique, l'étape qui permet de retrouver le sens voulu par le locuteur à partir de l'indice fourni par l'énoncé (étape 6), est une étape de reconstruction. Les auditeurs doivent utiliser leurs connaissances générales, le contexte dans lequel ils se trouvent, leurs connaissances du locuteur, leurs anticipations de pertinence pour reconstruire le sens voulu par le locuteur. De la même manière, dans la production de la parole, la tâche du locuteur n'est pas d'encoder le sens voulu mais de produire un énoncé linguistique qui permette à l'auditeur, guidé par les attentes de pertinence suscitées par l'énoncé lui-même, d'inférer le sens voulu (Étape 4). Ces deux étapes dépassent le cadre du modèle de codage-décodage et introduisent une certaine flexibilité vis-à-vis de ce qui est effectivement transmis, mais malgré cela dans de nombreux cas le sens voulu par le

locuteur est assez proche de celui inféré par les auditeurs (nous verrons une exception ci-après avec l'exemple du mvèt). Si vous comprenez ce que l'autre a voulu dire, c'est que vous avez correctement reconstruit ce qu'il voulait vous communiquer.

Finalement, deux étapes de transformation importantes de l'information ont lieu durant la communication. Du côté du locuteur, trouver les informations pertinentes et les énoncer de manière appropriée pour un auditeur donné, à un instant donné, requiert un certain travail cognitif sur ces informations. Un adulte par exemple va adapter son propos en fonction qu'il raconte un événement à un autre adulte ou à un enfant. Les propos vont être différents même si le sens voulu par le locuteur peut être identique. Le locuteur transforme son propos de manière à le rendre optimalement pertinent pour la personne à laquelle il s'adresse, donc produire l'énoncé qui convient relève aussi d'une construction cognitive. Du côté de l'auditeur, un sens voulu donné va avoir des conséquences qui vont varier en fonction des individus et de leurs dispositions. Par exemple, une conférence sur le réchauffement climatique aura des conséquences différentes pour un journaliste ou un climatologue. Les personnes mémoriseront différemment les propos de la conférence et les conséquences qui en seront tirées seront différentes dans les deux cas.

La théorie de la pertinence met donc en évidence l'importance du contexte dans la communication humaine : dans le cas général chaque acte de communication est unique, chaque inférence, chaque information transmise est unique car tous ces processus dépendent très fortement du contexte dans lequel ils sont réalisées (qui, quoi, où, comment, avec quels antécédents...). Les individus transforment les informations qu'ils transmettent, ils les adaptent à leurs auditeurs, en tirent des conséquences différentes en fonction de la situation, etc.

Bien sûr, la communication ne concerne pas exclusivement ni même principalement les éléments culturels, les individus communiquent un ensemble d'informations dont une fraction seulement est, ou va devenir, culturelle. Le fait qu'un de vos amis se marie, que vous ayez attrapé la grippe, que vos amis vous rendent visite... ne sont pas des éléments fortement culturels, même s'ils peuvent comporter une dimension culturelle. Cette dimension culturelle est bien plus forte dans le cas du mariage d'une célébrité, d'information sur une épidémie de grippe couverte pas la presse, ou des résultats du championnat national de football. Dans les deux cas les mêmes principes régissent la communication entre les individus et nous allons voir

comment la théorie de la pertinence permet d'expliquer en partie d'où provient la différence entre les éléments qui ne sont que marginalement culturels et ceux qui le sont de façon bien plus caractéristique.

4.2.2 LA COMMUNICATION DES ELEMENTS CULTURELS

La communication des éléments fortement culturels ne fait pas intervenir de mécanismes originaux, différents de ceux qui sont employés dans la transmission d'éléments peu culturels. Ce sont les mêmes mécanismes qui interviennent lorsque vous racontez comment se sont déroulées vos dernières vacances et lorsque vous racontez à votre enfant l'histoire des trois petits cochons. Cependant, dans un cas le contenu de ce que vous êtes en train de communiquer ne deviendra jamais fortement culturel, il ne se propagera pas dans la population, ne sera pas transmis de génération en génération, alors que dans le cas des trois petits cochons, l'histoire que vous racontez est issue d'une longue chaîne de transmission impliquant des millions d'individus sur des dizaines de générations avec des versions plus ou moins semblables de la même histoire.

On pourrait penser qu'une différence entre les éléments fortement culturels et les éléments peu culturels vient de la part de la préservation et de la construction dans la communication. Après tout, si vous racontez vos dernières vacances à vos amis, vous créez pour l'occasion un discours particulier. Au contraire, si vous racontez à vos enfants l'histoire des trois petits cochons, vous répétez une histoire que vous avez déjà entendue par ailleurs et dont vous préservez une grande partie du contenu. Mais le contraste est moins fort qu'il n'y paraît. Dans les deux cas vous avez une information en tête : le souvenir de vos vacances ou le souvenir de l'histoire des trois petits cochons (de son contenu sémantique, et rarement du texte de l'histoire lui-même). Dans les deux cas il vous faut formuler un récit construit à partir de ce souvenir. Vous sélectionnez les éléments pertinents de l'histoire et vous les présentez d'une façon appropriée à vos auditeurs. Le récit que vous faites de l'histoire des trois petits cochons n'est qu'une version, inspirée par d'autres récits que vous avez entendus ou lus, certes, mais surtout construite pour l'occasion, dans un certain contexte.

Une des raisons qui explique la différence entre l'aspect fortement culturel de l'histoire des trois petits cochons et l'aspect peu culturel de l'histoire de vos dernières vacances, est leur différence de pertinence. Tous les éléments culturels sont pertinents

dans une variété de situations à travers une population. Cela découle directement de ce que nous venons de voir sur la communication. La pertinence est une condition *nécessaire et presque suffisante pour qu'un élément soit transmis* entre les individus. L'histoire de vos dernières vacances est pertinente pour vos proches, mais sa diffusion s'arrête là. L'histoire des trois petits cochons, si elle a été transmise à travers des milliers d'épisodes de communication, a été suffisamment pertinente pour des milliers d'individus dans des milliers de contextes différents. Donc une *condition nécessaire* pour qu'un élément devienne ou reste culturel, est qu'il soit pertinent de façon durable dans une population. D'autre part, comme nous l'avons vu, les locuteurs communiquent volontiers les informations qui leur paraissent être les plus pertinentes pour leurs auditeurs, donc la pertinence élevée est une condition particulièrement favorable pour qu'une information soit communiquée.

En même temps, nous avons vu que les locuteurs modifient l'information qu'ils veulent transmettre de manière à la rendre optimalement pertinente. Suivant la direction que prennent ces modifications, l'information peut devenir pertinente pour moins de personnes ou au contraire devenir pertinente pour plus d'individus. A titre d'illustration, on m'a raconté l'histoire suivante à propos des achats de voiture en Allemagne. Les voitures allemandes sont généralement moins chères que les françaises, et certains Français vont en Allemagne pour acheter leur voiture et la ramènent ensuite en France. Pour assurer le véhicule pendant le trajet, les acheteurs sont obligés d'acquérir une assurance spéciale, avec un numéro d'immatriculation transitoire qui doit être inscrit sur une plaque d'immatriculation rouge (voir Figure 35).



Figure 35 : Plaques d'immatriculations. Allemande (A), de transit de l'Allemagne vers la France (B) et Française (C).

L'histoire que l'on m'a racontée est la suivante :

Un Français s'est fait arrêter 18 fois en un week-end quand il est revenu en France avec une voiture achetée en Allemagne, parce-que ses plaques d'immatriculation étaient rouges !

La question que l'on peut se poser est : pourquoi 18 ? D'abord remarquons que le fait qu'il s'agisse ou non du nombre exact de fois n'a pas grande importance. Le locuteur aurait pu arrondir à 15, ou 20 fois le nombre d'arrestations comme on arrondit à l'heure ou la demi-heure⁶⁶. Au contraire, le locuteur a choisi d'énoncer un nombre précis, et selon la théorie de la pertinence, cela augmente l'effort associé au traitement de la phrase. L'auditeur attend donc un niveau de pertinence plus élevé, un effet cognitif plus fort, que si le locuteur avait arrondi le chiffre. Cette attente se voit satisfaite par une augmentation de la crédibilité du locuteur : l'auditeur fait l'hypothèse que si le locuteur a donné un chiffre précis, c'est parce qu'il se souvient exactement du nombre de fois que la personne a été arrêtée, donc qu'il peut être cru sur parole.

La personne qui m'a raconté cette histoire la tenait d'une autre personne, qui la tenait elle-même d'une autre personne, et même si l'histoire est tirée d'un fait réel, ce dont on peut douter, il est très peu probable que le nombre d'arrestations ait été 18 exactement. Les motivations qui poussent les locuteurs à énoncer un chiffre précis n'ont, dans ce cas, qu'un rapport lointain avec la réalité. Au mieux la trace que laisse cette histoire dans la mémoire est de l'ordre de 'beaucoup de fois' ou 'une vingtaine de fois'. Ce sont des considérations de pertinence qui poussent les locuteurs à annoncer un chiffre très précis, pour augmenter la crédibilité de leur histoire.

On pourrait donc suivre, d'événement en événement, le long des chaînes causales, comment varie ce nombre d'arrestations et on observerait probablement la figure suivante (voir Figure 36).

⁶⁶ A ce sujet voir les travaux de (Van der Henst, et al., 2002).

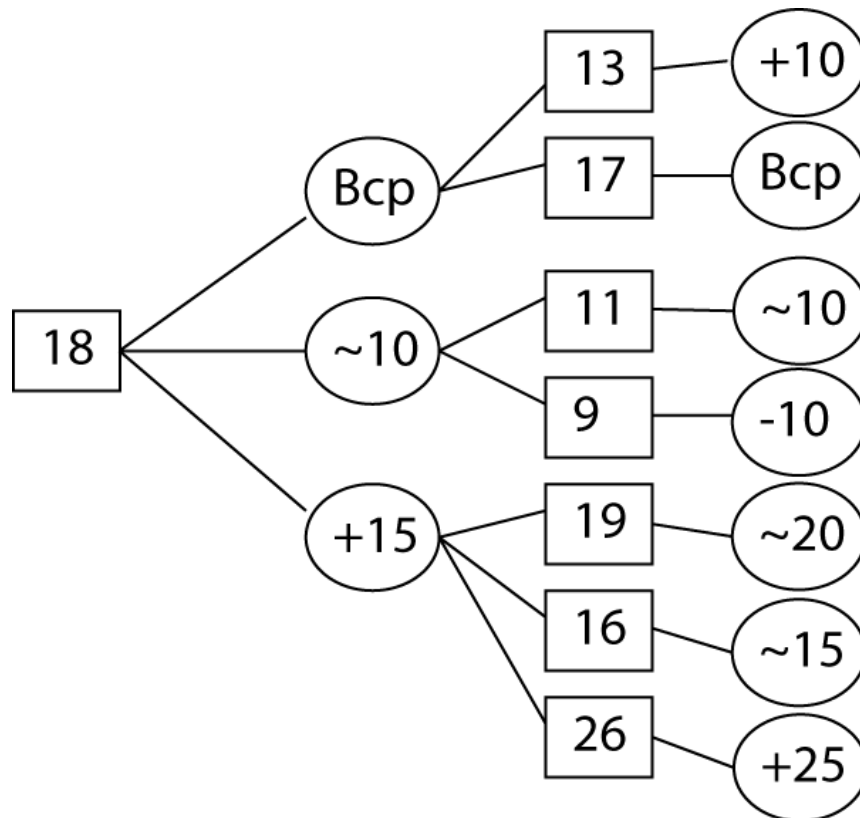


Figure 36 : Chaînes causales représentant le nombre d'arrestations. Dans les rectangles sont représentés les productions publiques, ici le nombre d'arrestations énoncé. Dans les ronds sont représentées les représentations mentales du nombre d'arrestations (Bcp équivaut à Beaucoup, + veut dire plus de, - moins de et ~ environ).

Les productions publiques très précises comme 18, donnent lieu à des représentations mentales approximatives comme 'beaucoup', qui elles-mêmes donnent parfois naissance à des productions précises, et ainsi de suite.

Malgré les nombreuses variations introduites lors des épisodes de transmission, les histoires conservent une certaine ressemblance et peuvent être identifiées comme descendant les unes des autres. Le niveau de pertinence est ajusté dans chaque cas, et garantit le succès de l'histoire et sa propagation. Au niveau de la population, la distribution du nombre d'arrestation pourrait avoir des pics au niveau des nombres les plus pertinents pour un grand nombre de personnes (voir Figure 37).

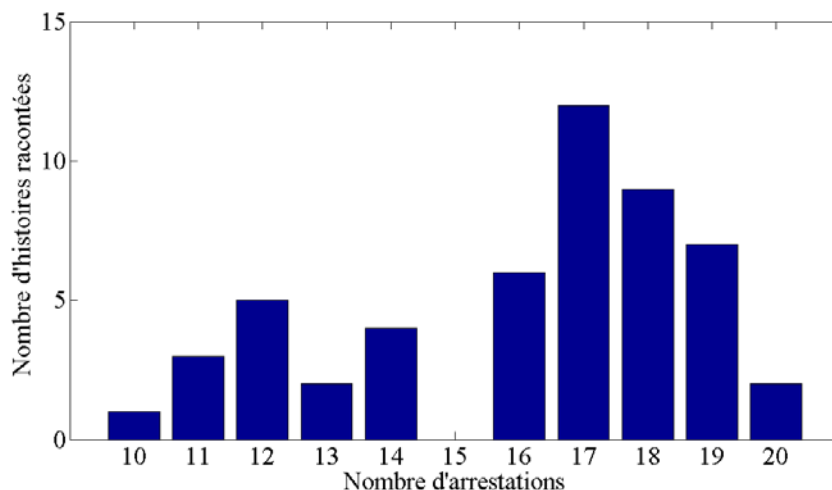


Figure 37 : Distribution hypothétique du nombre d'arrestations le long des chaînes causales. On remarque la présence de pics au niveau des nombres les plus pertinents comme 17 et 18, avec des dépressions au niveau des nombres arrondis comme 10, 15 et 20.

Cet exemple, particulièrement simple, fournit un cadre général de la méthode qui est proposée ici pour l'étude des phénomènes culturels en général. Expliquer comment un élément devient et reste culturel revient à montrer comment cet élément est construit, tronqué, reconstruit, détruit, lors des épisodes de transmission. Les considérations de pertinence jouent un rôle particulièrement important car c'est souvent à travers les épisodes de communication que les éléments culturels sont transmis. Comprendre comment les éléments culturels peuvent être pertinents, pour qui et dans quelles conditions, constitue le cœur de l'approche proposée. Cette compréhension permet ensuite d'étudier les conséquences à long terme, à travers de nombreux épisodes de transmission, des propriétés des micros-interactions individuelles.

Pour montrer comment cette approche peut s'appliquer aux cas ethnographiques plus complexes, je prendrai l'exemple du mvët Ekang des Fangs du Gabon, étudié par Pascal Boyer (voir aussi Alexandre, 1974; Boyer, 1988). Cet exemple n'est pas particulièrement singulier et donne une idée de la complexité des données ethnographiques et de leur interprétation.

Le mvët Ekang est une tradition Fang qui consiste à rassembler tout le village pour écouter une épopée jouée par un barde (utilisant le mvët comme instrument de musique, voir Figure 38).



Figure 38 : Le mvêt, instrument de musique servant au barde lors des nuits de mvêt (© R. Raine-Reusch, May 2002, <http://www.asza.com/imvet.shtml>).

Le barde, joueur de mvêt, mélange deux styles très différents. D'une part, il raconte une épopée proprement dite, faisant intervenir des héros imaginaires, des boules de métal en fusion, des armes magiques, des fantômes, etc. D'autre part, l'épopée est interrompue par des passages "autobiographiques" dans lesquels le barde raconte son initiation, sa vie de chanteur de mvêt, etc. Ce qui est très surprenant dans le mvêt, c'est la complexité des histoires racontées. Celles-ci impliquent un enchevêtrement complexe d'histoires entre des mondes parallèles, de cercles emboîtés et des assertions contradictoires d'un point de vue littéral.

Au cours d'une séance d'épopée assez mouvementée, dont j'évoquerai d'autres détails plus loin, le barde Ata Obut relate le périple d'Ondo Bibang, héros de la tribu Oküi (les Mortels) qui désire se forger une lance magique poursuivant les ennemis dans les détours de leur fuite. Mais la fabrication de l'arme prodigieuse comporte mille difficultés. On ne peut trouver sur terre le forgeron capable d'un tel travail (aussi bien ira-t-on le chercher dans un autre monde) ; en outre, il manque à Ondo Bibang un ingrédient indispensable à la fonte, un miel spécial qui constitue «le médicament pour la lance» (byang akon). On ne trouve ce miel qu'à Engong, au pays des Immortels, dans la poitrine du géant Akoma Mba, où des abeilles de fer ont construit des rayons noirs et brillants comme le métal. Pour recueillir le miel, Ondo Bibang recourt aux grands moyens et, profitant du sommeil d'Akoma Mba, lui plante sans façon un plein tronc d'adzap entre deux côtes.

Mais Ata Obut s'arrête là, évoque la dureté de sa vie errante et son destin amer de «jongleur» toujours écouté avidement, mais traité ensuite avec condescendance; c'est ensuite l'habituelle plainte à propos des mille regards d'amoureuses qui l'assaillent. Comme la litote n'est pas son fort, Ata Obut se lance dans une manière d'« air du catalogue» que l'auditoire ne tarde pas à interrompre, par impatience de connaître la suite du récit, par crainte aussi de ces révélations gênantes qui amènent toujours des complications. Le poète, un peu vexé, s'adresse à ses censeurs tellement intéressés par Akoma Mba, qui doivent donc bien savoir où l'on en est de ses aventures ; à quoi plusieurs voix répondent que le géant a un tronc d'adzap fiché dans le flanc, qu'on aimerait savoir ce

qu'il va en faire. Ata Obut, supérieurement ironique, les interroge alors en ces termes :
 «Vous dites qu'il y a un trou et un adzap? Vous, les Fang, vous ne savez pas ce qui peut sortir du trou d'un adzap ? Tous les enfants le savent, même ce Blanc là le sait ! »

Un mot d'explication : tout le monde connaît en effet le mythe de l'installation des Fang dans leur actuel territoire : après avoir traversé le grand fleuve (yôm) ils sont passés par un trou creusé dans la base du tronc d'un adzap pour se disperser ensuite dans la forêt, vers le sud et l'ouest. Mais nul dans le public ne voit ce que cet adzap-là vient faire dans le mvêt; pourtant Ata Obut insiste, pose à nouveau la question dont tout le monde connaît le sens mais personne ne comprend la pertinence. Aussi les répliques sont-elles un peu hésitantes. Le poète se permet quelques incidentes sur le plaisir de chanter le mvêt devant pareille bande d'ignorants : autant vaudrait se produire chez les chimpanzés; on pourrait au moins en tuer quelques-uns et rapporter de la viande à la maison. Mais le public s'échauffe, certains protestent qu'on se moque d'eux, ce qu'ils veulent, c'est simplement l'histoire du mvêt (nlan mvêt), d'autres protestent un peu plus fort pour exhorter les premiers au silence, et Ata Obut contemple avec satisfaction la petite confusion qui s'ensuit. C'est seulement devant les prières unanimes qu'il consent à reprendre son récit.

Alors, tout change ; nous voilà revenus en arrière, au moment où Ondo Bibang s'approche d'Akoma Mba, mais le géant est cette fois-ci tout à fait éveillé et prêt à défendre son corps, sa ruche et le miel. Dans les combats qui s'ensuivent, il n'est plus question d'adzap pour le piquer au flanc, et l'auditoire, charmé par de nouveaux prodiges, ne s'en soucie plus... (Boyer, 1988)

Cette complexité du récit se poursuit dans la vie des chanteurs à travers leur mode de vie, leur manière de parler, etc. Boyer raconte par exemple comment Ata Obut se comporte hors des soirées de mvêt :

Reçu avec moi chez de lointains beaux-parents, il feint l'ivresse après quelques verres de haa (alcool de canne) et entreprend pour moi, mais à l'attention des autres, un récit de sa vie «pour les papiers du gouvernement» (pour mes carnets d'ethnographe). Son récit est plein d'incohérences et d'épisodes incompréhensibles, auxquels bien sûr je reviens plusieurs fois dans mes questions, demandant des éclaircissements, ce qui semble l'amuser beaucoup comme une preuve de la présomption de cet «enfant tout petit» qui veut voir «la parenté des choses», et il me renvoie finalement à ses beaux-parents, «qui ont tout compris », qui en fait, comme on l'imagine, n'y comprennent rien. (Boyer, 1988)

Le discours du barde, semble, au premier abord, contredire tout les principes de pertinence que nous venons de décrire. Le discours comporte des contradictions, plusieurs niveaux d'imbrication et il est tellement complexe que personne n'en comprend la signification. La compréhension du discours du barde semble requérir des efforts colossaux pour obtenir un effet cognitif limité, donc avoir une pertinence minimale. Pour comprendre comment les nuits de mvêt ont pu devenir un élément de la

culture Fang, il faut se pencher sur le niveau de pertinence attendu par les auditeurs du barde.

Trois éléments au moins contribuent à augmenter le niveau de pertinence attendu par les auditeurs. D'une part, le barde a reçu une initiation particulièrement longue qui le rend spécialiste du monde des esprits et des liens qu'ils entretiennent avec les vivants. En tant que spécialiste il sait des choses que le commun des mortels ignore mais que tous aimeraient connaître. D'autre part, les bardes entretiennent des rumeurs et des croyances à leurs égards qui attisent l'intérêt de leurs auditeurs :

La rumeur court plus vite que le mvët, l'épopée fait l'objet de tellement d'appréciations et d'anticipations que l'amateur d'épopée en apprend bien davantage par le commentaire que par l'audition directe. On prendrait donc simplement le monde Fang à l'envers si l'on supposait qu'à l'instar de nos usages littéraires le texte y est censé précéder l'exégèse. Ces mille bruits, plus ou moins fantaisistes, le barde lui-même les entretient, leur donne forme ou les confirme implicitement; il feint de maîtriser la rumeur et y parvient quelquefois... C'est pourquoi, répétons-le, la rumeur se propage bien plus vite que les récits, dont elle fournit à l'avance le cadre et les conditions d'intelligence. (Boyer, 1988)

Les auditeurs du mvët attendent donc du barde qu'il dévoile à travers son discours des éléments de compréhension du monde, et il le fait à travers un mélange de fiction et de réalité :

Pourtant ce mélange de biographie et de fiction est parfois difficile à démêler. Le poète détaille le cheminement des héros et des géants dans un univers improbable aux arcs-en-ciel dédoublés ou aux nuages souterrains. Puis il évoque son propre passage chez les fantômes, dans des forêts étranges sans doute mais supposées réelles. Ces deux paysages, il parvient peu à peu à les mêler dans l'esprit des auditeurs et surprend le public en tirant de ce mélange des conclusions surprenantes : à ces moments-là, on peut vraiment distinguer «ceux qui entendent» de ceux qui écoutent «comme des chiens ». Ceux qui entendent trouvent à ces intrusions de l'épopée dans l'initiation et du chanteur dans les villages chantés la même séduction qu'aux énigmes dont la réponse «évidente» est rien moins que satisfaisante; les autres y éprouvent le même agacement qu'à un casse-tête, c'est-à-dire à une sorte de piège mental. (Boyer, 1988)

Tous les auditeurs savent que le barde dévoile ses connaissances à travers son discours, mais personne n'en détient l'interprétation exacte. Boyer décrit cela à l'aide de cercles concentriques (voir Figure 39)

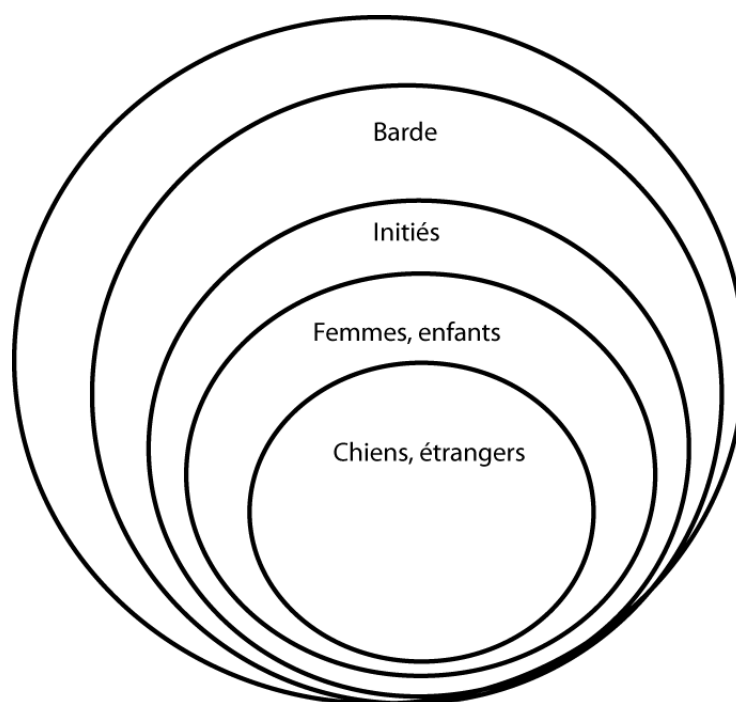


Figure 39 : Les cercles d'exclusion concentriques proposés par Boyer. Au centre, chiens et étrangers peuvent entendre le mvèt, mais pas le comprendre. Femmes et enfants peuvent en comprendre une infime partie car ils n'ont pas été initiés. Les initiés et enfin le barde sont censés comprendre la subtilité du récit. Mais la compréhension totale de ce qui est dit est impossible, même par le barde, car c'est le mvèt qui s'exprime à travers lui. (d'après Boyer, 1988)

Les cercles d'exclusion représentent le fait que plus les individus sont initiés, plus ils peuvent comprendre les subtilités, les allusions, les métaphores du discours. Le barde lui-même s'exclue de la compréhension de la totalité du discours en insistant sur le fait qu'il n'est qu'un orateur manipulé par le mvèt, qui s'exprime à travers lui :

Owona Apollinaire, à un auditeur étonné de ce qu'il chantât le mvèt pour moi qui n'entendais pas la langue ewondo, répondit simplement que « même les chiens entendent le mvèt », transformant pour la circonstance l'expression familière « être comme un chien qui entend le mvèt », c'est-à-dire rester stupidement hébété. L'adaptation du dicton introduit assez bien ce qu'est la compréhension de l'épopée. Tout le monde peut entendre le mvèt, bien sûr, mais enfin, au village, la plupart des femmes et des petits enfants sont réputés assez ignorants de ces manipulations symboliques. Restent donc les hommes, qui tous devraient en saisir l'essentiel, mais pour la plupart ils sont de simples gens (zêzê bot) ignorants du monde de la nuit comme de celui des fantômes évoqué si souvent dans l'épopée. Restent les initiés, les gens « au double regard », « ceux qui voient la ressemblance cachée des choses », mais ceux-là non plus, même compétents, ne peuvent

parvenir à la complète intelligence du récit, me dit-on, puisqu'ils n'ont pas « mangé le mvèt », participé à l'initiation spécifique des chanteurs d'épopée. Au centre de ces exclusions concentriques, abondamment justifiées dans le discours et les commentaires des bardes, il ne resterait, pour tout auditeur vraiment compétent, que le chanteur lui-même... mais comme, une fois la ruse si bien mise à contribution, il est difficile de s'arrêter en chemin, les bardes ont soin de se récuser eux-mêmes en excipant du caractère involontaire, automatique en quelque sorte, de la récitation épique. (Boyer, 1988)

Chaque auditeur peut ainsi comprendre une partie du récit, tout en essayant d'appréhender les allusions et les références aux domaines dont il n'est pas spécialiste.

Les auditeurs, sachant que le barde est un spécialiste, ayant entendu les nombreuses rumeurs qui courent à son sujet et sachant par ailleurs que son discours détient des informations subtiles que seules des personnes plus compétentes sont capable de décrypter, s'attendent à ce que le discours soit très pertinent. Dans l'éventualité où ils ne comprendraient pas une métaphore, une allusion ou une contradiction, ils supposent que cela les dépasse, que la bonne interprétation existe mais se trouve hors de leur portée. Boyer note :

Autrement dit, les messages auxquels on ne peut attribuer d'interprétation précise sont appréhendés en imaginant la source d'où ils pourraient provenir. (Boyer, 1988)

Et les bardes confirment :

Le critère du bon mvèt est simple, selon Owona Apollinaire : les auditeurs, qu'on a laissés dans le cours d'une histoire sans vouloir leur en donner la conclusion, devraient, même un mois plus tard, y être encore empêtrés sans arriver à ne plus y penser, sans parvenir non plus à trouver une solution ; qu'ils soient pris ainsi dans le filet des complications paradoxales, c'est le signe d'une opération bien menée. (Boyer, 1988)

Ce que Boyer appelle des pièges à pensées.

Autrement dit, la présomption de pertinence des auditeurs est tellement élevée, ils sont tellement certains qu'il existe une interprétation intéressante du récit qu'ils ont entendu, qu'ils développent un effort considérable pour chercher une interprétation qui satisfasse leur présomption de pertinence. Un exemple d'une telle contradiction nous est donné par Boyer :

Lorsque Ata Obut a reçu le mvèt des fantômes, il en a reçu également une liste d'interdits (eki), dont celui-ci : il ne doit plus jamais uriner dans un elik [un elik est un village abandonné]. Lorsqu'on se promène en forêt, on peut ordinairement uriner n'importe où : clairières, plantations, elik, fourrés, rivières, etc.; mais uriner dans un village est considéré

comme l'indice d'une grossièreté scandaleuse ou comme une injure délibérée. Interdire à Ata Obut d'uriner dans un elik, c'est donc le forcer à ne plus considérer cet endroit comme un elik, partie de la forêt, mais à prendre au sérieux sa qualité de village habité (qu'on ne doit pas souiller) par des êtres spéciaux (qu'il ne faut pas insulter). En ce sens, Ata Obut est contraint de transformer ce qui pouvait être une ambiguïté (un espace à la fois forestier et villageois) en paradoxe : un espace ouvertement traité comme un village parce que ce n'est pas un village habité (au sens ordinaire). De ce fait, l'interdit d'Ata Obut attire moins l'attention sur les villages abandonnés que sur sa propre position, de personne qui cumule dans sa conduite deux rôles incompatibles : celui du villageois ordinaire qui sait bien (cela relève du sens commun) que ces «villages» n'ont pas d'habitants, et celui d'un intime du monde des fantômes, sachant distinguer les endroits qu'ils habitent (les elik) de la forêt sauvage. (Boyer, 1988)

L'interdit d'Ata Obut montre clairement comment une contradiction apparente peut être interprétée favorablement dès lors que l'on fait l'hypothèse que cette contradiction est suffisamment pertinente pour mériter un certain effort de réflexion.

La théorie de la pertinence nous permet de mieux discerner les facteurs principaux qui font des nuits de mvèt un événement culturel. Les rumeurs qu'ont entendu les villageois à propos du barde et l'observation de son comportement, associées à la connaissance de son expertise, augmentent leur présomption de pertinence vis-à-vis du discours du barde et les incitent à organiser une séance de mvèt. Cette attente de pertinence pousse les auditeurs à prêter attention et à faire des efforts importants pour comprendre le discours compliqué que le barde leur soumet. La complexité du discours répond à l'attente des auditeurs et en même temps garantit que ceux-ci seront sensibles aux rumeurs et aux comportements des bardes.

Dans le cas du mvèt, on remarquera que le discours du barde est pertinent pour tout le monde, mais de façon différente pour chacun. Le discours du barde est volontairement ambigu pour que chacun y trouve son compte, mais chacun à sa façon, en fonction de son niveau d'expertise. Cela constitue une première manière d'atteindre une certaine stabilité culturelle et d'autres éléments culturels ambigus ont cette propriété. Les interprétations de la Bible, ou des textes de Nostradamus, sont assez célèbres pour cela. Mais il n'est pas nécessaire que les éléments soient ambigus pour qu'ils soient pertinents pour beaucoup de personnes. Certaines nouvelles, comme celle que le prix du pétrole a augmenté, ne sont pas ambiguës, leur interprétation est claire, mais elles peuvent donner lieu à des effets cognitifs très variables en fonction des individus. Les conséquences qui sont tirées de cette nouvelle sont différentes, mais dans tous les cas

importantes, pour la personne qui utilise sa voiture, pour celle qui a des placements boursiers, celle qui fait du commerce, etc. L'aspect culturel de l'information vient dans ce cas des nombreuses conséquences qui peuvent être tirées par chaque individu.

Dans d'autres cas encore, l'information peut être pertinente pour tout le monde de la même façon. C'est le cas par exemple des rumeurs de vol de sexe qui touchent l'Afrique subsaharienne et qui ont été étudiées par Julien Bonhomme (Bonhomme, A paraître). Bonhomme remarque la présence régulière de rumeurs de vol de sexe depuis les années 1975 qui se propagent à toute l'Afrique subsaharienne (voir Figure 40).



Figure 40 : Rumeurs de vol de sexe en Afrique subsaharienne depuis 1975 et jusqu'à 2005. (reproduit de Bonhomme, A paraître)

Selon Bonhomme, ces rumeurs sont très semblables les unes aux autres, quels que soient le pays et l'époque considérés, et elles ont toutes pour origine des accusations de vols de sexe. Ces accusations relèvent du schéma général suivant :

Tout commence par un contact entre deux inconnus dans un lieu public, le plus souvent un frôlement fortuit ou une banale poignée de main. Celui qui est touché ressent alors comme un choc électrique au niveau du bas-ventre. Cela s'accompagne d'une sensation de disparition ou bien simplement de rétrécissement des organes génitaux (respectivement dans environ deux tiers contre un tiers des cas). Il y a en réalité de nombreux glissements ou hésitations entre les deux versions du phénomène, y compris dans les témoignages des victimes. On parle ainsi généralement de « voleurs de sexe », mais aussi parfois de « rétrécisseurs de sexe » (notamment au Sénégal et au Mali) – et parallèlement de « *penis snatchers* » ou de « *penis shrinkers* » dans les pays anglophones. La victime alerte alors les passants alentour et accuse l'autre personne d'avoir fait disparaître ses organes génitaux. Une foule se forme très vite et s'en prend violemment au présumé coupable. Elle le bat pour le faire avouer et lui faire restituer le sexe volé – le traitement de la victime et la punition du coupable coïncidant. A moins d'une intervention de la police (généralement impuissante), le malheureux est lynché, parfois à mort. La victime est bastonnée, lapidée, voire même brûlée vive. Pendant quelques jours ou quelques semaines, le scénario se répète : accusations, violences, et parfois morts. Vite relayée par les médias, la panique enfle et s'installe. Cela peut quelquefois dégénérer en émeutes et en pillages, encore plus meurtriers que les lynchages. (Bonhomme, A paraitre)

Le phénomène est donc loin d'être banal et anecdotique, et bien que les autorités arrivent relativement rapidement à faire disparaître la rumeur localement, celle-ci se propage ensuite à d'autres villes, puis à d'autres pays pour renaître, ou revenir quelques mois ou années plus tard au même endroit. La persistance et la récurrence de ces rumeurs et des accusations de vols de sexe montrent en elle-même qu'il existe des conditions propices à leur développement et à leur diffusion. Bonhomme, dans une étude détaillée des conditions dans lesquelles se produisent les vols de sexe et la propagation de la rumeur, montre que la pertinence de ces rumeurs est liée à deux facteurs essentiellement. D'une part à l'existence d'un ensemble de croyances sorcellaires très répandues, touchant notamment aux organes génitaux. D'autre part, à un contexte d'interactions sociales particulier lié à l'environnement urbain.

Bonhomme montre en effet que les vols de sexe ont le plus souvent lieu dans les lieux publics très densément peuplés comme les marchés, les mosquées ou lors de rassemblement. Il montre aussi que les voleurs de sexe sont toujours des étrangers qui sollicitent une interaction avec une autre personne, comme une poignée de main ou un regard et que ces interactions provoquent une sensation de peur vive qui produit la sensation de perte, ou de rétrécissement du sexe des victimes. La perte de sexe est ensuite interprétée par la victime comme un acte de sorcellerie et en appelant à l'aide la victime provoque une peur généralisée qui produit très souvent une bastonnade du

voleur de sexe. La peur provoquée par une rencontre inopportune avec un inconnu est, selon Bonhomme, un symptôme purement urbain, lié à la peur de rencontrer l'autre, l'étranger, dont on ne sait pas s'il nous veut du bien ou du mal.

Les accusations de vols de sexe à l'origine des rumeurs seraient donc liées à l'existence d'une inquiétude légèrement xénophobe qui provoquerait dans une situation de contact anonyme un sentiment de peur. La propagation de la rumeur s'entreferait ensuite par précaution : en effet, face à un danger aussi important, il vaut mieux prévenir ses proches et être trop précautionneux que pas assez. La propagation de la rumeur renforce aussi, du même coup, le sentiment d'inquiétude vis-à-vis des étrangers et des contacts anonymes. L'effet d'auto-entraînement donne ainsi lieu à de vastes épidémies de vols de sexes transsahariennes.

Si cette interprétation est correcte, alors les conditions qui rendent pertinentes ces rumeurs sont identiques partout là où elles se propagent (xénophobie, contacts urbains anonymes, croyances sorcellaires...). La rumeur est pertinente pour tout le monde pour les mêmes raisons, et cela explique pourquoi, sur plusieurs dizaines d'années et à travers des dizaines de pays, ces rumeurs sont restées relativement identiques. Un ensemble de conditions préalables est satisfait et explique pourquoi un élément se propage et persiste dans la population. Ce qu'il faut remarquer dans ce cas, c'est que la similarité entre les différentes rumeurs ne provient pas du fait qu'elles sont les copies les unes des autres, mais du fait qu'elles sont élaborées dans des conditions très similaires (accusation de vols de sexe, milieu urbains xénophobe...), donnant au final des rumeurs quasi identiques. Le fait que les personnes se souviennent probablement d'avoir déjà entendu parler d'une rumeur de vol de sexe, souvent à plusieurs années, voire dizaines d'années d'intervalle, participe à l'explication de la similarité entre les rumeurs, mais elle est loin d'en constituer le facteur principal. Bonhomme décrit d'ailleurs de nombreuses rumeurs similaires à celles des vols de sexe, en Afrique et à travers le monde. Ce sont donc les conditions de production de la rumeur qui permettent de l'identifier comme une rumeur de vol de sexe et pas d'un autre type. Cet exemple montre clairement que la simple similarité entre deux éléments culturels ne peut pas suffire à conclure sur leur parenté : les éléments peuvent simplement être construits dans des contextes similaires.

En guise de conclusion, nous remarquerons que l'étude des conditions de pertinence des éléments culturels permet de mieux comprendre les mécanismes de leur

diffusion et de leur transformation. La communication est essentiellement constructive, elle consiste en l'élaboration et le transfert d'informations de telle sorte que celles-ci maximisent la pertinence, pour des interlocuteurs donnés, dans un contexte donné. Dans certains cas, comme dans le cas du mvèt, les informations sont massivement transformées, par le locuteur et par les auditeurs. Chaque auditeur extrait du récit les informations qui lui sont pertinentes, étant donné son état de connaissance. Le mvèt, en vertu de son ambiguïté devient pertinent pour tout le monde, pour des raisons différentes. Au contraire, dans le cas des rumeurs de vols de sexe, des conditions globalement uniformes conduisent la rumeur à être pertinente pour tout le monde pour les mêmes raisons. Mais cette uniformité ne provient pas d'un simple processus de copie de l'information d'un individu vers un autre. La rumeur est sans cesse réélaborée, reconstruite par les individus. C'est l'uniformité des contextes qui conduit à la forte similarité qui existe entre les différentes versions.

Si tel est bien le cas, on peut se demander si des chaînes causales impliquant essentiellement des phénomènes de reconstruction n'auraient pas pu être interprétées comme des cas d'imitation. Par exemple, dans le cas de la rumeur des vols de sexe, on pourrait penser que celle-ci se propage essentiellement par imitation, alors qu'il s'agit en réalité d'une reconstruction perpétuelle dans un contexte partagé. Dans ce cas, la communication prend des allures d'imitation.

4.2.3 QUAND LA COMMUNICATION PREND DES ALLURES D'IMITATION

Un tournant majeur se produit actuellement dans la littérature sur l'imitation. Jusqu'à récemment, les capacités imitatives des enfants étaient vues comme se développant à partir d'un mécanisme spécifique ayant évolué pour l'acquisition et la transmission des éléments culturels. Les célèbres expériences de Meltzoff par exemple, montraient que les enfants, dès leur plus jeune âge, étaient capables d'imiter un comportement qu'ils percevaient chez un adulte. Ces capacités étaient certes limitées, mais elles suggéraient l'existence d'une capacité imitative très précoce et donc probablement innée (Meltzoff & Moore, 1977, voir Figure 41).



Figure 41 : Expériences d'imitation chez les nouveaux-nés (reproduit de Meltzoff & Moore, 1977). Les bébés reproduisent le comportement que l'adulte démontre. Pour une réplication de ces expériences avec des macaques et une discussion récente de ces résultats et de leurs implications voir (Ferrari, et al., 2006).

Cette capacité imitative initiale était vue comme se développant progressivement pour devenir plus complexe et permettre l'imitation d'actions. L'expérience la plus connue, montrant les capacités imitatives de jeunes enfants était la suivante. Un enfant, d'environ 14 mois, était assis sur les genoux de sa mère. Un expérimentateur était assis en face de lui, de l'autre côté d'une table sur laquelle était disposé un boîtier. L'expérimentateur s'inclinait et touchait le boîtier avec son front, ce qui avait pour effet d'allumer une lampe et d'éclairer le boîtier. Les enfants observaient dans un premier temps l'expérimentateur interagir avec le boîtier mais ne pouvaient pas eux-mêmes le manipuler. Une semaine plus tard, les enfants revenaient et on leur présentait le boîtier en leur laissant la possibilité de le manipuler comme ils voulaient. Les résultats obtenus par Meltzoff et al. montrent que les enfants ont plus tendance à allumer la lampe avec leur tête quand ils ont vu l'expérimentateur le faire que dans une condition contrôle dans laquelle l'expérimentateur allumait la lampe avec sa main (Meltzoff, 1988). Cette expérience fut reproduite par Meltzoff avec des délais allant jusqu'à 4 mois (Meltzoff, 1995).

L'ensemble de ces résultats suggérait que les enfants possédaient une propension innée à imiter les autres, cette capacité primordiale pouvant ensuite donner lieu au développement de capacités sociales plus évoluées comme la théorie de l'esprit (Meltzoff, 1988, 2002, 2005) ou la capacité à attribuer des intentions (Tomasello, 1996). L'imitation était vue comme étant au cœur du développement des capacités sociales des enfants et donc aussi de leur acquisition de la culture (voir aussi Tomasello, et al., 1999) :

Human adults and children effortlessly learn new behaviors from watching others. Parents provide their young with an apprenticeship in how to act as a member of their particular culture long before verbal instruction is possible. A wide range of behaviors—from tool use to social customs—are passed from one generation to another through imitative learning. In western cultures, toddlers hold telephones to their ears and babble into the receivers. The children of Australian aborigines would not do this, one suspects. There is no innate proclivity to treat pieces of plastic in this manner, nor is it due to Skinnerian learning. Imitation is chiefly responsible. (Meltzoff, 2005)

Les expériences de Gergely et Csibra ont remis en cause l'interprétation de ces expériences et par là-même l'existence d'une disposition à imiter automatiquement. Ces auteurs montrent en effet que la communication joue un rôle essentiel dans ces résultats. Ils reprennent l'expérience de Meltzoff, mais ajoutent une condition. Dans la nouvelle condition l'expérimentateur montre à un enfant de 14 mois environ comment allumer la lampe avec sa tête, mais alors qu'il maintient une couverture autour de lui avec ses deux mains (voir Figure 42).



Figure 42 : Les deux conditions de l'expérience. A gauche la condition classique de Meltzoff, l'expérimentateur a les mains libres et allume la lampe avec sa tête. A droite, la condition test dans laquelle l'expérimentateur a les mains occupées. (reproduit de Gergely, Bekkering, & Kiraly, 2002)

Si les enfants imitent simplement le comportement qu'ils observent, s'ils reproduisent fidèlement les actions qu'ils perçoivent, il ne devrait pas y avoir de différence entre les conditions 'mains libres' et 'mains occupées'. En revanche, si les enfants perçoivent cette interaction comme une interaction communicative, ils devraient se comporter différemment dans les deux conditions. Dans la condition 'mains occupées', le comportement de l'expérimentateur est rationnel : utiliser son front est un bon moyen d'allumer la lampe quand on a les deux mains prises. Dans ce cas, la pertinence du comportement est atteinte par le simple fait que la lampe s'allume. Les enfants n'ont donc pas de raison particulière d'imiter le détail du comportement, mais plutôt le résultat, le fait d'allumer la lampe. Au contraire, dans la condition 'mains libres', l'expérimentateur, alors qu'il pourrait simplement utiliser sa main pour allumer la lampe, fait un effort supplémentaire en utilisant son front. Si l'effort fourni est plus grand, cela ne peut se justifier, du point de vue de la théorie de la pertinence, que si l'effet cognitif atteint est lui aussi plus important. L'enfant peut donc en inférer que l'expérimentateur tire du fait d'allumer la lampe avec son front un bénéfice cognitif plus important que celui obtenu en allumant la lampe avec sa main. Si les enfants sont sensibles à la pertinence, ils devraient être plus enclins à reproduire l'action de l'expérimentateur dans la condition 'mains libres' que dans la condition 'mains occupées'. C'est effectivement ce qu'observent les auteurs, dans la condition 'mains occupées', seulement 21 % des enfants reproduisirent l'action en question, contre 69 % dans la condition 'mains libres' (Gergely, et al., 2002).

Ces résultats confirment le fait que les enfants comprennent très tôt la structure des actions en termes de buts et de moyens (ce qui a été dénommé raisonnement téléologique, (Csibra, Gergely, Biro, Koos, & Brockbank, 1999; Gergely & Csibra, 1997; Gergely, Nadasdy, Csibra, & Biro, 1995), pour une revue voir (Csibra, Biro, Koos, & Gergely, 2003; Gergely & Csibra, 2003), mais ils suggèrent aussi que les enfants sont sensibles à des violations de la rationalité d'une action. Dans ce cas, si un moyen d'atteindre un but n'est pas rationnel, on peut penser que les enfants vont se comporter différemment suivant qu'ils sont dans un contexte communicatif ou non. Pour tester cette hypothèse, Kirali et al. ont reproduit la même expérience que celle que nous venons de voir dans deux contextes différents. Dans le contexte 'communicatif', l'expérimentateur donnait à l'enfant des signes ostensifs de communication et l'engageait dans l'interaction, avec des sollicitations verbales, en le regardant dans les

yeux, etc. Dans le second contexte, ‘non communicatif’, l’expérience était réalisée sans que l’expérimentateur ne regarde ni ne parle à l’enfant, seule une sonnerie était utilisée pour attirer l’attention de l’enfant en direction de l’expérimentateur. Les résultats montrent qu’en contexte communicatif les enfants imitent l’action de l’expérimentateur, mais pas dans le contexte non communicatif (Gergely, communication personnelle).

Ces expériences récentes remettent en cause l’existence d’une disposition humaine à imiter automatiquement, en expliquant les résultats à partir du rôle que joue la compréhension des rapports moyens-fins et la communication ostensive⁶⁷. Les enfants ne seraient donc pas prédisposés à imiter automatiquement, mais plutôt à le faire en prêtant attention aux signaux de communication ostensifs et en cherchant une interprétation rationnelle aux actions d’autrui. Ce qui est plus surprenant, c’est la sensibilité des enfants aux violations apparentes de rationalité et la réaction qui s’ensuit. Lorsque l’on communique à un enfant un comportement non rationnel, l’enfant attribue une certaine pertinence à cet acte communicatif et est enclin à apprendre et reproduire l’action démontrée comme telle, sans en comprendre la rationalité, ce qu’il ne fait pas en contexte non communicatif.

Gergely et Csibra qualifient d’opaques les comportements pour lesquels l’apprenant n’a pas les moyens de comprendre la rationalité qui justifie les actions. Selon ces auteurs, la prépondérance de comportements opaques aurait entraîné, chez

⁶⁷ Ces résultats sont corroborés par les expériences montrant que les enfants sont sensibles aux stimulus ostensifs très tôt (Farroni, Csibra, Simion, & Johnson, 2002; Yoon, Johnson, & Csibra, 2008), qu’ils interprètent une situation expérimentale différemment selon qu’ils sont en contexte communicatif ou non (Topal, Gergely, Miklosi, Erdohegyi, & Csibra, 2008) et que c’est la pertinence qui guide les enfants dans le choix de ce qu’ils doivent ou non imiter (Southgate, Chevallier, & Csibra, In press). Par contre, les expériences sur les animaux sont en train de proliférer et elles montrent déjà qu’eux aussi interprètent les actions en termes téléologiques (Hauser, Glynn, & Wood, 2007; Hauser & Spaulding, 2006; Wood, Glynn, Phillips, & Hauser, 2007) et qu’ils sont sensibles au contexte communicatif (Hauser, et al., 2007). Dans certains cas les expériences de Gergely et Csibra ont été reproduites chez d’autres espèces : singes enculturés (Buttelmann, Carpenter, Call, & Tomasello, 2007) et chiens (Range, Viranyi, & Huber, 2007). Il n’est donc pas évident que la pédagogie soit une capacité exclusivement humaine, au contraire de ce que suggèrent Gergely et Csibra. Par contre, cela jette un doute certain sur le rôle de l’imitation comme mécanisme de reproduction du comportement (Wood & Hauser, 2008) : si les processus inférentiels jouent un rôle important, le comportement n’est pas reproduit, mais reconstruit.

l'homme, la sélection naturelle d'une capacité psychologique qu'ils qualifient de pédagogie⁶⁸ :

Humans have evolved complex and specialized cognitive resources – that we call 'pedagogy' – that form a dedicated communicative system in which the participants are inclined to teach and to learn new and relevant cultural information to (and from) conspecifics. In particular, we suggest that human individuals who possess cultural knowledge are naturally inclined not only to use, but also to ostensively manifest their knowledge to (and for the benefit of) naïve conspecifics, while the latter are naturally motivated to acquire such knowledge by actively seeking out, attending to, and being specially receptive to such communicative manifestations of knowledgeable others. Through pedagogy, then, fast, efficient and 'relevance-proof' transfer of cultural knowledge – even when its content is cognitively 'opaque', arbitrary or conventional - becomes achievable. (Gergely & Csibra, 2006)

Selon ces auteurs, les enfants se retrouvent donc en permanence dans la position des auditeurs du mvèt : face à un interlocuteur leur donnant tout les signes (ostensifs) suggérant que le contenu de ce qui est communiqué est pertinent pour eux, mais dont ils ne saisissent pas, ou seulement partiellement, les conséquences (Figure 43). Comme les auditeurs du mvèt, les enfants seraient ensuite portés à mémoriser l'information comme telle, en espérant que celle-ci pourra être comprise et interprétée à un autre moment. Les enfants sont donc enclins à attribuer une portée générale au savoir qu'ils acquièrent dans de telles conditions (ce qui peut parfois les induire en erreur, Topal, et al., 2008). Au contraire, en l'absence de stimulus ostensifs, ou en l'absence de violations du principe de pertinence, les enfants sont enclins à attribuer une valeur épisodique à ce qu'ils observent et sont moins enclins à le mémoriser.



Figure 43 : Les comportements humains sont souvent opaques.

68 Sur ce point voir (Csibra, 2007; Gergely & Csibra, 2006; Gergely, Egyed, & Kiraly, 2007).

Les travaux de Gergely et Csibra montrent qu'il existe une différence importante entre la reproduction d'une action transparente, dont le but, les moyens nécessaires pour l'atteindre et les effets sont compréhensibles, et une action opaque que l'on ne peut pas comprendre et que l'on est incité à imiter que si elle est communiquée. Selon cette proposition, l'imitation est essentiellement un acte de communication.

Certains éléments sont même 'radicalement opaques' (Morin & Sperber, 2008) : la rationalité qui justifie le comportement soit n'existe pas, soit ne cherche pas à être comprise par la personne qui effectue le comportement. Le fait de 'toucher du bois' par exemple est un comportement radicalement opaque : les individus touchent du bois sans chercher à comprendre la causalité entre leur action et les effets éventuels qu'elle est censée entraîner. Dans ce cas c'est l'autorité épistémique du communicateur qui explique le transfert de connaissance (Sperber, 2005a). La transmission des éléments culturels implique donc massivement la communication chez l'homme, et ce, dès la naissance.

4.2.4 CONCLUSION

La transmission d'information via la communication humaine est dans une importante mesure constructive. Communicateur et destinataire construisent un signal et son interprétation en fonction de critères de pertinence qui sont fonction du contexte. Nous avons vu que la communication repose sur plusieurs éléments essentiels. D'abord, la présence de signaux ostensifs de communication, qui indiquent à l'auditeur l'intention qu'a le communicateur de communiquer quelque chose. Ensuite, la présence d'indices à partir desquels l'auditeur doit reconstruire le sens voulu par le communicateur. Enfin, la reconstruction de ce que le communicateur a voulu dire en suivant un cheminement minimisant l'effort cognitif fourni jusqu'à atteindre une interprétation qui satisfasse l'attente de pertinence. Nous avons vu que ces principes, qui gouvernent la communication humaine, découlent de considérations sur le fonctionnement général des systèmes cognitifs. Sperber et Wilson défendent l'idée que la tendance à maximiser la pertinence est une propriété de tous les systèmes cognitifs, humains et non humains, communicatifs ou non. Cette tendance serait simplement le résultat de la sélection naturelle de l'efficacité des mécanismes cognitifs. Si tel est bien le cas (car il s'agit d'une hypothèse empiriquement testable), alors tous les mécanismes

cognitifs sont essentiellement constructifs et modifient leurs inputs de manière à ce qu'ils tendent à être maximalelement pertinents. On peut penser que même la mémoire, dont la fonction est de préserver un contenu, modifie ce contenu de manière à le rendre plus pertinent, les détails les moins pertinents étant écartés au profit des plus pertinents.

Même si l'on doute de la généralisation de la théorie de la pertinence à l'ensemble des processus cognitifs, nous avons montré que la transmission des éléments culturels faisait intervenir de manière essentielle la communication, et ce depuis la naissance. On comprend mieux maintenant ce qu'il y a d'aussi surprenant dans les phénomènes culturels. Comment, étant donné ce que nous venons de voir sur la communication, est-il possible que des contes se transmettent à travers des dizaines de générations en restant relativement semblables quand le moindre article de journal est complètement déformé après deux ou trois événements de transmission (Bartlett, 1932) ? Comment réconcilier la sensibilité au contexte manifeste des processus cognitifs comme la mémoire, le raisonnement, la communication, avec l'observation de rituels, de traditions techniques, narratives, musicales, décoratives... stables à l'échelle de population ? Il y a un paradoxe évident dans le fait d'observer d'un côté des processus cognitifs constructifs extrêmement dépendants du contexte et de l'autre une très grande stabilité de ce qui est transmis par ces processus à l'échelle de la population. Pour résoudre ce paradoxe il faut étendre, à l'échelle de la population, les effets constructifs des mécanismes psychologiques.

4.3 ATTRACTION ET SELECTION DANS L'EVOLUTION CULTURELLE

D'où provient la stabilité des éléments culturels ? Si à chaque fois que l'histoire du petit Poucet est racontée il s'agit d'une histoire différente de la précédente, qu'elle est allongée ou raccourcie, mélangée avec l'histoire du petit Chaperon Rouge, ou qu'on en oublie la fin ou le milieu... comment se fait-il que cette histoire ait pu être conservée, quasiment à l'identique, durant autant de générations ? Nous avons déjà exploré en détail la possibilité qu'il s'agisse de forces sélectives, liées à la source des éléments culturels et nous avons montré que ces forces ne donnaient qu'une explication partielle. Sperber a quant à lui proposé une solution alternative à ce paradoxe fondé sur les propriétés du contenu des éléments culturels et de leurs transformations (Sperber, 1996). Dans cette partie, nous montrerons comment l'accumulation des micro-transformations qui ont lieu lors des épisodes de transmission peut donner lieu au phénomène d'attraction. Nous verrons que l'existence d'attracteurs permet d'expliquer comment dans certains cas l'accumulation de micro-transformations locales peut entraîner une certaine stabilité au niveau de la population. L'attraction est une force différente, parfois complémentaire, parfois en opposition à la sélection, et nous auront l'occasion d'étudier en détail les rapports entre ces deux phénomènes.

4.3.1 DEFINIR L'ATTRACTION

Selon Sperber, il existe un moyen d'expliquer la stabilité culturelle sans recourir à la sélection et pour illustrer son idée, il imagine le cas suivant. Prenons des objets de 100 types différents qui peuvent être représentés sur une grille 10 x 10. Imaginons qu'au début un grand nombre d'objets, disons 10 000, sont distribués uniformément parmi ces 100 types (donc 100 pour chaque type). Supposons aussi que le temps est divisé en générations, et que chacun des éléments engendre d'autres éléments à chaque génération et disparaît. Supposons encore, qu'après un grand nombre de générations, on observe la distribution stable représentée sur la Figure 44.

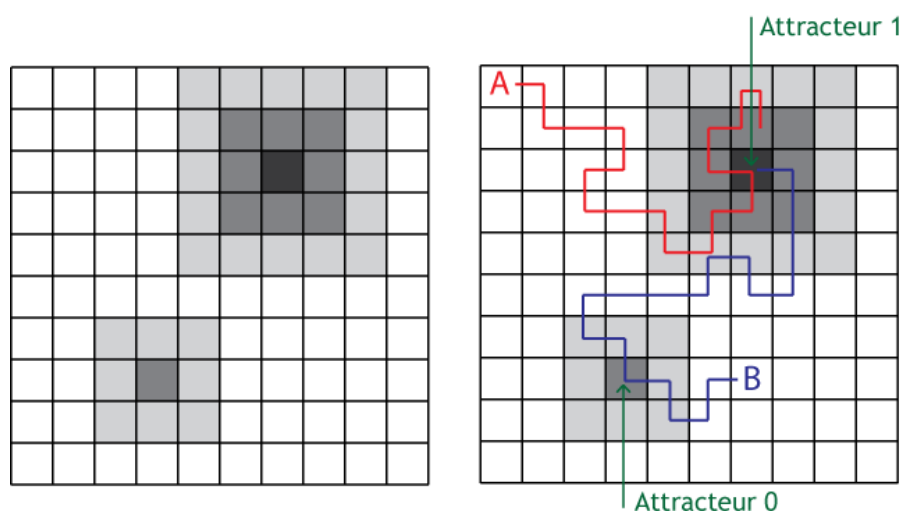


Figure 44 : Les attracteurs de l'exemple imaginaire proposé par Sperber. A gauche, la fréquence de chacun des types est représenté sur une échelle de gris, les types les moins fréquents sont blanc, les plus fréquents sont noirs. A droite, les lignes de descendance représentant les types successifs des descendants d'un élément A et d'un élément B. Ces lignes de descendance tendent à graviter autour des deux points les plus fréquents, les attracteurs (adapté de Sperber, 1996).

Deux explications au moins peuvent être invoquées pour rendre compte de cette distribution. La première est qu'il existe deux répliqueurs, qui sont au centre des carrés, qui se répliquent rapidement et qui donnent naissance, par mutation, aux types adjacents qui se répliquent moins vite. Cette explication fait appel aux principes de la sélection darwinienne et est fondée sur l'existence d'un différentiel de reproduction entre les éléments des différents types.

Une autre explication, suggère que les éléments d'un type donnent préférentiellement naissance à des éléments d'autres types, de telle sorte que la distribution de la Figure 44 est observée. Par exemple, on pourrait imaginer que tous les types produisent exactement le même nombre de descendants mais que ces descendants ne sont pas fréquemment du même type que celui de leur parent. Dans certains cas les transformations successives, des parents aux descendants, pourraient conduire progressivement les descendants de tout type vers l'un ou l'autre des points les plus fréquents (voir Figure 44).

Un attracteur est un point ou une zone dans l'espace des possibles vers lequel convergent les transformations qui s'opèrent durant la transmission des éléments culturels.

Nous avons déjà eu l'occasion de discuter d'un cas particulier d'attraction quand nous avons étudié les expériences impliquant des chaînes de transmission (voir la partie 2.4.2, pp 113). Nous avons fait remarquer que dans ces expériences, les individus déterminaient leur comportement en fonction de facteurs individuels et de facteurs sociaux, ce qui avait pour conséquence, si les facteurs individuels étaient semblables à travers la population, de faire converger les chaînes causales vers le même point final. Dans ce cas particulier, l'attraction est déterministe : quelque soit le point de départ, la chaîne causale converge vers l'attracteur et y demeure ensuite. Si le même genre de mécanisme était à l'œuvre dans l'exemple proposé par Sperber, on observerait, après un certain temps, un type unique avec 10 000 éléments, toutes les chaînes causales auraient convergé vers ce type et y resteraient.

Une expérience récente vient illustrer cette notion d'attraction. Olga Fehér et al. remarquèrent que les jeunes Mandarins (*Taeniopygia guttata*, ou Diamant mandarin), en l'absence d'autres individus modèles, produisent un chant sensiblement différent de celui qui est produit par les individus des populations naturelles (Feher, Wang, Saar, Mitra, & Tchernichovski, 2009). Autrement dit, la production d'un chant typique de Mandarin requiert la présence d'individus modèles. Pour déterminer dans quelle mesure les chants pouvaient diverger par ce mode de transmission, les auteurs isolèrent certains mâles à partir desquels ils initièrent des chaînes de transmission des chants : les mâles isolés servant de modèle à de nouveaux mâles, ces derniers servant de modèle aux mâles suivants, etc. Les résultats sont très surprenant, en l'espace de quelques générations, quatre en moyenne, les chants qui étaient initialement très différents des chants 'naturels', deviennent quasiment similaires à ces derniers. A chaque épisode de transmission les individus construisent des chants qui sont plus proches des chants naturels. Les chants naturels constituent un attracteur au sens que nous venons de lui donner.

Plus généralement, on peut penser que les transformations qu'opère chaque individu tendent *en moyenne* vers un point donné, mais ne sont pas déterministe. Dans ce cas, tous les individus possèdent la même probabilité de transformer les éléments dans l'une ou l'autre direction, et ce sont ces probabilités qui créent les attracteurs. Sur

un grand nombre de chaînes causales, on observerait une distribution centrée autour d'un, ou de plusieurs attracteurs. D'autre part, dans les expériences de chaînes de transmission, on fait généralement l'hypothèse que tous les individus opèrent les mêmes transformations : ils sont tous parfaitement équivalents et interchangeable. Si les individus étaient différents, si certains tendaient à modifier les éléments dans une direction et les autres dans une autre, les chaînes causales se déplaceraient au gré des individus qu'elles rencontrent. Dans cet autre cas, les individus possèdent des probabilités de transformations différentes entre eux, donnant naissance à des attracteurs différents.

Les deux exemples suivants, celui des cigarettes et celui du tir à l'arc permettent d'illustrer ces deux possibilités et ainsi de préciser la notion d'attraction.

4.3.2 EXEMPLE DES CIGARETTES

Imaginons la situation suivante⁶⁹. Supposons, que les membres d'une certaine population fument entre 0 et 30 cigarettes par jour. Chaque année une nouvelle cohorte de jeunes entre dans la population et chacun choisit, parmi les membres de la cohorte précédente, une personne dont il imite le comportement. Supposons que le nombre de cigarettes qu'une personne fume influence la probabilité que celle-ci soit sélectionnée comme modèle par les jeunes. Cette différence dans la probabilité d'être choisi comme modèle correspond à une force de sélection. Plus précisément, supposons que les personnes qui fument environ 10 cigarettes soient les plus souvent choisies (cette probabilité d'être choisi comme modèle est représentée par la courbe noire dans la Figure 45). Supposons aussi que, le plus souvent, les nouveaux fumeurs, qui cherchent à fumer une certaine quantité de cigarette en début d'année, finissent par en fumer une quantité différente en fin d'année. Cela peut être le cas pour de nombreuses raisons différentes. Par exemple, en essayant d'imiter une personne, les individus peuvent ne pas réussir à estimer correctement le nombre de cigarettes que celle-ci fume. Plus probablement étant donné que fumer crée une accoutumance, certaines personnes peuvent s'accoutumer et se mettre à fumer de plus en plus, tandis que d'autres seront dégoûtées et se mettront à fumer de moins en moins. Plus précisément, nous ferons

69 Cet exemple est tiré de (Claidière & Sperber, 2007), je ne reproduis pas ici les détails des simulations et des modèles, juste les résultats principaux.

l'hypothèse que le comportement d'un individu est préférentiellement modifié dans deux directions (voir Figure 45 courbe grise) : l'une est l'abstinence, l'autre est un pic autour de 25 cigarettes par jour.

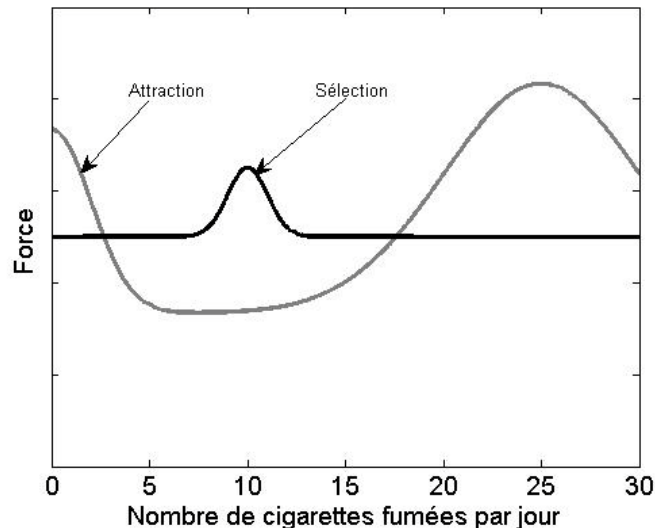


Figure 45 : Le modèle des cigarettes, avec l'attraction (courbe grise) et la sélection (courbe noire).

Dans ce modèle l'attraction a un effet très puissant sur les personnes qui choisissent d'imiter des individus qui fument peu (moins de 5 cigarettes par jour) et surtout qui ne fument pas du tout. L'attraction autour de 0 est donc très puissante, mais aussi très localisée. Au contraire, l'attraction entre 7 et 30 est plus diffuse, toutes les personnes choisissant comme modèles des individus qui fument entre 7 et 30 cigarettes tendent à finir un peu plus proche de 25 cigarettes par jour.

Dans ce modèle, la force de l'attraction se mesure avec la pente autour du point que l'on considère, donc un attracteur est un pic vers lequel les transformations ont le plus souvent lieu. Si la courbe est plate de part et d'autre du point (comme autour de 7 cigarettes), alors la transformation dans l'une ou l'autre des directions est équiprobable, il n'y a pas d'attraction à ce point. Enfin, si la courbe est très pentue, comme à droite de 0, l'attraction est très forte et l'attracteur se comporte comme un répliqueur : les personnes qui imitent les non fumeurs ont une très grande probabilité d'être non fumeurs eux même. L'attraction est une question de probabilité de transformation dans une direction plutôt qu'une autre et les attracteurs sont des points ou des zones vers lesquels tendent à converger ces transformations.

Pour comparer les effets de l'attraction et de la sélection, nous allons faire l'hypothèse qu'initialement, lors de la toute première cohorte, la distribution du nombre de fumeur est uniforme (nous ferons l'hypothèse qu'il y a 10 individus par classe). Ensuite nous regardons comment cette distribution évolue au cours du temps en fonction des forces qui nous intéressent. Comme les facteurs qui nous intéressent sont en partie aléatoires, nous regardons la distribution moyenne à travers un certain nombre de simulation (10 dans les résultats présentés), qui est atteinte après un certain pas de temps (200 pas de temps dans les simulations présentées, équivalent à 200 ans dans le modèle).

Considérons dans un premier temps, que seule la sélection agit. Comme les individus qui fument 10 cigarettes par jour sont préférentiellement imités, on s'attend à ce qu'à chaque génération leur proportion augmente. D'autre part, si l'imitation n'est pas parfaite mais comporte une certaine part d'erreur aléatoire, alors on s'attend à ce que les individus fument environ 10 cigarettes par jour. La distribution devrait donc être centrée autour de 10 (voir Figure 46).

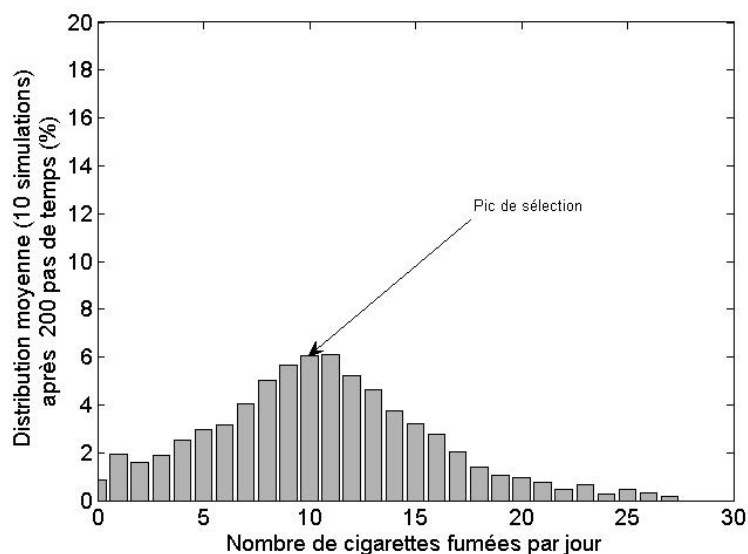


Figure 46 : Simulation du modèle des cigarettes avec sélection et imitation imparfaite (sans attraction).

Maintenant, imaginons qu'il n'y ait pas de sélection, c'est-à-dire que les individus imitent un de leur prédécesseur en le choisissant au hasard, et qu'il y ait de l'attraction. Dans ce cas, la distribution finale devrait ressembler à la courbe d'attraction, les comportements les plus attractifs étant aussi les plus fréquents (voir Figure 47).

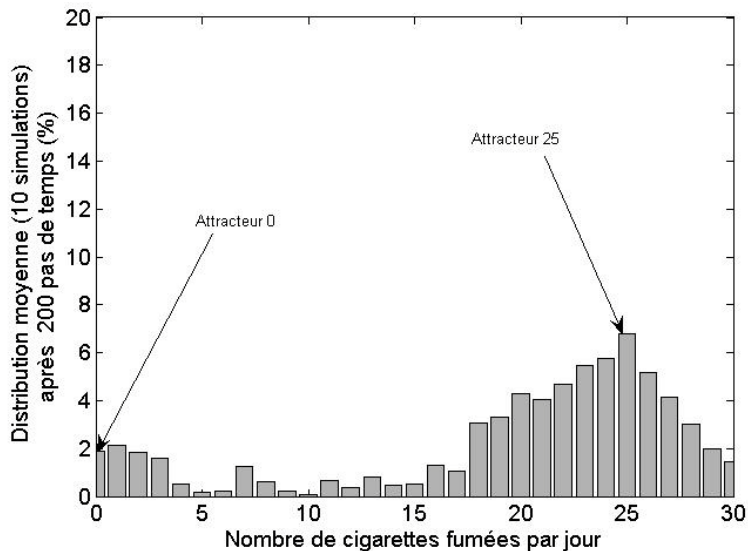


Figure 47 : Le modèle des cigarettes avec attraction et sans sélection.

Dans cet exemple, ce qui est important c'est que la distribution que l'on observe, stable au cours du temps et avec les comportements particulièrement fréquents que sont les attracteurs, masque en réalité la dynamique stochastique des chaînes causales. Si l'on représente ce qui se passe pour une seule chaîne on observe une très grande variabilité temporelle des comportements (voir Figure 48).

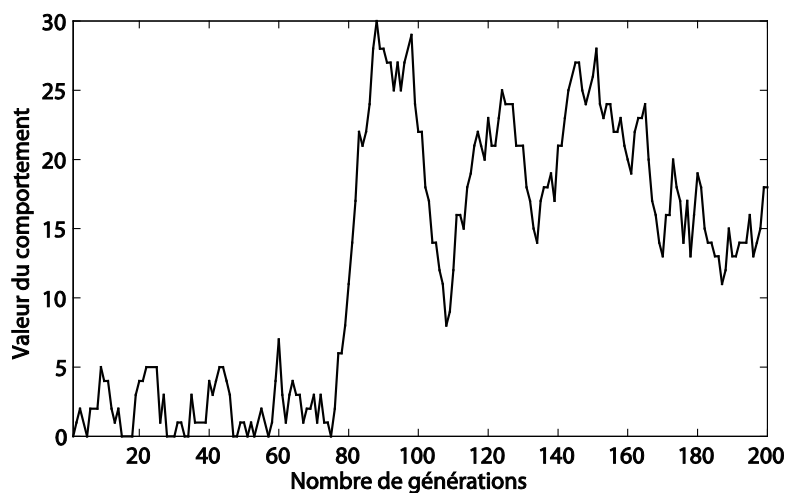


Figure 48 : Une chaîne causale sur 200 générations dans le modèle des cigarettes.

La distribution observée dans la Figure 47 résulte de la présence d'un très grand nombre de chaînes causales (en l'occurrence 310) qui, en moyenne, se trouvent près des attracteurs.

Si l'on s'intéresse maintenant à l'effet que la sélection va avoir, on peut prédire qu'elle va tendre à augmenter le nombre de descendants des individus qui ont les comportements sélectionnés. Dans un cas extrême, si l'on suppose par exemple que seules les personnes qui fument 10 cigarettes sont imitées, l'attraction a un effet très limité. Donc on peut penser que dans les cas intermédiaires, si la sélection et l'attraction ne sont pas dans un rapport de force démesuré, les deux jouent un rôle. On s'attend notamment à ce que sous certaines conditions, on puisse retrouver les marques de l'attraction et de la sélection dans la distribution finale (voir Figure 49).

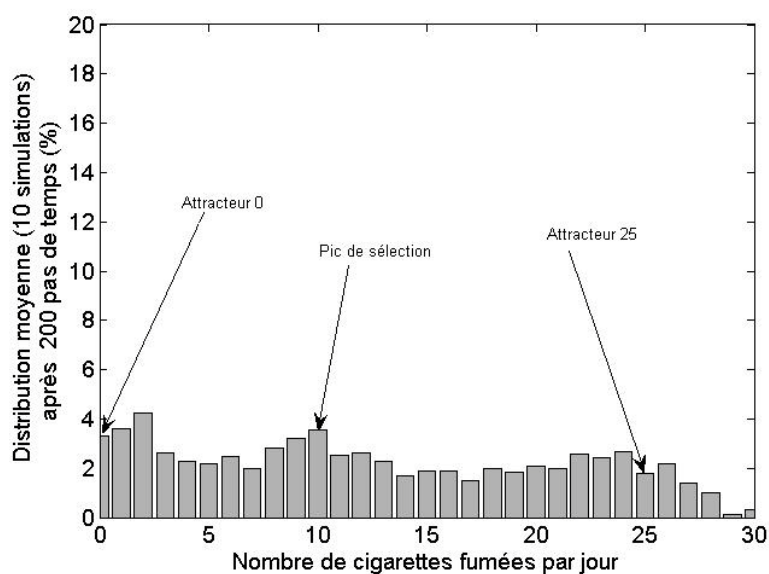


Figure 49 : Le modèle des cigarettes avec attraction et sélection.

On en conclue qu'il existe un continuum entre l'attraction pure, dans laquelle les individus choisissent au hasard leur modèle, et la sélection pure, dans laquelle les individus imitent leur modèle sans construire leur propre comportement. Le rapport entre ces deux forces détermine l'état final de la distribution des éléments culturels et la dynamique des chaînes causales.

4.3.3 EXEMPLE DU TIR A L'ARC

Henrich et Boyd ont cependant suggéré que la sélection gouvernait l'évolution culturelle, même en présence d'attracteurs puissants (Henrich & Boyd, 1998). Dan Sperber et moi-même, avons eu l'occasion de critiquer dans le détail leur modèle et de montrer qu'il était fondé sur une conception peu plausible de l'attraction qui n'a pas de

défenseur (Claidière & Sperber, 2007). Deux hypothèses principales limitaient la portée du modèle d'Henrich et Boyd. D'une part l'attraction n'était pas probabiliste mais déterministe : les transformations avaient *toujours* lieu dans la même direction. D'autre part, un des éléments était à la fois attracteur et pic de sélection, si bien qu'on ne pouvait pas distinguer quels étaient les rôles respectifs de l'attraction et de la sélection (ce qui a amené Henrich et Boyd à la conclusion erronée selon laquelle en présence d'une attraction forte, la dynamique évolutionnaire est gouvernée par la sélection). Nous avons utilisé le modèle d'Henrich et Boyd et modifié ses paramètres pour montrer que leur conclusion ne découlait que d'aspects idiosyncratiques du modèle considéré.

Néanmoins, il me semble instructif de comprendre en quoi le modèle proposé est particulier. Henrich et Boyd, illustrent leur vision de l'attraction à l'aide de l'exemple suivant :

The following example illustrates how domain specific cognition might create multiple attractors. Suppose individuals at Attractor-0 ($x = 0$) perceive the Moon is a self-aware, conscious, entity with goals, emotions, and motivations—thus the Moon's behavior can be understood using folk psychology (Leslie 1994). This means that the quantity $(1 - x)$ tells us the degree to which an individual attributes the Moon's shape, color, position and movements to underlying goals, emotions or motivations, or the what degree the Moon's goal-driven actions influence events and individuals, such as weather, tides, personal moods, werewolves, etc. In contrast, individuals with $x = 1$ (those at Attractor-1) see the Moon as simply a big rock, lacking goals, consciousness, and emotions. These individuals attribute the Moon's color, shape and movement to the effects of non-agentic interactions with light, and other mindless bodies, governed by physical laws that operate throughout the Universe. Any effects the Moon has on things such as tides, moods and calendars, are merely unintentional consequences of the moon's mass and movement. Now, it is possible to imagine Moon-concepts that mix these poles ($1 > x > 0$). One could believe, for example, that the moon's movement and shape are out of its control (governed by physical laws), while its color or hue expresses its mood, which in turn influences the weather. Or, perhaps the Moon's color is 23% controlled by its emotions and 77% controlled by the laws of light refraction. One might also believe that on Tuesdays and Thursdays the Moon is a goal-oriented agent, on Mondays, Wednesdays and Fridays the Moon is a big rock, and on the weekends these two alternate minute by minute. Such beliefs might seem odd to us because they violate intuitive expectations, and would consequently be transformed by cognitive attractors. In contrast, $x = 1$ or 0 are "easier to think. (Henrich & Boyd, 1998)

Donc selon eux, tous les individus tendent à transformer les croyances intermédiaires entre les deux attracteurs, vers l'un ou l'autre des attracteurs. Les individus de l'exemple d'Henrich et Boyd sont dans une situation similaire aux poissons que nous avons étudiés dans le premier chapitre. Les poissons devaient choisir entre une route

longue et une route courte pour aller se nourrir. Instinctivement, tous auraient pris la route courte, mais cet instinct était en conflit avec l'observation du comportement de leurs congénères qui avaient été entraînés à utiliser la route longue. Dans le cas présent, tous les individus considèrent que les croyances intermédiaires sont inappropriées, donc elles sont progressivement modifiées pour correspondre aux croyances les plus intuitives. Après quelques événements de transmission, les croyances qui persistent sont les croyances intuitives. Il s'agit bien d'un cas d'attraction, la distribution finale des éléments dépend des transformations constructives de chaque individu, mais comme tous les individus sont parfaitement identiques, l'effet de l'attraction est de concentrer tous les éléments aux mêmes points (dans l'exemple d'Henrich et Boyd, 0 et 1). Après une courte étape transitoire, l'attraction devient équivalente à la réplication, un individu qui en imite un autre acquiert exactement la même croyance.

Cependant, l'idée d'attraction n'a pas été développée pour rendre compte d'un cas dans lequel toutes les transformations sont uniformes, au contraire. L'idée même est d'essayer d'expliquer comment une grande *diversité* des mécanismes constructifs peut produire un ensemble d'éléments stables. Imaginons par exemple que x représente une technique de tir à l'arc (comme dans le modèle d'Henrich et al. supposons que x est compris entre 0 et 1). Supposons que lorsque $x = P_0$, cette technique est plus adaptée aux gauchers, et que lorsque $x = P_1$, elle est plus adaptée aux droitiers. Un gaucher qui apprend à tirer tend à modifier la technique vers P_0 et un droitier tend à modifier la technique vers P_1 . Etre droitier ou gaucher, constitue dans ce cas précis un facteur d'attraction, un facteur qui tend à expliquer pourquoi la technique est modifiée dans telle ou telle direction. D'autre part, il existe une certaine diversité dans la population, certains individus sont droitiers, d'autres gauchers. Faisons l'hypothèse, fondamentale dans cet exemple, que les nouveaux archers qui apprennent à tirer à l'arc choisissent leur modèle indépendamment de leur prévalence manuelle⁷⁰. Par exemple, imaginons que les individus sélectionnent de préférence les archers qui utilisent une technique dont x est grand, parce que celle-ci est plus prestigieuse, ou plus efficace par exemple. Ce biais introduit une force sélective dans le modèle.

70 Cette hypothèse est fondamentale pour s'écarter du modèle d'Henrich et Boyd, sinon, si les droitiers imitent les droitiers et les gauchers les gauchers, les deux groupes sont parfaitement indépendants.

Dans ce cas hypothétique, les nouveaux apprenants, les élèves, commencent par choisir un modèle, un enseignant. Notons w_i la probabilité qu'un individu soit choisit comme modèle et x_i sa technique. Nous ferons l'hypothèse que la sélection des modèles est directement biaisée vers une plus grande valeur de x_i , $w_i = 1 + sx_i$. Un apprenant, ayant choisit son professeur, apprend la technique de celui-ci avec une certaine fidélité, f , identique pour tous les individus. Si l'apprenant est gaucher, il modifie cette technique vers P_0 , sinon il modifie la technique vers P_1 . La technique d'un individu, une fois qu'il a terminé son apprentissage, sera notée x'_i . Nous ferons l'hypothèse que la modification de la technique est linéaire (2.1) :

$$x'_i = fx_i + (1-f)P_i$$

où $P_i = P_0$ si i est gaucher et $P_i = P_1$ si i est droitier. On remarquera que cette équation est identique à celle 2.1, sauf que désormais, P_i n'est plus constant, mais variable en fonction des individus. Nous supposons aussi qu'il y a, à chaque nouvelle génération, une proportion constante q d'individus gauchers.

Pour calculer la technique moyenne qui sera présente à l'équilibre avec un tel modèle, nous allons utiliser l'équation de Price (3.9) :

$$\bar{w}\Delta\bar{x} = \text{cov}(w, x) + E(w\Delta x)$$

Nous divisons la population de professeur en deux groupes, ceux qui enseignent aux gauchers, avec l'indice 0, et ceux qui enseignent aux droitiers, avec l'indice 1 (on notera que les professeurs du groupe gauchers peuvent être gauchers ou droitiers, alors que tous les élèves sont gauchers). L'équation de Price, appliquée à ces deux groupes, peut se réécrire ainsi (voir aussi Henrich & Boyd, 1998) :

$$\bar{w}_j\Delta\bar{x}_j = \text{cov}(\bar{w}_j, \bar{x}_j) + E(\bar{w}_j\Delta\bar{x}_j)$$

j étant l'indice du groupe (soit 0, soit 1). Notons maintenant x_{ji} et w_{ji} la technique et la fitness d'individu i , professeur appartenant au groupe j . Avec ces notations, on peut appliquer une fois encore l'équation de Price, de telle sorte que :

$$\bar{w}_j\Delta\bar{x}_j = \text{cov}(w_{ji}, x_{ji}) + E(w_{ji}\Delta x_{ji})$$

Sachant que $w_{ji} = 1 + sx_{ji}$ et $\Delta x_{ji} = (1-f)(P_i - x_{ji})$ on en déduit que :

$$\bar{w}_j \Delta \bar{x}_j = sV(x_{ji}) + (1-f) \left[P_j(1+s\bar{x}_j) - \bar{x}_j - sE(x_{ji}^2) \right]$$

La partie gauche de l'addition correspond à l'effet de la sélection dans chaque groupe, la partie droite à l'effet de la construction. Pour simplifier les calculs, nous ferons l'hypothèse supplémentaire que chacun des sous groupe est suffisamment grand pour que les techniques des professeurs de chaque groupe représentent fidèlement celle de la population. Nous supposons donc que $\bar{x}_0 = \bar{x}_1 = \bar{x}$ et $V(x_{0i}) = V(x_{1i}) = V(x_i)$. Avec ce résultat on obtient :

$$\bar{w} \Delta \bar{x} = sV(x_i) + (1-f) \left[(qP_0 + (1-q)P_1)(1+s\bar{x}) - \bar{x} - sE(x_i^2) \right]$$

Pour étudier le comportement général de cette équation, il est utile de considérer des cas particuliers. On remarquera que si $P_0 = P_1$ alors l'équation correspond à celle que nous avons précédemment trouvée dans le cas du biais direct simple (voir 3.10). Ce qui est logique puisque dans ce cas nous avons considéré que tous les individus étaient strictement identiques. Dans ce cas nous avons conclu qu'il se formait un équilibre entre la sélection, partie gauche de l'addition, et la construction, partie droite.

D'autre part, s'il n'y a pas de sélection, si $s = 0$, alors

$\Delta \bar{x} = (1-f) \left((qP_0 + (1-q)P_1) - \bar{x} \right)$ et $\bar{x}_{eq} = qP_0 + (1-q)P_1$. Cela signifie que l'équilibre atteint en ne considérant que les processus constructifs, est une moyenne pondérée par la fréquence des gauchers et des droitiers entre leurs différents facteurs individuels. Cela semble aussi logique puisqu'à chaque transmission la technique à une certaine probabilité d'être modifiée dans une direction ou dans une autre qui dépend de la proportion de droitiers et gauchers. Enfin, puisque la construction dépend de la fidélité avec laquelle sont transmis les comportements, si $f = 1$, l'attraction est nulle, il y a réplication des techniques. Dans ce cas, on s'attend à ce que ce soit la sélection qui guide l'évolution, $\bar{w} \Delta \bar{x} = sV(x_i)$. Au contraire, si $f = 0$, seule l'attraction détermine la dynamique de la population, la sélection n'a aucun effet puisque quel que soit l'enseignant, l'élève acquiert la technique qui lui convient le plus,

$$\Delta \bar{x} = qP_0 + (1-q)P_1 - \bar{x}.$$

Intuitivement l'équation complète devrait donc tendre vers l'équilibre lié à l'attraction et en être dévié par la sélection vers les valeurs élevées de x . C'est effectivement ce que l'on observe lorsque l'on réalise des simulations⁷¹.

Tout d'abord, si l'on se limite à l'attraction, on observe que la population converge vers une distribution qui, à l'équilibre, est centrée autour d'un attracteur (voir Figure 50).

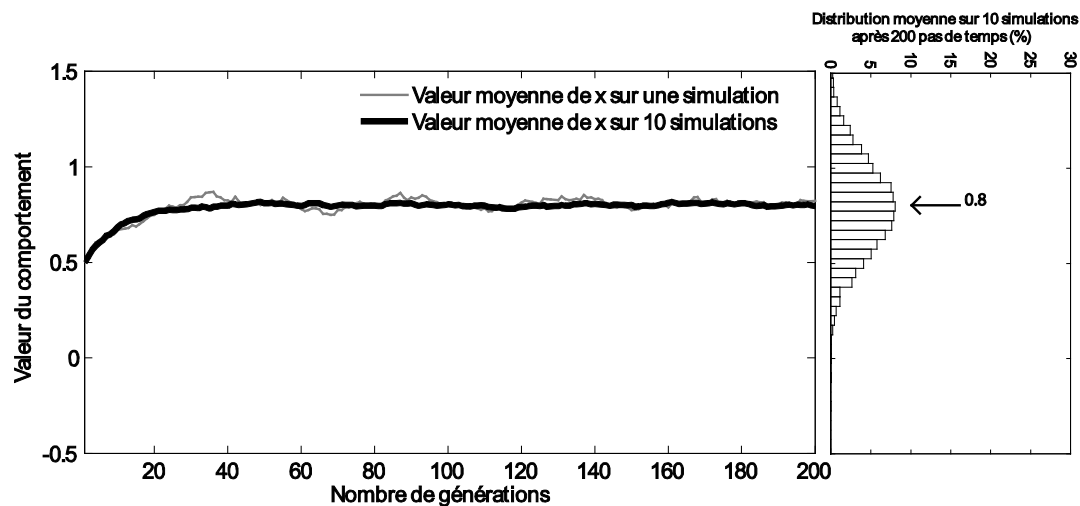


Figure 50 : Modèle du tir à l'arc avec attraction et sans sélection. Les paramètres considérés sont les suivants : $s = 0$ et $f = 0.9$.

Il est important de noter que dans le cas général, l'attracteur *n'est pas* ce vers quoi tendent les chaînes causales. Dans le cas présent, les transformations tendent vers P_0 et P_1 , les deux attracteurs, et les chaînes causales convergent vers une valeur intermédiaire. L'attracteur est ce vers quoi convergent les transformations individuelles.

Par exemple, si la fidélité est élevée, les techniques apprises restent proche des techniques des maîtres, donc en moyenne les chaînes causales restent toutes proches d'une valeur intermédiaire entre les deux attracteurs. Au contraire, si la fidélité est plus faible, les techniques des nouveaux archers s'éloignent plus facilement de celles de leur

⁷¹ Les simulations réalisées contiennent toutes les paramètres suivants. On considère une population de $n = 500$ individus, dont les techniques sont initialement distribuées uniformément entre $P_0 = 0$ et $P_1 = 1$. La proportion de gaucher est fixée à 20%. Pour éviter les effets de bord, on autorise les techniques à dépasser les bornes 0 et 1. D'autre part, pour limiter les effets stochastiques, on considère que la construction n'est pas parfaite, on considère que $x_i' = fx_i + (1 - f)P_i + \varepsilon$, où ε est une variable aléatoire normale, centrée autour de 0 et avec un écart type de 0.1.

maîtres. Cette différence peut être illustrée en regardant ce qui se passe pour une chaîne causale, dans le cas où la fidélité est forte et dans le cas où elle est faible (voir Figure 51).

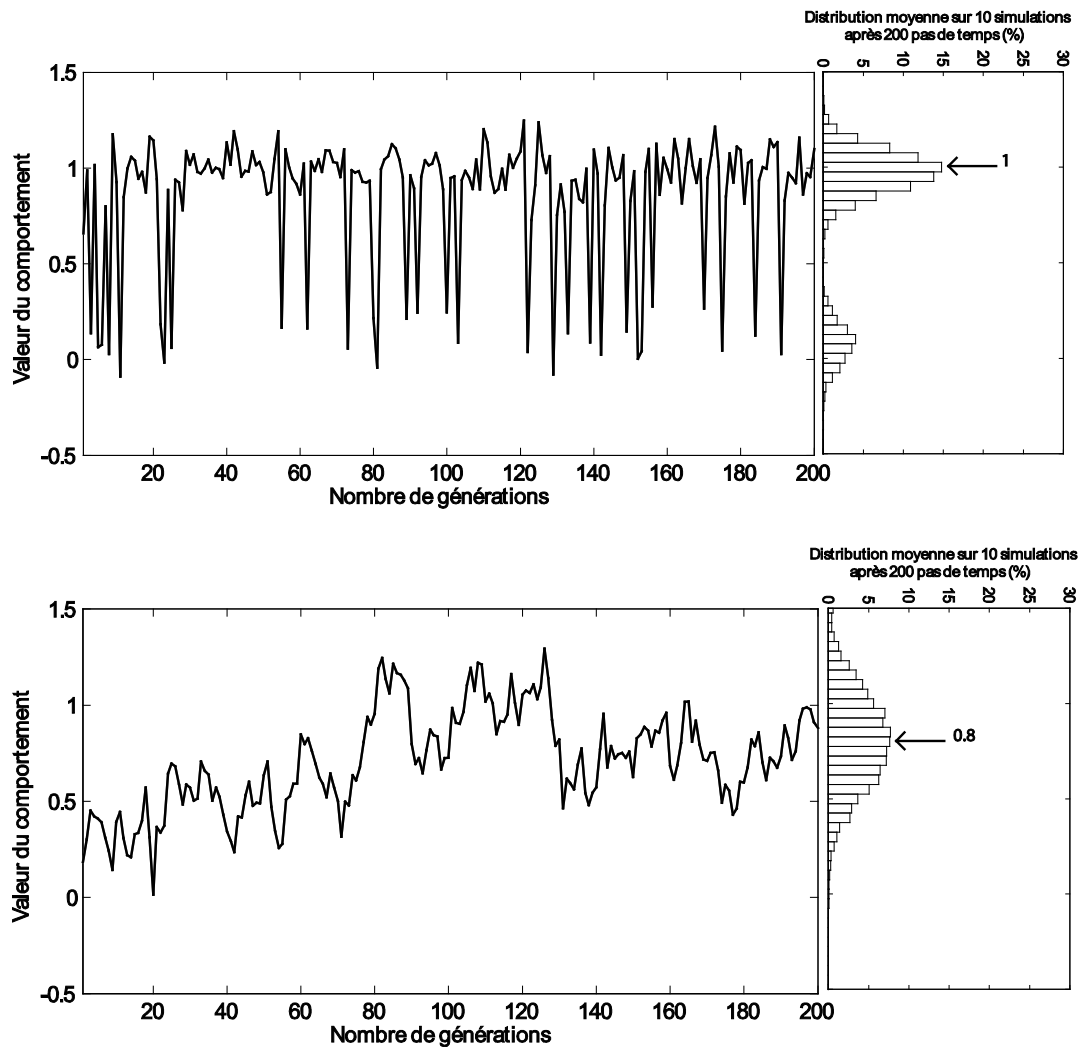


Figure 51 : Effets de la fidélité sur la transmission des techniques de tir à l'arc. Dans cette figure, une seule chaîne de transmission est représentée dans le panel de gauche. La distribution moyenne observée est représentée dans le panel de droite, avec une population de $n = 500$ individus. En haut la fidélité est très faible (0.01), les élèves modifient considérablement ce qu'ils ont appris, d'où les brusques sauts vers 0 et 1 en fonction de leur préférence manuelle. En bas, la fidélité est très élevée (0.9), donc les transitions entre 0 et 1 sont beaucoup plus lentes et se font sur de nombreuses générations. Les paramètres considérés sont les suivants : $s = 0$, $f = 0.1$ ou 0.9 .

Plus la fidélité est faible plus les chaînes causales convergent vers l'attracteur principal, ici 1, plus elle est forte plus elles convergent vers \bar{x}_{eq} . Dans le cas où la fidélité est forte, les transformations sont microscopiques et c'est à travers leur accumulation que les chaînes convergent vers une valeur intermédiaire. Au contraire, dans le cas où la fidélité est faible, les transformations sont brutales, mais globalement elles ont plus tendance à favoriser l'attracteur qu'une autre valeur. Dans tous les cas, ce qui caractérise l'attracteur c'est la distribution des transformations au sein de la population.

Comme précédemment, la sélection agit sur l'attraction en biaisant la distribution vers les valeurs qui sont sélectionnées, ici, les valeurs de x élevées (voir Figure 52 et comparer avec la Figure 50).

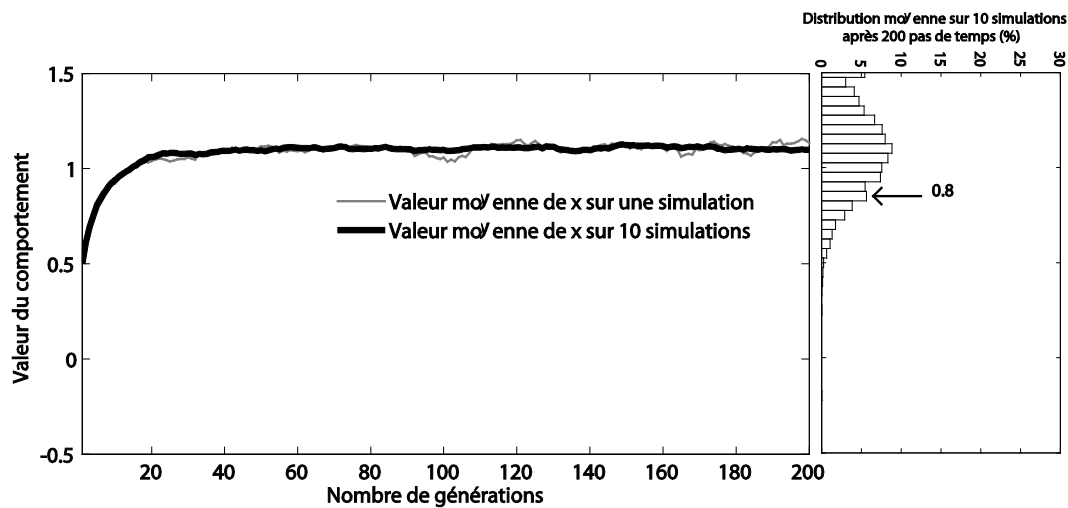


Figure 52 : Modèle du tir à l'arc avec attraction et sélection, comparer avec la Figure 50. On remarquera qu'en présence de sélection, l'élément le plus fréquent n'est pas uniquement déterminé par l'attraction (0.8). Les paramètres considérés sont les suivants : $s = 0.5$ et $f = 0.9$.

Ces deux exemples, celui des cigarettes et celui du tir à l'arc, permettent de préciser d'avantage la notion d'attracteur et d'attraction. Les conclusions principales auxquelles nous sommes arrivés sont les suivantes.

Ces exemples mettent clairement en évidence le fait qu'un attracteur n'est pas un facteur psychologique, environnemental ou autre, c'est une propriété d'une distribution de facteurs, que nous avons appelés facteurs d'attraction. Un attracteur est un type d'élément particulier à cause de la présence de facteurs d'attraction. Autrement dit, ce

sont les facteurs d'attraction, qui sont constitués de mécanismes psychologiques, de biais environnementaux... et qui permettent d'expliquer la présence d'attracteurs.

D'autre part, dans ces exemples, les attracteurs sont le résultat de la diversité des transformations qui ont lieu. Si les transformations sont homogènes, à travers les situations et les individus, la notion d'attraction perd une grande partie de son intérêt. C'est au contraire pour expliquer comment la diversité des transformations peut donner lieu à une certaine forme de stabilité au niveau de la population que la notion d'attraction a été développée. Nous avons eu, à ce propos, l'occasion d'insister sur le fait que les transformations étaient fréquentes et dépendantes des individus et du contexte dans lequel ils se trouvaient. Dans le cas général, différents individus vont donc appliquer différentes transformations, et c'est uniquement lorsque ces transformations ont une orientation particulière que les éléments peuvent devenir fréquent, et par là même culturel.

Ensuite, nous avons aussi vu que le rôle de la sélection est, encore une fois, complémentaire de celui de l'attraction. L'exemple que nous avons choisi considère une sélection linéaire, comme le biais direct, mais la même conclusion générale s'applique aux cas non linéaires, comme le biais de prestige ou le biais de conformisme. Si attraction et sélection ont un rôle complémentaire, cela signifie aussi qu'en présence de sélection, l'attracteur n'est pas toujours l'élément le plus fréquent. Si plusieurs attracteurs affectent simultanément les chaînes causales, celles-ci ne convergent pas forcément vers un attracteur, elles peuvent se stabiliser à des valeurs intermédiaires.

Enfin, ces exemples mettent clairement en évidence le fait que les facteurs d'attraction ne sont pas seulement psychologiques. Dans ces deux exemples, les facteurs d'attraction sont physiologiques : le fait d'être droitier ou gaucher ou l'addiction au tabac. Mais les facteurs d'attraction peuvent aussi être psychologiques, environnementaux, etc.

4.3.4 CONCLUSION

L'agrégation des transformations qui ont lieu au niveau local, conduit parfois au processus d'attraction au niveau de la population. L'attraction, et les attracteurs, sont des notions populationnelles : il n'y a pas d'attraction si il n'y a qu'un individu par exemple. Par contre, il existe des facteurs microscopiques d'attraction, psychologiques

et écologiques, qui expliquent pourquoi les transformations ne sont pas aléatoires et pourquoi on observe des attracteurs au niveau de la population. Cette différence entre le niveau populationnel et le niveau microscopique est fondamentale. L'attraction et la sélection sont des notions descriptives. Remarquer qu'une espèce a été sélectionnée par rapport à d'autre n'est qu'une description des faits, et elle suscite la recherche d'une explication des facteurs qui ont produit cette sélection. De la même manière, remarquer la présence d'un attracteur n'explique pas pourquoi ce type d'élément est culturellement stable mais permet de formuler des hypothèses sur la présence de facteurs sous-jacents qui expliquent cette distribution particulière.

Attraction et sélection orientent donc la recherche de facteurs de stabilité différents. L'attraction vers les facteurs qui sont sensibles au contenu des éléments culturels, la sélection vers les facteurs qui sont sensibles à la source des éléments en question. Parfois les mécanismes sont sensibles soit à l'un, soit à l'autre. Ce sont probablement des mécanismes spécialisés qui évaluent la fiabilité d'un informateur, sa compétence, la fréquence de l'information qu'il communique ou son prestige. D'autres qui s'occupent de reconstruire ce qui est communiqué, d'en tirer des inférences, de raisonner et de produire de nouvelles informations à communiquer. Attraction et sélection sont donc deux forces complémentaires qui permettent d'expliquer la stabilité des éléments culturels.

Si l'on accepte cette conclusion, qu'en est-il du lien entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle ? Est-ce que le modèle sélectionniste peut s'accommoder du processus d'attraction ? Ou faut-il construire un nouveau modèle ?

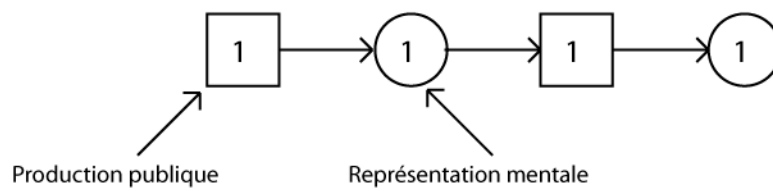
4.4 LE MODELE DES MATRICES CAUSALES EVOLUTIONNAIRES (MMCE)

Dans cette partie nous allons utiliser les résultats que nous avons tirés de l'étude des mécanismes psychologiques pour construire un modèle approprié de l'évolution culturelle. Ce modèle, que nous avons appelé modèle des matrices causales évolutionnaires, permet de voir quelles sont les conséquences à l'échelle de la population de l'agrégation des transformations qui touchent les éléments culturels au niveau local. Ce modèle est volontairement très général et les résultats sont préliminaires. Il s'agit plus de montrer quelle classe de modèle permettrait de décrire de manière adéquate l'évolution culturelle, que de se limiter à un cas particulier. Dans un premier temps nous commencerons par établir le modèle dans sa formulation la plus générale. Nous montrerons ensuite de quelle façon ce modèle rend compte de la sélection et de l'attraction. Nous montrerons de quelle manière ce modèle peut être relié aux modèles de dynamiques évolutionnaires qui existent en biologie et nous en concluons que l'évolution biologique et l'évolution culturelle sont des modèles populationnels analogue.

4.4.1 ELABORATION DU MMCE

La causalité dans le domaine culturel est diffuse ('promiscuous causality', Sperber & Claidière, 2006) : la présence d'un élément affecte la probabilité d'occurrence d'un autre élément, qui ne lui est pas nécessairement identique, ni même similaire (voir Figure 53).

Causalité itérative



Causalité diffuse

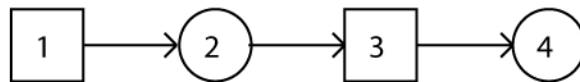


Figure 53 : Causalité itérative et diffuse. La causalité est itérative lorsque les éléments d'un type produisent en grande majorité des éléments du même type (ici le type 1). La causalité est diffuse quand les éléments d'un type conduisent fréquemment à la production d'éléments d'autres types (ici les types 1, 2 3 et 4).

Illustrons cette notion à l'aide d'un exemple. Dans certains cas, un élément participe à la production d'éléments qui lui sont similaires, mais non identiques. C'est le cas par exemple lorsque vous invitez des amis au restaurant. Votre invitation les pousse à vous retourner votre offre, mais les manières dont ils disposent pour vous la retourner sont très variables. Ils peuvent par exemple vous inviter à dîner chez eux, ou vous inviter à assister à un spectacle ou une exposition, vous offrir un présent, venir vous aider à déménager, etc. Votre action initiale encourage une certaine forme de réciprocité qui peut se concrétiser à travers différents comportements, identiques, très similaires ou peu similaires, peu importe.

Si l'on cherche à modéliser l'évolution culturelle en général, il faut pouvoir rendre compte des effets qu'on des éléments très différents les uns sur les autres. Pour caractériser ces effets nous parlerons d'influence. Nous dirons par exemple que lorsque vous invitez des amis à dîner au restaurant, cela influence la probabilité qu'ils vous invitent en retour au restaurant. Nous noterons I_{AB} , l'influence qu'ont les éléments A sur les éléments B. Cette influence est une influence causale : la présence d'éléments A au temps t, affecte causalement la probabilité d'occurrence des éléments B au temps t+dt. Par exemple, la production de vins issus de raisins traités influence positivement la production d'aspirine, celle de vins issus de vignes biologiques l'influence négativement. Ou encore, si deux théories scientifiques sont en conflit sur l'explication

d'un phénomène, la publication d'un article par les tenants d'une théorie va influencer positivement la production d'un autre article par les tenants de l'autre théorie. L'influence peut donc s'exercer entre des éléments très différents et être positive ou négative (dans le sens où elle augmente ou diminue la probabilité d'occurrence des autres éléments).

Dans la plupart des cas, de nombreux éléments contribuent à la production de nombreux autres éléments, et le schéma causal complet des relations entre les éléments est trop compliqué pour être appréhendé, la causalité est diffuse. Néanmoins, il n'est pas rare en science de simplifier les relations entre les éléments en ne prenant en compte que les facteurs principaux. D'autre part, il est aussi possible de s'intéresser à des cas théoriques simplifiés qui permettent de comprendre une partie limitée des phénomènes étudiés. En gardant ces limites de la modélisation à l'esprit, l'important est de proposer un modèle qui ne fasse pas abstraction des propriétés fondamentales du phénomène que l'on étudie. Dans le cas présent, le modèle doit être populationnel et évolutif, il doit décrire comment la fréquence des éléments culturels varie au cours du temps en fonction des relations qui les lient. D'autre part, étant donné que la causalité est diffuse dans le domaine culturel, il nous faut un modèle général peu contraignant. Le modèle des matrices causales évolutionnaires que nous proposons répond à ces contraintes minimales et permet de mettre clairement en évidence les liens entre le domaine culturel et les domaines biologiques. Pour décrire ce modèle très simple, je donnerai un exemple général avec deux types d'éléments différents, étant entendu que le modèle peut être étendu à autant de type que le système particulier étudié requiert.

Notons A et B les éléments de deux types différents. Notons I_{AB} et I_{BA} l'influence de des éléments A sur les éléments B et réciproquement. On parlera d'hétéro-influence quand il s'agit de l'influence des éléments d'un type sur les éléments d'un autre type. Enfin, I_{AA} et I_{BB} l'influence des éléments A et B sur eux mêmes. On parlera d'auto-influence dans ce cas. Ce qui nous intéresse, c'est l'évolution du nombre A et de B au cours du temps. On peut représenter les relations qui caractérisent ce système de différentes façons, toutes équivalentes : sous la forme d'équations, sous la forme de matrices ou encore sous la forme de graphiques. Sous une forme graphique, on peut simplifier la représentation de l'enchaînement causal en ne décrivant que deux ensembles, A et B qui se reproduisent et s'influencent mutuellement (voir Figure 54).

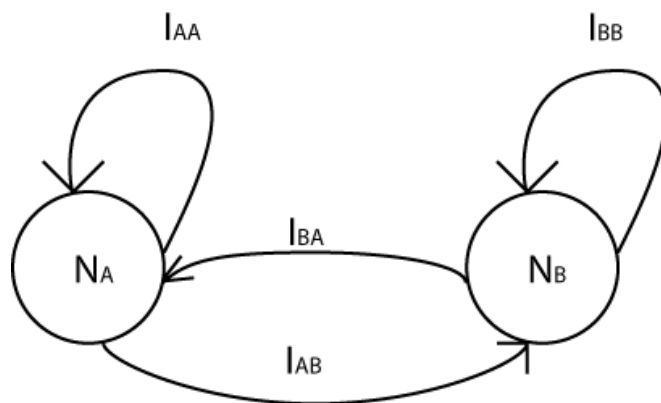


Figure 54 : Représentation simplifiée des chaînes causales dans le modèle de l'influence avec deux types.

Sous forme d'équations en temps continu on peut écrire :

$$\begin{aligned}\frac{dN_A}{dt} &= I_{AA}N_A + I_{BA}N_B \\ \frac{dN_B}{dt} &= I_{BB}N_B + I_{AB}N_A\end{aligned}$$

Dans lequel N_A et N_B représentent les nombres d'éléments A et B respectivement. Les paramètres I_{xy} sont des fonctions qui représentent l'influence de x sur y. Ce système on peut le représenter plus simplement avec une matrice M des coefficients des équations du système dynamique :

$$M = \begin{pmatrix} I_{AA} & I_{BA} \\ I_{AB} & I_{BB} \end{pmatrix}$$

Dans le cas général, l'analyse s'arrête ici. Il n'y a pas d'hypothèses générales qui permettent de réduire ce système à un système plus simple car les coefficients d'influence dépendent fortement du système que l'on étudie. Cette remarque est très importante, car nous allons voir par la suite, que dans certains cas il est possible de simplifier la matrice en fonction d'hypothèses assez générales sur les systèmes que l'on étudie. Néanmoins, dans le cas culturel, ces hypothèses représentent toujours des cas particuliers.

Dans certains cas particuliers, on peut préciser la valeur des coefficients d'influence et décrire l'évolution du système, ce que nous allons voir tout de suite en comparant ce modèle aux modèles de dynamiques évolutionnaires.

4.4.2 LA SELECTION DANS LE MMCE

Nous avons vu précédemment que la sélection était un facteur important de stabilisation des éléments culturels, il est donc primordial de faire le lien entre les modèles sélectionnistes et le modèle que nous proposons. Dans cette partie, nous allons voir comment la sélection intervient dans notre modèle en appliquant ce modèle au cas de l'évolution biologique.

Contrairement au domaine culturel, la causalité qui prédomine en évolution est une causalité itérative. Selon le célèbre proverbe, 'les chiens ne font pas des chats' (ou encore 'likes begets likes' en Anglais), un individu, quand il se reproduit, donne naissance à des individus qui lui ressemblent (voir Figure 53).

Cette propriété fondamentale du vivant est, tout a fait logiquement, intégré aux modèles évolutifs. La loi de Malthus, les équations de Lotka-Volterra en écologie, le modèle des répliqueurs... reposent tous sur une même manière de représenter l'évolution. Ils considèrent tous l'existence d'un taux de reproduction des éléments, qui est modulé par les forces que l'on considère.

Le plus simple de ces modèles, le modèle de Malthus s'écrit ainsi pour deux espèces (voir aussi l'équation 1.1) :

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= f_x x \\ \frac{dy}{dt} &= f_y y\end{aligned}$$

Dans laquelle x et y est le nombre d'individu dans chaque espèce, f_x et f_y leur fitness et t le temps. Ce que l'on peut aussi représenter par la matrice des paramètres suivante :

$$\begin{pmatrix} f_x & 0 \\ 0 & f_y \end{pmatrix}$$

Le modèle de Malthus correspond au système le plus simple que l'on puisse considérer pour rendre compte de l'évolution en biologie. Il stipule simplement que si les éléments se reproduisent à un taux constant, leur nombre augmente exponentiellement, et on peut en conclure que si deux éléments se reproduisent à des taux différents, l'un des deux, celui qui se reproduit le plus vite, va finir par éliminer l'autre (la proportion d'un des

deux types tend vers 1, celle de l'autre type tend vers 0). L'hypothèse fondamentale, qui nous intéresse ici, est que les éléments, en se reproduisant, produisent d'autres éléments qui leur sont parfaitement similaires. On remarquera que la fitness apparaît sur la diagonale descendante de la matrice, la reproduction est un cas typique d'auto-influence.

Dans le domaine culturel, nous avons vu que la phonologie des mots pouvait constituer de bons répliqueurs dans certains cas (voir la partie 2.3.2, pp 94). Prenons par exemple le terme *dāta*, tel qu'il est prononcé en latin. Ce terme a été exporté du latin vers l'anglais ou sa prononciation a été modifiée en *dätə*. Pour rendre compte de cette transformation on peut faire l'hypothèse que le terme latin quand il a été introduit en anglais a subi une mutation et que les deux variants sont entrés en compétition. Selon cette explication, purement sélectionniste, les deux termes se sont reproduits à des vitesses différentes et la prononciation anglaise a fini par éliminer l'autre variant (voir Figure 55).

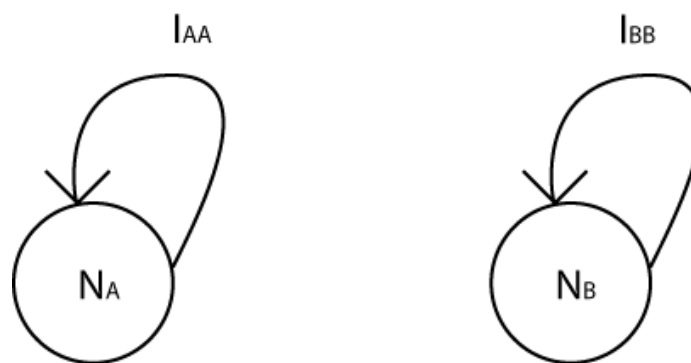


Figure 55 : Reproduction des prononciations de 'data' dans une communauté anglophone. Les deux variants *dāta* et *dätə* se reproduisent à des vitesses différentes. N_A et N_F représentent le nombre de prononciations anglaises et latines respectivement, I_{AA} et I_{FF} l'influence que ces prononciations exercent sur la production de nouvelles prononciations de même type.

Comme précédemment, on peut représenter ce système à travers les équations suivantes (en temps continu) :

$$\frac{dN_A}{dt} = I_{AA} N_A$$

$$\frac{dN_F}{dt} = I_{FF} N_F$$

Autrement dit, la matrice qui caractérise ce système est la suivante :

$$M = \begin{pmatrix} I_{AA} & 0 \\ 0 & I_{FF} \end{pmatrix}$$

On remarquera que dans cette matrice les termes équivalents à la fitness, I_{AA} et I_{FF} , apparaissent sur la diagonale descendante.

Dans le modèle de Malthus, la fitness est constante, mais dans de nombreux autres modèles évolutifs ce n'est pas le cas. Les modèles de Lotka-Volterra par exemple, considèrent le cas dans lequel la fitness des éléments varie en fonction de la quantité d'éléments du même, ou d'un autre type⁷². Dans leur forme générale ces équations peuvent s'écrire :

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= (\alpha - \beta y)x \\ \frac{dy}{dt} &= (\varepsilon - \phi x)y \end{aligned}$$

Ou encore :

$$\begin{pmatrix} \alpha - \beta y & 0 \\ 0 & \varepsilon - \phi x \end{pmatrix}$$

Dans lesquelles, x et y sont les densités de deux types différents et α , β , ε et ϕ les paramètres régissant les interactions entre ces types. Dans ce modèle la fitness f est devenue une fonction de nouveaux paramètres décrivant les interactions entre types.

⁷² L'équation du réplicateur, utilisée en théorie des jeux est, elle aussi, une variation sur ce même thème (Page & Nowak, 2002). Dans cette équation on considère qu'une stratégie, notée i, parmi les N stratégies existantes, à une dynamique du type $dx_i / dt = (f_i(X) - \bar{f})x_i$. Dans laquelle, $X = (x_1, \dots, x_n)$ et $\bar{f} = \sum_i f_i x_i$. Cette équation stipule simplement que le succès d'une stratégie dépend des relations qu'elle entretient avec toutes les autres stratégies.

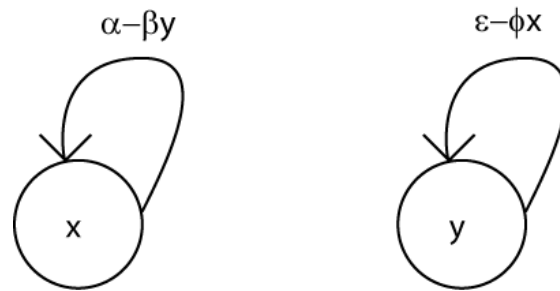


Figure 56 : Relations causales entre les différents types dans les équations de Lotka Volterra. La fitness d'un élément est dépendante de la présence d'autres éléments.

Dans le domaine culturel, ces modèles peuvent servir à trouver des phénomènes analogues. Par exemple, une certaine forme de conformisme peut être obtenue sans sélection, par simple antagonisme des interactions. Est-ce que vous préférez boire du vin rouge ou du vin blanc avec le fromage ? Est-ce que vous marchez à droite ou à gauche sur les trottoirs ? Si vous choisissez l'un ou l'autre de ces comportements, cela nuit directement au comportement complémentaire. On pourrait représenter ce système de la manière suivante :

$$M = \begin{pmatrix} \alpha - \beta N_A & 0 \\ 0 & \gamma - \delta N_B \end{pmatrix}$$

Dans laquelle α , β , δ et γ sont des constantes positives, et N_A , N_B les nombres des types A et B respectivement. Si l'on fait l'hypothèse que les éléments se reproduisent à la même vitesse ($\alpha = \gamma$, donc qu'il n'y a pas de sélection) et qu'ils s'influencent de la même manière ($\beta = \delta$), alors une légère différence dans les conditions initiales induit une élimination des éléments les moins fréquents initialement (voir Figure 57).

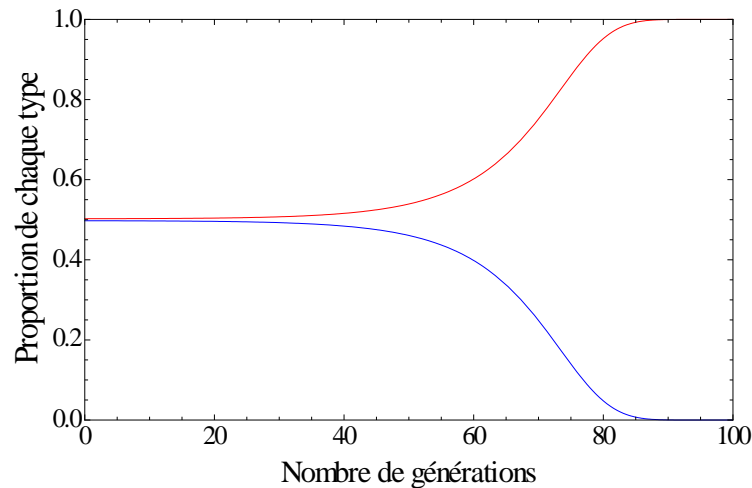


Figure 57 : Conformisme sans sélection. Le type 1, en rouge, légèrement plus fréquent initialement, élimine le type 2, en bleu. Résolution numérique des équations différentielles suivantes : $dN_A / dt = (\alpha - \beta N_B) N_A$ et $dN_B / dt = (\alpha - \beta N_A) N_B$. Avec $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.01$ et les conditions initiales suivantes $N_1(t=0) = 1$ et $N_2(t=0) = 0.99$. En abscisse est représenté le temps, en ordonnée la proportion de chacun des types ($N_A(t) / (N_A(t) + N_B(t))$ et $N_B(t) / (N_A(t) + N_B(t))$).

Dans ce cas, les éléments les plus fréquents se propagent, les moins fréquents disparaissent. Il s'agit bien d'un exemple de conformisme dont l'équivalent en biologie serait la compétition.

Cet exemple suggère l'existence d'un cas symétrique, dans lequel les éléments se renforcent mutuellement, équivalent du mutualisme en biologie. On pourrait penser, par exemple, aux prix des produits entre différents magasins, qui tendent à être localement homogène. Si un magasin baisse légèrement ses prix, les autres magasins vont avoir tendance à s'ajuster. On pourrait représenter ce système de la manière suivante :

$$M = \begin{pmatrix} \alpha + \beta N_A & 0 \\ 0 & \gamma + \delta N_B \end{pmatrix}$$

Comme précédemment, si l'on fait l'hypothèse que les éléments se reproduisent à la même vitesse ($\alpha = \gamma$, donc qu'il n'y a pas de sélection) et qu'ils s'influencent de la

même manière ($\beta = \delta$), alors une différence dans les conditions initiales disparaîtra progressivement (voir Figure 58).

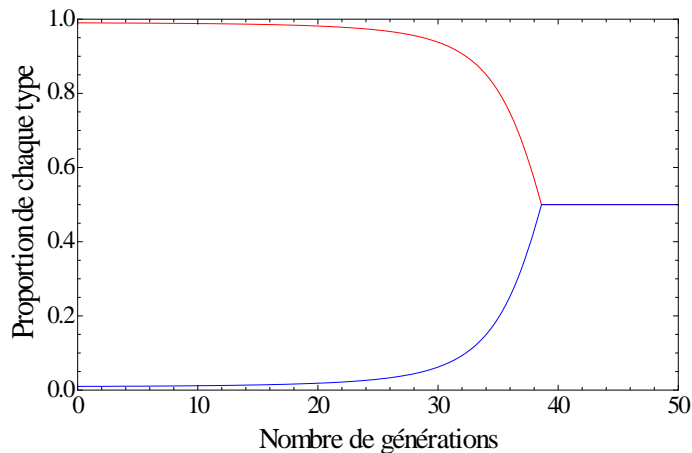


Figure 58 : Egalitarisme sans sélection. La différence entre le type 1, en rouge, initialement très fréquent et le type 2, en bleu, finit par disparaître. Résolution numérique des équations différentielles suivantes : $dN_1 / dt = (\alpha + \beta N_2)N_1$ et $dN_2 / dt = (\alpha + \beta N_1)N_2$. Avec $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.01$ et les conditions initiales suivantes $N_1(t=0) = 1$ et $N_2(t=0) = 0.01$. En abscisse est représenté le temps, en ordonnée la proportion de chacun des types ($N_1(t) / (N_1(t) + N_2(t))$ et $N_2(t) / (N_1(t) + N_2(t))$).

Les différences de fréquence entre les deux types finissent par disparaître.

On remarquera que dans tous ces modèles, classiques et largement utilisés en biologie évolutive, reposent tous sur l'hypothèse qu'il n'y a *jamais* de mutation. Les éléments d'un type produisent toujours des individus du même type. Cela montre clairement qu'en première approximation la causalité en biologie évolutive est essentiellement itérative, les individus produisent d'autres individus qui leur sont identiques. Cette propriété a amené les évolutionnistes à construire des modèles qui accordent une place centrale au processus de reproduction et qui dans le meilleur des cas considèrent comme marginal le rôle des processus transformatifs (hormis, bien sûr dans leur rôle de source de variation). Or, comme nous l'avons vu, dans le domaine culturel, les processus transformatifs jouent un rôle essentiel, la causalité n'est dans ce cas pas itérative, mais diffuse.

4.4.3 L'ATTRACTION DANS LE MMCE

En biologie, les mutations sont souvent négligées pour deux raisons principales. La première est qu'elles constituent des forces relativement faibles car les taux de mutation sont souvent très faibles. La seconde est que les mutations sont des forces aveugles, ce sont des forces entropiques qui ne sont pas dirigées vers une plus grande adaptation des organismes. Les effets des mutations se limitent donc le plus souvent à produire une certaine variation au sein de la population, variation qui est elle-même présumée dans la plupart des modèles évolutifs. Cependant, dans certains cas particuliers, comme dans le cas des virus, les mutations jouent un rôle essentiel dans la dynamique évolutionnaire et certains modèles ont été développés dans le but d'intégrer ce phénomène. Prenons le cas par exemple de l'équation du réplicateur-mutateur, équivalente à celle du réplicateur, mais incluant la mutation⁷³. Cette équation peut s'écrire :

$$\frac{dx_i}{dt} = (f_i(\mathbf{x}) - \bar{f})q_{ii}x_i + \sum_{j \neq i} f_j(\mathbf{x})q_{ji}x_j$$

Dans laquelle $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$ et $i \in [1, n]$. Les termes q_{ji} désignent la probabilité qu'un élément j donne naissance, par mutation à un élément i . Dans ce cas, on considère explicitement la probabilité qu'un élément donne naissance à un élément différent. On remarquera que l'équation du réplicateur-mutateur est encore construite sur le même principe que les autres équations de dynamique évolutionnaire. Les termes à gauche de l'addition représentent le fait que les éléments se reproduisent avec une certaine fitness $(f_i(\mathbf{x}) - \bar{f})$ et qu'il y a une certaine probabilité pour qu'ils restent du même type, q_{ii} . La partie droite additionne simplement les éléments de types j qui se sont transformés en éléments de type i . L'influence est donc séparée entre d'un côté la production d'éléments nouveaux, la fitness, et de l'autre côté la probabilité que les éléments demeurent du même type ou qu'ils se transforment en un autre type. Pour faire le lien avec ce que nous avons vu précédemment, nous pouvons écrire ce système sous forme matriciel et pour deux types d'éléments :

⁷³ L'équation du réplicateur-mutateur est elle-même équivalente à celle de Price (Page & Nowak, 2002) :

$$\frac{dE(x)}{dt} = Cov(f, x) + E(dx/dt). \text{ Le terme de covariance donne l'effet de la fitness sur le trait, et le}$$

terme d'espérance l'effet de la mutation, ou de la transformation.

$$\begin{pmatrix} (f_x(x, y) - \bar{f})q_{xx} & f_y(x, y)q_{yx} \\ f_x(x, y)q_{xy} & (f_y(x, y) - \bar{f})q_{yy} \end{pmatrix}$$

L'effet des mutations apparaît maintenant à travers les termes qui sont en dehors de la diagonale descendante.

Les équations de dynamiques évolutionnaires reposent donc toutes sur le même principe : une partition entre d'un côté la fitness, la production de nouveaux éléments, qui peut dépendre de facteurs plus ou moins complexes, et de l'autre la probabilité de transformation éventuelle, qui correspondent en biologie aux mutations et qui sont le plus souvent négligées. Dans le domaine culturel, l'influence peut aussi être décomposée dans certains cas. Pour maintenir une distinction entre domaine biologique et domaine culturel, nous parlerons de contribution causale et de probabilité de transformation comme équivalent formel de la fitness et de la probabilité de mutation.

L'attraction, comme nous l'avons vu, correspond au fait que certains types de transformations sont fréquents, malgré l'absence de différences de contribution causale. Si l'on fait l'hypothèse que tous les types ont la même contribution causale, la matrice précédente se simplifie en :

$$\begin{pmatrix} q_{xx} & q_{yx} \\ q_{xy} & q_{yy} \end{pmatrix}$$

Autrement dit, l'attraction, résulte des probabilités de transformations des éléments d'un type en éléments d'un autre type.

Pour donner un exemple, reprenons le modèle cigarette que nous avons vu dans la partie précédente, et simplifions le pour éviter d'avoir à représenter une matrice 31x31. Supposons qu'il y a seulement trois types de fumeurs, les gens qui ne fument pas (noté N pour non fumeur), les fumeurs intermédiaires (notés I), qui fument 10 cigarettes par jour et les gros fumeurs (G), qui fument 25 cigarettes par jour. Supposons que la matrice des influences soit comme suit :

$$\begin{matrix} N \\ I \\ G \end{matrix} \begin{pmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0 & 0.8 & 0.7 \end{pmatrix}$$

Les non fumeurs ont tendance à rester non fumeurs mais certains deviennent intermédiaires. La position intermédiaire est instable, la plupart d'entre eux finissent par

devenir des gros fumeurs. Finalement, les gros fumeurs ont tendance à rester gros fumeurs, mais certains d'entre eux arrêtent de fumer ou deviennent des fumeurs intermédiaires. Avec cette matrice on peut calculer la proportion de chacun des types à l'équilibre, et on trouve qu'à chaque instant environ 33% des individus sont non fumeurs, 18% sont des fumeurs intermédiaires et 49% sont des gros fumeurs. Fumer beaucoup de cigarettes correspond dans ce cas à un attracteur.

Si l'on représente maintenant la contribution causale de chaque type d'éléments aux éléments à venir, la matrice devient :

$$\begin{matrix} N \\ I \\ G \end{matrix} \begin{pmatrix} 0.8 \times C_N & 0.1 \times C_I & 0.1 \times C_G \\ 0.2 \times C_N & 0.1 \times C_I & 0.2 \times C_G \\ 0 \times C_N & 0.8 \times C_I & 0.7 \times C_G \end{pmatrix}$$

Dans laquelle C_I et correspond à la contribution causale des éléments I, l'équivalent de la fitness en biologie. Pour observer l'effet de la sélection, si la sélection favorise les non fumeurs, on peut faire l'hypothèse que $C_I = C_G = 1$ et $C_N = 1 + s$, où s est le coefficient de sélection. Si s vaut 0.5 par exemple, 56% des individus sont non fumeurs, 19% sont des fumeurs intermédiaires et 25% sont des gros fumeurs à l'équilibre. Le type le plus fréquent n'est plus l'attracteur, mais le type le plus fortement sélectionné.

Si l'on peut décomposer l'influence en des termes équivalents à la fitness et à la mutation, et si le modèle de l'influence décrit l'évolution culturelle de manière générale, alors pourquoi ne pas simplement utiliser les concepts qui existent déjà en biologie, les termes de fitness et de mutation, et en conclure que l'évolution culturelle est finalement parfaitement analogue à l'évolution biologique ?

4.4.4 DES MODELES FORMELLEMENT IDENTIQUES ET FONCTIONNELLEMENT DIFFERENTS

Il y a cinq bonnes raisons au moins, il me semble, pour reconnaître une certaine analogie entre les processus biologiques et ceux culturels et néanmoins désirer conserver une terminologie et des notations séparées. J'en présenterai quatre dans cette partie, et la cinquième sera l'objet de la prochaine section.

Le premier problème, qui me semble être le plus facile à résoudre, est un problème terminologique. Les termes de fitness et de mutation sont généralement associés à certaines propriétés qui sont spécifiques des processus biologiques. Au terme de mutation on associe généralement le fait qu'elles sont rares, qu'elles ont le plus souvent des effets délétères et qu'elles sont aveugles. Ces propriétés ne font pas parties de la définition du terme mutation qui est généralement formulée en termes de changement du matériel héréditaire. Néanmoins, le terme est dans une certaine mesure indissociable de ces propriétés qui ne font pas partie de son équivalent culturel qu'est la transformation. Au contraire, nous avons défendu l'idée que les transformations étaient fréquentes, importantes et non aveugles. De la même manière, le terme de fitness est généralement associé au processus de reproduction. On parle par exemple souvent de reproduction différentielle des individus, ou de taux de répliation différentiel d'un gène. Dans le domaine culturel, nous avons avancé que la stricte reproduction ou répliation est rare, et qu'il vaut mieux parler de contribution causale. Pour ces raisons, il me semble délicat d'utiliser les termes biologiques pour référer à des éléments possédant une équivalence formelle, mais qui, empiriquement, se révèlent avoir des propriétés très différentes. Cela introduit une confusion qui, à mon avis, peut facilement être évitée.

Le deuxième problème que pose l'utilisation des concepts biologiques dans le domaine culturel, est qu'ils ne renvoient pas à des mécanismes équivalents. La mutation relève de mécanismes particuliers : crossing-over, erreurs de synthèse, effets des radiations ou des radicaux libres, etc. La fitness relève de la reproduction : production des gamètes, accouplement, fécondation, etc. Ces deux ensembles de mécanismes sont en grandes parties disjoints : la plupart des mécanismes qui interviennent dans la mutation n'interviennent pas dans la reproduction et inversement. Au contraire, dans le cas des mécanismes psychologiques, nous avons suggéré que contribution causale et transformation n'étaient pas le propre de mécanismes distincts mais faisaient partie intégrante des processus étudiés. Cette distinction n'est valable que pour les besoins de l'analyse.

De la même manière, il nous a été utile, pour traiter des rapports entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle, de séparer nettement attraction et sélection darwinienne. Cependant, on pourrait faire valoir que la sélection n'est qu'un cas particulier d'attraction, de la même manière que la répliation est un cas limite de transformation (d'absence quasi-totale de transformation durant la transmission pour

être plus précis). Selon ce point de vue, la sélection résulte de la dominance de facteurs d'homo-attraction par rapport à ceux d'hétéro-attraction, ce qui apparaît clairement dans le modèle MMCE. Dans ce cas, réduire l'attraction en termes de fitness et de probabilité de mutation serait trompeur sur la nature des processus impliqués.

Enfin, nous avons vu que dans le cas général, la décomposition en terme de contribution causale et de transformation n'est pas possible. Si le nombre de manifestations le samedi influence le nombre de personnes qui prennent les transports en communs ce jour là, décomposer cette influence en termes de contribution causale et de transformation ne fait aucun sens. La manifestation ne se transforme pas, pas plus qu'elle ne mute, en déplacements en transports publics. L'influence n'est, dans ce cas, pas le résultat d'un produit de facteur et ce serait se tromper sur le rôle de la modélisation que de suggérer qu'il faut tout de même décomposer l'influence. Le modèle doit être adapté pour décrire ce qui est observé, ce n'est pas la description de ce qui est observé qui doit être adaptée pour les besoins du modèle.

Ces raisons me laissent penser que malgré le rapport formel évident entre le modèle des matrices causales évolutionnaires et le modèle du réplicateur mutateur, il est important de conserver une distinction terminologique et conceptuelle entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle. Ce sont des modèles formellement identiques, pas fonctionnellement identiques. Néanmoins, ce rapport formel nous apprend quelque chose sur le niveau d'analogie qu'on peut faire entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle.

4.4.5 LES MODELES POPULATIONNELS BIOLOGIQUES ET CULTURELS

Les rapports formels qui existent entre les modèles sont un moyen efficace pour déterminer si les principes qui gouvernent l'évolution biologique s'appliquent au domaine culturel. Si l'on accepte le fait que le modèle des matrices causales évolutionnaires est un modèle qui peut rendre compte de l'évolution culturelle dans son ensemble, et si l'on accepte aussi qu'il est formellement équivalent au modèle des réplicateurs-mutateurs dans sa formulation générale, alors on est forcé de reconnaître que le niveau d'analogie qui existe entre l'évolution culturelle et l'évolution biologique est le niveau populationnel. La correspondance entre les modèles est un argument pour

affirmer que l'évolution culturelle est populationnelle et qu'elle n'est ni réplivative, ni sélectionniste.

Cela étant dit, la conséquence de cette observation est que les liens entre l'évolution biologique et l'évolution culturelle sont très lâches. Les modèles populationnels peuvent être divers et variés et on peut se demander dans quelle mesure les modèles évolutionnistes ont un rôle privilégié dans l'explication des phénomènes culturels. Voici trois exemples qui donnent un aperçu de la diversité des modèles populationnels et non évolutionnistes qui pourraient être utilisés dans la modélisation de l'évolution culturelle.

Dans le modèle de virologie SIR, on cherche à décrire comment évolue une population infectée par maladie virale au cours du temps. On suppose l'existence de trois types d'individus différents : les Susceptibles, qui sont sains mais peuvent être contaminés par le virus, les Infectés, qui sont malades et les Résistants, qui ont été malades, ne portent plus le virus et ne peuvent plus devenir malades. On suppose que lorsqu'un Susceptible rencontre un Infecté, il y a une probabilité β que le Susceptible tombe malade. On suppose aussi que les Infectés guérissent à un taux constant γ . Avec ces hypothèses, la dynamique de ces trois types peut s'écrire :

$$\begin{pmatrix} S \\ I \\ R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\beta I & 0 & 0 \\ \beta S & -\gamma & 0 \\ 0 & \gamma I & 0 \end{pmatrix}$$

Ce modèle décrit les mouvements des individus entre les différents types : les individus sains deviennent des individus infectés qui deviennent à leur tour des individus résistants (voir Figure 59). Il n'y a pas de reproduction des individus, mais seulement des transformations d'un état vers un autre.

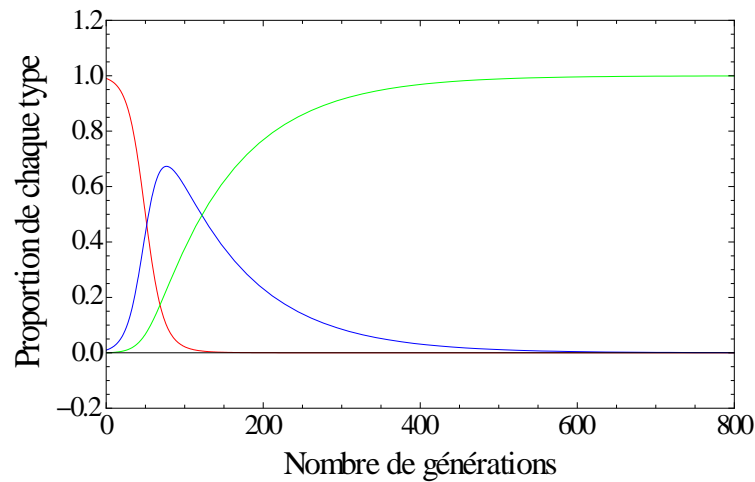


Figure 59 : Evolution des populations de personnes Susceptibles (Rouge), Infectées (Bleu) et Résistantes (Vert). Les paramètres sont tels que $\beta = 0.1$ et $\gamma = 0.01$. Initialement $S(t=0) = 1$ et $I(t=0) = 0.01$.

A terme, dans ce modèle, seul demeurent les individus résistants, résultat de la transformation successive des susceptibles en infectés puis des infectés en résistants. On notera que dans ce modèle il n'y a pas de reproduction, uniquement des transformations.

En écologie, les modèles de classe d'âge (ou modèles de Leslie) combinent à la fois reproduction et transformation. Prenons par exemple un cas hypothétique simple. Imaginons une espèce d'oiseaux, dont le cycle de vie peut se diviser en une période juvénile d'un an, durant laquelle les oiseaux ne se reproduisent pas, et une période adulte durant laquelle ils se reproduisent. Dans les modèles de Leslie, on ne considère généralement que les femelles car ce sont elles qui produisent les juvéniles. Notons N_J et N_A le nombre de juvéniles et d'adultes femelles, notons aussi F la fertilité des adultes (le nombre de juvéniles produits par une femelle), s_J et s_A les probabilités qu'un juvénile survive jusqu'à l'âge adulte et celle qu'un adulte meurt chaque année, respectivement. Une fois ces paramètres définis, nous pouvons représenter les relations qui unissent les individus à l'aide du diagramme suivant (voir Figure 60).

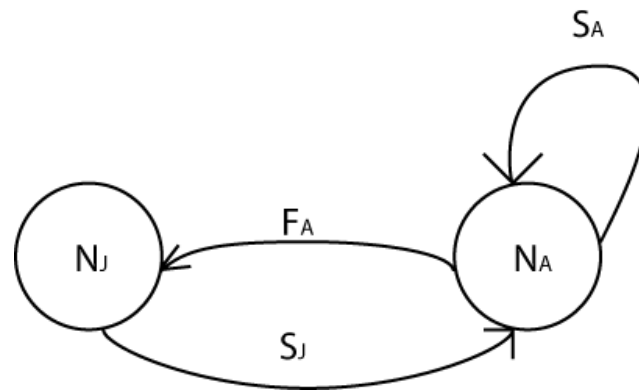


Figure 60 : Schéma de Leslie dans le cas hypothétique décrit dans le texte. Les juvéniles ont une probabilité s_J de survivre la première année et de devenir adulte. Les adultes ont une probabilité s_A de survivre à chaque année qui s'écoule, et à chaque année une femelle produit F_A juvéniles.

On peut étudier la dynamique de ces relations en décrivant le système de la manière suivante (en temps discret) :

$$\begin{pmatrix} 0 & F \\ s_J & s_A \end{pmatrix}$$

La reproduction des individus est représentée par le facteur F , la transformation des individus, leur passage d'une classe à l'autre, ou leur mort, par les facteurs s_J et s_A . En écologie, l'étude des matrices de Leslie permet de mieux comprendre quels sont les stades clés qui permettent à une espèce de se maintenir dans son milieu, et de déterminer si celle-ci est stable, entrain de décliner ou au contraire de croître.

Ces deux exemples montrent qu'il existe en biologie des modèles populationnels qui permettent d'étudier l'évolution d'éléments dans le cadre de relations causales diffuses, mais ils ne relèvent pas de ce que l'on entend classiquement par modèle évolutif : ce sont des modèles qui décrivent la dynamique des populations avec un patrimoine génétique constant⁷⁴. Néanmoins, rien n'empêche de représenter ces

⁷⁴ D'autres modèles, plus complexe, décrivent comment les deux processus interagissent, comment la dynamique des populations peut évoluer au cours du temps en fonction de l'adaptation des organismes à leur conditions environnementales (c'est le cas par exemple des dynamiques adaptatives). Cependant, ces modèles font aussi classiquement l'hypothèse que les mutations ont un rôle négligeable en dehors de la génération d'une certaine variation (ils font l'hypothèse que les mutations sont rares, qu'elles ont un effet microscopique, etc.).

phénomènes à l'aide des équations du réplicateur mutateur par exemple. En réalité, l'ensemble des systèmes que nous avons vu peut être représenté par de telles équations, car chaque terme de la matrice est défini par un ensemble de paramètres complexes qui reste à préciser, et on peut arranger ces paramètres de manière à ce qu'ils correspondent à chacun des cas que nous avons rencontrés. A un certain niveau d'abstraction, tous les systèmes populationnels qui évoluent peuvent être représentés de la même manière. L'équation du réplicateur-mutateur et l'équation de Price correspondent à un tel formalisme, elles peuvent modéliser l'évolution de *n'importe quel système populationnel*, y compris des systèmes comme le modèle SIR, ou des modèles de Leslie. Le niveau d'analogie qui caractérise ces modèles est donc très faible.

Dans ce cas, faut-il tenter d'adapter les modèles de biologie des populations au domaine culturel, en sachant qu'ils procèdent avec des hypothèses qui ne sont pas valides dans le domaine culturel, ou faut-il utiliser d'autres modèles, d'écologie, de chimie ou d'autres disciplines, qui, au cas par cas, sont plus proches de ce qui se passe dans le domaine culturel ? Personnellement, je ne vois pas de bonnes raisons qui justifieraient que l'on se limite aux modèles de biologie évolutive alors que d'autres modèles sont certainement plus adaptés et à notre disposition dans des disciplines voisines.

4.5 CONCLUSION DU CHAPITRE

L'objectif de ce chapitre était de montrer que les transformations des éléments culturels jouent un rôle essentiel dans l'évolution culturelle et qu'en conséquence il est nécessaire d'adapter les modèles de génétique des populations classiquement utilisés en biologie pour modéliser les phénomènes culturels.

Nous avons vu qu'une partie des transformations qui affectent les éléments culturels sont liées à l'existence de modules psychologiques spécialisés dans le traitement de certaines informations. Le module de la lecture, le module de reconnaissance des visages, les modules de construction des catégories phonémiques ou de catégorisation des couleurs... ont pour fonction de traiter des informations spécifiques, de réaliser des opérations et de produire de nouveaux outputs. Nous avons montré comment le principe de pertinence (notamment le principe cognitif) pouvait expliquer la nature des transformations que les modules effectuaient et ainsi les différences que l'on peut observer dans l'évolution des éléments culturels. Une histoire rapportant un nombre d'arrestations, les récits de combats fantastiques au pays des Ekangs ou encore les rumeurs de vols de sexe, n'évoluent pas de la même manière en partie parce que ces éléments recrutent des mécanismes psychologiques différents, qui effectuent des transformations différentes qui toutes tendent à maximiser la pertinence.

Les micro-transformations successives, liées à des facteurs psychologiques ou environnementaux, peuvent parfois expliquer la stabilité des éléments culturels. Nous avons parlé d'attraction pour désigner le fait que dans certains cas les transformations tendent à modifier les éléments culturels dans une direction privilégiée, donnant lieu à la présence de types d'éléments particuliers, les attracteurs. A travers l'étude des exemples théoriques des cigarettes et du tir à l'arc, nous avons montré que l'analyse des facteurs d'attraction et de sélection permettait de mieux comprendre la dynamique des chaînes causales. Notamment, dans certains cas, comme dans le cas des cigarettes, la dynamique des chaînes causales converge vers les attracteurs, tandis que dans d'autres cas, comme celui du tir à l'arc, la présence de plusieurs attracteurs fait converger les chaînes causales vers un type d'élément qui n'est pas un attracteur. Il faut donc distinguer l'attraction, et la présence d'attracteur, de la convergence des chaînes causales. Cette étude nous a aussi permis de montrer que l'attraction et la sélection sont

deux facteurs partiellement indépendants dont l'importance relative détermine l'évolution de la distribution des éléments culturels.

Attraction et sélection, construction et préservation, nous amènent à reconsidérer la possibilité d'utiliser les modèles de génétique des populations pour modéliser l'évolution culturelle. Le plus souvent, ces modèles ne prennent pas en compte la possibilité d'une transformation des éléments qui évoluent (c'est le cas du modèle de Malthus par exemple). Certains cependant décomposent l'évolution en termes de fitness et de probabilité de mutation (c'est le cas du modèle du réplicateur mutateur par exemple). Dans ce dernier cas, il serait possible d'adapter ces modèles aux cas culturels pour lesquels les transformations sont importantes. Malgré cela, nous avons défendu l'idée que même si un rapport formel peut être établi entre le domaine culturel et le domaine biologique, il est important de conserver une distinction terminologique et conceptuelle entre ces deux cas.

Cinq raisons principales justifient ce choix. Premièrement, le fait de conserver une distinction entre les deux domaines permet d'éviter certaines associations inévitables entre les termes et leurs propriétés exclusivement biologiques. Deuxièmement, les termes utilisés en biologie renvoient à des mécanismes qui n'ont pas d'équivalent culturel. Troisièmement, dans le domaine culturel, la décomposition en termes de contribution causale et de transformation n'est pas toujours la plus éclairante, dans certains cas au moins il semble préférable de garder la notion globale d'influence. Quatrièmement, selon un certain point de vue, que nous n'avons pas développé en détail ici, la sélection apparaît comme un cas particulier d'attraction. Rendant trompeuse une description de l'attraction en termes de fitness et de mutation. Enfin, conserver une distinction terminologique permet de laisser ouverte la possibilité d'emprunter les modèles d'autres champs disciplinaires, telle l'écologie ou la chimie, pour aborder les phénomènes étudiés.

Ce dernier résultat établi, nous allons pouvoir conclure sur le statut de l'évolution culturelle dans les théories darwiniennes.

5 CONCLUSION

A travers cette revue des différents modèles darwiniens de l'évolution culturelle, j'espère avoir montré que seul le modèle de l'épidémiologie culturelle est susceptible d'embrasser l'ensemble des phénomènes culturels. Cela ne signifie pas que les modèles mémétiques ou de la coévolution gène-culture n'ont pas leur place, seulement qu'ils sont des cas particuliers du modèle plus vaste et plus approprié de l'épidémiologie culturelle. Cette proposition, qui constitue le cœur de cette thèse, découle du raisonnement et des hypothèses suivantes.

Nous avons défini la culture comme un ensemble d'éléments, idées, objets, comportements, qui doivent une grande partie de leurs propriétés au fait qu'ils sont socialement transmis à travers de longues chaînes causales cognitives culturelles. Cette définition de la culture (ou ses variantes proches) est nécessaire à l'approche darwinienne car elle permet de décrire l'évolution culturelle en termes populationnels.

A l'aide de cette définition nous avons montré qu'il n'y a pas de discontinuité entre l'étude des phénomènes culturels et l'étude des phénomènes psychologiques, seulement une différence d'échelle. La psychologie étudie typiquement comment se réalise un maillon d'une chaîne causale cognitive, comment un individu réalise une action par exemple. En complément, l'anthropologie s'intéresse à un grand nombre de maillons et de chaînes causales différentes, dans une écologie donnée. Comprendre comment la culture évolue revient à comprendre comment les chaînes causales distribuent et transforment les éléments culturels et notamment comment cet enchevêtrement complexe de causes peut donner lieu à des éléments culturels stables. Cette question, de l'origine de la stabilité des éléments culturels, est au cœur de l'analyse que nous avons conduite. D'où provient cette stabilité ? Provient-elle de la fidélité des mécanismes psychologiques ? De la sélection culturelle ? Ou de la construction des éléments culturels ?

Dans le deuxième chapitre nous avons vu que la théorie mémétique partait de l'hypothèse qu'il existait des mécanismes psychologiques de transmission fidèles et

indépendants du contenu, jouant un rôle analogue à la réplication en biologie. Nous avons montré que la réplication en biologie est un mécanisme évolué et qu'il existe un compromis ('trade off') entre la fidélité du mécanisme de réplication et la quantité d'information qui peut être répliquée. Nous avons donné deux exemples, le chant des oiseaux et la phonologie, qui pourraient éventuellement convenir au modèle mémétique et nous avons montré que tel était le cas car le mécanisme d'acquisition, du chant des oiseaux ou de la phonologie, avait évolué pour être fidèle. Dans le cas général cependant, l'imitation au sens strict, qui est le meilleur candidat au poste de mécanisme de 'réplication' culturel, n'est pas assez fidèle pour garantir la stabilité des éléments culturels. La conclusion de ce deuxième chapitre est donc que l'origine de la stabilité des éléments culturels ne provient pas de la fidélité des mécanismes psychologiques et que la théorie mémétique possède un domaine d'application relativement restreint.

Dans le troisième chapitre nous avons abordé la question du rôle de la sélection darwinienne dans les processus culturels, qui constitue la proposition principale de la théorie de la coévolution gène-culture. Nous avons montré que selon cette théorie, la sélection culturelle est particulièrement importante et permet d'expliquer en grande partie l'évolution culturelle. Le biais d'hyper-conformisme et le biais de prestige notamment seraient le résultat de mécanismes psychologiques qui auraient évolué pour faciliter la prise de décision dans des environnements incertains et plus précisément temporellement variables. Nous avons critiqué, sur des bases théoriques, l'idée que de tels biais aient effectivement évolué dans de telles conditions et nous avons aussi montré qu'empiriquement rien ne permettait de conclure à l'existence de tels mécanismes. Nous avons aussi montré que l'idée même que la sélection culturelle possède un rôle déterminant dans l'évolution culturelle est subordonnée à l'évaluation de l'importance des mécanismes transformatifs (et notamment constructifs) qui peuvent potentiellement considérablement limiter son importance.

Dans une dernière et quatrième partie nous avons mis en évidence l'importance de la construction des éléments culturels par les mécanismes psychologiques. Nous avons d'abord montré que les mécanismes psychologiques tendent à être modulaires et à maximiser la pertinence (ce dernier résultat est obtenu en prenant l'exemple de la communication humaine qui joue un rôle crucial dans l'évolution culturelle). Cette maximisation de la pertinence induit le phénomène de construction des éléments culturels qui, au niveau de la population, donne parfois lieu au phénomène d'attraction.

L'attraction, comme processus résultant de l'agrégation des transformations individuelles, constitue une explication alternative au processus de sélection culturelle de la stabilité des éléments culturels. Il s'agit donc d'une force à la fois indépendante et complémentaire de la sélection culturelle.

Attraction et sélection culturelle constituent les deux forces qui permettent d'expliquer la stabilité des éléments culturels au sein des chaînes causales cognitives. Ces deux forces sont le résultat de la présence de facteurs, d'attraction ou de sélection, qui dépendent de chaque élément culturel étudié et qui ne peuvent être révélés que par une analyse détaillée des chaînes causales qui les produisent.

Cette conclusion permet aussi de répondre à la question : est-ce que l'évolution culturelle est darwinienne ? Dans le premier chapitre nous avons distingué trois ensembles théoriques qui pouvaient tous se réclamer du darwinisme : la pensée populationnelle, le sélectionnisme et la théorie des répliqueurs. Ces trois cadres conceptuels sont emboîtés car toute théorie faisant partie d'un domaine appartient a fortiori aux domaines d'ordre supérieur. La théorie des répliqueurs, qui est représentée par la mémétique dans le domaine culturel, se caractérise dans le domaine biologique par le processus de réplication qui donne naissance à une nouvelle forme de stabilité des molécules à l'origine du processus de sélection darwinienne. La théorie sélectionniste, représentée par la théorie de la coévolution gène-culture dans le domaine culturel, repose sur l'idée que le processus de sélection darwinienne est le principal facteur expliquant l'évolution biologique. Enfin, la pensée populationnelle, représentée par l'épidémiologie culturelle dans le domaine culturel, repose sur un modèle qui décrit l'évolution en termes de propriétés de populations d'éléments. Durant ce travail nous avons montré qu'une théorie générale de l'évolution culturelle ne pouvait pas se restreindre au domaine des répliqueurs ou au domaine sélectionniste, mais devait nécessairement se concevoir dans le cadre plus large de la pensée populationnelle. L'évolution culturelle est donc darwinienne au sens populationnel du terme mais pas dans un sens plus spécifique.

Probablement peu de biologistes seront favorables à l'idée d'appeler darwinienne une théorie qui est seulement populationnelle et qui n'accorde pas à la sélection darwinienne une place centrale dans l'explication des phénomènes évolutifs. Cependant, du point de vue des sciences humaines, une théorie populationnelle comme l'est l'épidémiologie culturelle est très nettement darwinienne dans son inspiration. Si

nous voulons rentrer dans le détail nous avons donc affaire à une théorie faiblement darwinienne pour la biologie, et fortement darwinienne pour les sciences humaines.

Cette discussion terminologique, qui n'a que peu d'intérêt en tant que telle, soulève tout de même une question plus profonde pour la biologie évolutive. En effet, si on accepte que les modèles d'évolution actuellement dominants, c'est-à-dire les modèles néo-darwiniens, ne sont pas appropriés pour l'étude de l'évolution culturelle, cela suggère que la théorie de l'évolution darwinienne, telle qu'elle est conçue aujourd'hui, ne peut pas rendre entièrement compte de l'évolution de la culture, donc de celle du comportement humain et éventuellement d'autres espèces. Cela soulève un problème sérieux pour toute personne qui considère que la théorie néo-darwinienne est suffisante pour expliquer l'évolution du vivant dans son ensemble. Sommes-nous entraînés d'assister aux premières étapes d'une remise en question du rôle de la sélection darwinienne en biologie évolutive ? Spéculons un instant sur les possibilités qui nous sont offertes.

Une première possibilité pour « sauver » les modèles néo-darwiniens serait simplement de nier l'importance de l'évolution culturelle dans le domaine des sciences du vivant. Cela reviendrait à exclure l'homme et la culture humaine de l'explication darwinienne en faisant valoir que les phénomènes culturels humains ont acquis une dynamique propre qui requiert une nouvelle forme d'explication qui dépasse le domaine biologique. Cette solution peut paraître attrayante au premier abord, mais elle court le risque d'exclure aussi les autres organismes qui possèdent de la culture : les singes, les cétacés et pourquoi pas les bourdons par exemple. En effet le terme de culture animale a acquis récemment une certaine légitimité dans le domaine scientifique⁷⁵ et étant donné la récurrence et le nombre encore limité d'études sur les cultures animales, on peut s'attendre à de profonds changements dans les années à venir.

Une seconde possibilité consiste à absorber les phénomènes culturels dans la théorie darwinienne en redéfinissant celle-ci de manière adéquate. Cela revient à proposer un changement majeur, une reformulation, des principes qui gouvernent l'évolution biologique, en acceptant, entre autres, que l'héritabilité lamarckienne des caractères joue un rôle important dans l'évolution des organismes et dans la théorie

⁷⁵ Les termes de culture animale sont employés depuis de nombreuses années par les éthologues (Bonner, 1980; McGrew & Tutin, 1978; E. O. Wilson, 1975) mais le débat concernant leur emploi est encore d'actualité (Byrne, et al., 2004; Galef, 1992) et révèle la jeunesse du domaine.

darwinienne de l'évolution. Jablonka et Lamb par exemple, insistent sur le fait que les connaissances actuelles en biologie cellulaire montrent qu'il existe des systèmes d'héritabilités non génétiques, donc épigénétiques, pour lesquels les hypothèses classiques des modèles évolutifs ne sont pas tenables (Jablonka & Lamb, 2006). Pour cette raison, elles suggèrent qu'il faut réviser notre conception moderne du darwinisme pour y inclure les phénomènes transformatifs (lamarckiens). Le fait qu'il existe des exceptions connues aux modèles sélectionnistes que nous venons de décrire n'est donc pas un argument contre une révision de ces modèles mais *pour* un changement profond de la manière dont ils sont conçus. Les arguments développés par Jablonka et Lamb et d'autres auteurs (Whitfield, 2008b), et qui montrent les limites de l'approche darwinienne actuelle, sont une preuve que les modèles darwiniens, tels qu'ils sont conçus actuellement, négligent les processus transformatifs en général (et pas seulement culturels).

En particulier, l'approche dominante en génétique des populations néglige souvent la complexité des relations écologiques dans l'évolution des espèces. On retrouve ici un thème de l'épidémiologie culturelle, qui aurait aussi pu s'appeler 'écologie culturelle', car l'entreprise épidémiologique vise en partie à expliquer l'évolution culturelle à partir des relations qui lient les éléments culturels à une écologie particulière (composée d'autres éléments culturels et de l'environnement dans lequel ils évoluent). Pour ne donner qu'un exemple, les transformations qu'introduisent les espèces dans leur habitat, les relations parfois complexes qu'elles entretiennent avec d'autres espèces, sont des thèmes importants en écologie qui ont été partiellement négligés ou simplifiés dans les théories néo-darwiniennes (e.g. Odling-Smee, et al., 2003; Sterelny, 2005). Les approches qui partent explicitement des relations écologiques pour comprendre la dynamique évolutionnaire des espèces, comme les dynamiques adaptatives, sont donc plus proches de ce que nous proposons ici que les modèles de génétiques des populations que nous avons vus⁷⁶.

Selon cette seconde possibilité, le darwinisme serait la théorie très générale que nous avons qualifiée de populationnelle et serait composé de divers processus tels que la

⁷⁶ Cependant, comme nous l'avons mentionné brièvement, les modèles de ce type font souvent les hypothèses supplémentaires, raisonnables en biologie, que les mutations sont rares, aveugles et infinitésimales par exemple. Ce qui limite pour l'instant la portée de ces approches dans le domaine culturel.

sélection darwinienne, l'attraction, la dérive... qui se réaliseraient avec plus ou moins de force en fonction des éléments évolutifs considérés : gènes, comportements, éléments culturels, éléments épigénétiques, etc.

Il me semble difficile d'adopter une position définitive sur ces questions à l'heure actuelle, mais une partie au moins de la solution se trouve selon moi dans la compréhension des liens entre évolution culturelle et évolution génétique. Si l'hypothèse sociobiologique avait été correcte par exemple, l'évolution culturelle s'expliquerait ultimement par l'évolution génétique et il n'y aurait pas de nécessité de modifier la théorie néo-darwinienne pour rendre compte des phénomènes culturels. Mais l'hypothèse sociobiologique s'avère erronée, en partie parce que l'attraction est indépendante de la sélection naturelle. Ceci est garanti par le fait que les domaines effectifs des modules peuvent être à l'origine de l'attraction et que, par définition, les domaines effectifs n'ont pas été naturellement sélectionnés, ils sont la conséquence indirecte de l'évolution biologique des domaines propres et peuvent néanmoins influencer l'évolution culturelle. Voici une des raisons pour lesquelles l'évolution biologique et l'évolution culturelle sont indépendantes : la sélection naturelle favorise l'émergence de capacités psychologiques qui traitent des éléments particuliers, qui définissent le domaine propre, mais les mécanismes psychologiques ainsi sélectionnés peuvent aussi traiter d'autres éléments pour lesquels ils n'ont pas été sélectionnés, qui font partie du domaine effectif. Le fait que les mécanismes psychologiques puissent traiter des éléments pour lesquels ils n'ont pas été sélectionnés peut amener la culture à évoluer dans des directions qui ne peuvent pas être prédites sur la base de l'évolution biologique uniquement. L'évolution culturelle est donc en partie autonome.

Dans une certaine mesure, la théorie darwinienne peut aussi absorber certains éléments radicalement nouveaux sans s'en trouver profondément affectée. Le développement de l'évolution neutre par Motoo Kimura dans les années 1960 est un tel exemple (voir la partie 3.2.1, pp 161). Kimura a montré qu'une partie importante de l'évolution moléculaire était liée à des changements de fréquence alléliques parfaitement aléatoires. Ce phénomène de dérive, désormais largement documenté et utilisé notamment en reconstruction phylogénétique, a été facilement incorporé au néo-darwinisme car il ne remet pas en cause l'importance de la sélection naturelle dans l'explication des phénomènes adaptatifs. La propagation des traits adaptatifs en biologie est *toujours* le résultat de la sélection naturelle.

Dans le domaine culturel, l'attraction pourrait fournir un autre processus susceptible de propager des éléments adaptatifs et ce nouveau processus pourrait être aussi important que la sélection culturelle. Nous avons vu par exemple que l'évolution de l'écriture est certainement en partie liée à de la sélection culturelle et en partie à de l'attraction. La sélection culturelle a certainement joué un rôle car parmi les nombreux systèmes qui ont été inventés, certains ont disparu ou proliféré en vertu de leur association avec des populations particulières. La propagation de l'alphabet latin par exemple a bénéficié de l'agrandissement de l'empire romain, aux dépens des autres formes d'écritures. L'évolution de l'écriture est aussi en partie liée aux interactions réciproques entre le système mental de reconnaissance des formes et les productions culturelles, donnant lieu à de l'attraction. La diffusion de l'écriture résulte donc à la fois des processus attractifs et des processus sélectifs. La présence de l'attraction dans le domaine culturel constitue donc une nouvelle source d'explication ultime des comportements humains, à la fois complémentaire, mais surtout indépendante de la sélection culturelle. On peut donc douter de la possibilité d'incorporer l'évolution culturelle dans la théorie darwinienne sans en modifier profondément la structure.

BIBLIOGRAPHIE

- Aisner, R., & Terkel, J. (1992). Ontogeny of pine cone opening behaviour in the black rat, *Rattus rattus*. *Anim Behav*(44), 327-336.
- Alexandre, P. (1974). Introduction to a Fang Oral Art Genre: Gabon and Cameroon mvét. *Bulletin of the School of Oriental and African Studies, University of London*, 37(1), 1-7.
- Alon, U. (2003). Biological networks: the tinkerer as an engineer. *Science*, 301(5641), 1866-1867.
- Amundson, R. (1998). Typology reconsidered: two doctrines on the history of evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, 13(2), 153-177.
- Andre, J., & Godelle, B. (2006). The evolution of mutation rate in finite asexual populations. *Genetics*, 172(1), 611-626.
- Aoki, K. (1986). A stochastic model of gene-culture coevolution suggested by the "culture historical hypothesis" for the evolution of adult lactose absorption in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83(9), 2929-2933.
- Aoki, K. (1987). Gene-culture waves of advance. *Journal of Mathematical Biology*, 25(5), 453-464.
- Aoki, K., Wakano, J. Y., & Feldman, M. W. (2005). The Emergence of Social Learning in a Temporally Changing Environment: A Theoretical Model 1. *Current Anthropology*, 46(2), 334-340.
- Asch, S. E. (1955). Opinions and Social Pressure. *Scientific American*(193), 31-35.
- Asch, S. E. (1956). Studies of independence and conformity: A minority of one against a unanimous majority. *Psychological Monographs*, 70(9), 170-171.
- Asp, N. G. (2001). Low intestinal lactase activity – a 40 years perspective *Scandinavian Journal of Nutrition/Näringsforskning*, 45(4), 154-155.
- Aunger, R. (2000). *Darwinizing culture : the status of memetics as a science*. Oxford: Oxford University Press.
- Aunger, R. (2002). *The electric meme: A new theory of how we think*. New York: Free Press.
- Avital, E., & Jablonka, E. (2000). *Animal traditions : behavioural inheritance in evolution*. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press.
- Azan, E. (2005). Que diriez-vous d'ordinateur ? *Le Monde*.

- Baer, C., Miyamoto, M., & Denver, D. (2007). Mutation rate variation in multicellular eukaryotes: causes and consequences. *Nature Reviews Genetics*, 8(8), 619-631.
- Baldwin, I. T., & Schultz, J. C. (1983). Rapid Changes in Tree Leaf Chemistry Induced by Damage: Evidence for Communication Between Plants. *Science*, 221(4607), 277-279.
- Baldwin, J. M. (1896). A New Factor in Evolution. *The American Naturalist*, 30(354), 441-451.
- Barbrook, A., Howe, C., Blake, N., & Robinson, P. (1998). The phylogeny of the Canterbury Tales. *Nature*, 394(6696), 839.
- Barkow, J. H., Cosmides, L., & Tooby, J. (1992). *The Adapted mind : evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Bates, L., & Chappell, J. (2002). Inhibition of optimal behavior by social transmission in the guppy depends on shoaling. *Behavioral Ecology*, 13(6), 827-831.
- Baumard, N. (2008). *Une théorie naturaliste et mutualiste de la morale*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, France.
- Baumard, N., & Sperber, D. (2007). La morale. *Terrain*, 48, 5-12.
- Beller, S., & Bender, A. (2008). The limits of counting: Numerical cognition between evolution and culture. *Science*, 319(5860), 213.
- Bentley, R. A. (2008). Random Drift versus Selection in Academic Vocabulary: An Evolutionary Analysis of Published Keywords. *PLoS ONE*, 3(8), e3057.
- Bentley, R. A., Hahn, M. W., & Shennan, S. J. (2004). Random drift and culture change. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1547), 1443-1450.
- Bentley, R. A., Lipo, C. P., Herzog, H. A., & Hahn, M. W. (2007). Regular rates of popular culture change reflect random copying. *Evolution and Human Behavior*, 28(3), 151-158.
- Bentley, R. A., & Shennan, S. J. (2005). Random copying and cultural evolution. *Science*, 309(5736), 877-879.
- Berent, I., Lennertz, T., Jun, J., Moreno, M. A., & Smolensky, P. (2008). Language universals in human brains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(14), 5321-5325.
- Berlin, B., & Kay, P. (1969). *Basic color terms : their universality and evolution*. Berkeley, Calif.: University of California Press.
- Bilko, A., Altbaecker, V., & Hudson, R. (1994). Transmission of food preference in the rabbit: The means of information transfer. *Physiology & Behavior*, 56(5), 907-912.
- Blackmore, S. J. (1999). *The meme machine*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Blackmore, S. J. (Producer). (2008, 09/03/2009) Memes and "temes". Podcast retrieved from http://www.ted.com/index.php/talks/susan_blackmore_on_memes_and_temes.html.

- Bloch, M. (2000). A well disposed social anthropologist's problem with memes. In R. Aunger (Ed.), *Darwinizing culture : the status of memetics as a science* (pp. xii, 242). Oxford: Oxford University Press.
- Bloch, M. (2005). *Essays on cultural transmission*. Oxford ; New York: Berg.
- Blute, M. (1987). Biologists on Sociocultural Evolution: A Critical Analysis. *Sociological Theory*, 5(2), 185-193.
- Boesch, C. (2003). Is culture a golden barrier between human and chimpanzee? *Evolutionary Anthropology*, 12(2), 82-91.
- Bond, R., & Smith, P. (1996). Culture and conformity: a meta-analysis of studies using Asch's (1952 B,1956) line judgment task. *Psychological Bulletin*, 119(1), 111-137.
- Bonhomme, J. (A paraitre). *Les voleurs de sexe. Anthropologie d'une rumeur africaine*. Paris: Seuil.
- Bonner, J. T. (1980). *The evolution of culture in animals*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Bonnie, K., & de Waal, F. (2007). Copying without rewards: socially influenced foraging decisions among brown capuchin monkeys. *Animal Cognition*, 10(3), 283-292.
- Bonnie, K. E., Horner, V., Whiten, A., & de Waal, F. B. (2006). Spread of arbitrary conventions among chimpanzees: a controlled experiment. *Proc Biol Sci*, 274(1608), 367-372.
- Borgerhoff Mulder, M. (2001). Using phylogenetically based comparative methods in anthropology: more questions than answers. *Evolutionary Anthropology*, 10(3).
- Borgerhoff Mulder, M. (Ed.) (2004) Nature Encyclopedia of Life Sciences.
- Bowler, P. J. (2003). *Evolution : the history of an idea* (3rd ed.). Berkeley: University of California Press.
- Bowler, P. J. (2009). Darwin's Originality. *Science*, 323(5911), 223-226.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1980). Sociobiology, culture and economic theory. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1(2), 97-121.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1983). Why is Culture Adaptive? *Quarterly review of biology*, 209-214.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and the evolutionary process*. Chicago: University of Chicago Press.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1987). The evolution of ethnic markers. *Cultural Anthropology*, 65-79.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1995). Why does culture increase human adaptability? *Ethology and Sociobiology*, 16(2), 125-143.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1996). *Why culture is common, but cultural evolution is rare*.
- Boyd, R., Richerson, P. J., Borgerhoff Mulder, M., & Durham, W. H. (1997). Are Cultural Phylogenies Possible? In P. Weingart, P. J. Richerson, S. D. Mitchell &

- S. Maasen (Eds.), *Human by Nature, Between Biology and the Social Sciences* (pp. 355-386). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Boyer, P. (1988). *Barricades mystérieuses et pièges à pensée*. Paris: Société d'Ethnologie.
- Brodie, R. (1996). *Virus of the mind*. Seattle: Integral Press.
- Buttelmann, D., Carpenter, M., Call, J., & Tomasello, M. (2007). Enculturated chimpanzees imitate rationally. *Dev Sci*, *10*(4), F31-38.
- Byrne, R. W., Barnard, P. J., Davidson, I., Janik, V. M., McGrew, W. C., Miklosi, A., et al. (2004). Understanding culture across species. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(8), 341-346.
- Byrne, R. W., & Whiten, A. (Eds.). (1988). *Machiavellian Intelligence: Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes and Humans*. Oxford: Clarendon Press.
- Campbell, D. T. (1974). *Evolutionary epistemology*: Open Court.
- Carruthers, P. (2006a). *The Architecture of the Mind: massive modularity and the flexibility of thought*: OUP.
- Carruthers, P. (2006b). The case for massively modular models of mind. In R. Stainton (Ed.), *Contemporary Debates in Cognitive Science*: Blackwell.
- Cate, C. t. (2000). How learning mechanisms might affect evolutionary processes. *Trends in Ecology & Evolution*, *15*(5), 179-181.
- Cavalli-Sforza, L. L., & Feldman, M. W. (1973). Models for cultural inheritance. I. Group mean and within group variation. *Theoretical Population Biology*, *4*(1), 42.
- Cavalli-Sforza, L. L., & Feldman, M. W. (1981). *Cultural transmission and evolution : a quantitative approach*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Cavalli-Sforza, L. L., Feldman, M. W., Chen, K. H., & Dornbusch, S. M. (1982). Theory and observation in cultural transmission. *Science*, *218*(4567), 19-27.
- Centre d'expertise collective de l'Inserm (Ed.). (2007). *Dyslexie Dysorthographie Dyscalculie : Bilan des données scientifiques*. Paris: Les éditions Inserm.
- Chater, N., Reali, F., & Christiansen, M. H. (2009). Restrictions on biological adaptation in language evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(4), 1015-1020.
- Chomsky, N. (1959/1967). A Review of B. F. Skinner's *Verbal Behavior*. In L. A. Jakobovits & M. S. Miron (Eds.), *Readings in the Psychology of Language*.
- Christiansen, M. H., & Chater, N. (2008). Language as shaped by the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*(05), 489-509.
- Christiansen, M. H., & Kirby, S. (2003). Language evolution: consensus and controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(7), 300-307.
- Chung, C. (2003). On the origin of the typological/population distinction in Ernst Mayr's changing views of species, 1942–1959. *Studies in History and Philosophy of Biol & Biomed Sci*, *34*(2), 277-296.

- Cialdini, R. B., & Goldstein, N. J. (2004). Social influence: Compliance and conformity. *Annu Rev Psychol*, 55, 591-621.
- Claidière, N., Jraissati, Y., & Chevallier, C. (2008). A Colour Sorting Task Reveals the Limits of the Universalist/Relativist Dichotomy: Colour Categories Can Be Both Language Specific and Perceptual. *Journal of Cognition and Culture*, 3(4), 211-233.
- Claidière, N., & Sperber, D. (2007). The role of attraction in cultural evolution. *Journal of Cognition and Culture*, 7(1), 89-111.
- Claidière, N., & Sperber, D. (Forthcoming). Imitation explains the propagation, not the stability of animal culture.
- Clavien, C., & El-Bez, C. (Eds.). (2007). *Morale et évolution biologique entre déterminisme et liberté*.
- Collard, M., Kemery, M., & Banks, S. (2005). Causes of toolkit variation among hunter-gatherers: A test of four competing hypotheses. *Canadian journal of archaeology*, 29(1), 1-19.
- Corbett, G., & Morgan, G. (1988). Colour terms in Russian: Reflections of typological constraints in a single language. *Journal of Linguistics*, 24, 31-64.
- Crane, R., & Sornette, D. (2008). Robust dynamic classes revealed by measuring the response function of a social system. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105(41), 15649-15653.
- Csibra, G. (2007). Teachers in the wild. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(3), 95-96.
- Csibra, G., Biro, S., Koos, O., & Gergely, G. (2003). One-year-old infants use teleological representations of actions productively. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 27(1), 111-133.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2005). Social learning and social cognition: The case for pedagogy. In M. H. Johnson & Y. Munakata (Eds.), *Processes of change in brain and cognitive development. Attention and performance* (Vol. 21). Oxford: Oxford University Press.
- Csibra, G., Gergely, G., Biro, S., Koos, O., & Brockbank, M. (1999). Goal attribution without agency cues: the perception of 'pure reason' in infancy. *Cognition*, 72(3), 237-267.
- Curio, E., Ernst, U., & Vieth, W. (1978). Cultural Transmission of Enemy Recognition: One Function of Mobbing. *Science*, 202(4370), 899-901.
- Danchin, E., Giraldeau, L., Valone, T., & Wagner, R. (2004). Public information: from nosy neighbors to cultural evolution. *Science*, 305(5683), 487-491.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of the species by means of natural selection, or, The preservation of favoured races in the struggle for life*. London: J. Murray.
- Davidoff, J. (2001). Language and perceptual categorisation. *Trends Cogn Sci*, 5(9), 382-387.
- Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. New York: Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1982/1999). *The extended phenotype : the long reach of the gene* (Rev. ed.). Oxford ; New York: Oxford University Press.

- Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. Harlow, Essex: Longman Scientific and Technical.
- Dawkins, R. (1989). *The selfish gene* (New ed.). Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1999). Preface. In S. J. Blackmore (Ed.), *The meme machine* (pp. xx, 264). Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Dawkins, R. (2004). Extended Phenotype – But Not Too Extended. A Reply to Laland, Turner and Jablonka. *Biology and Philosophy*, 19, 177-396.
- Day, R. L., MacDonald, T., Brown, C., Laland, K. N., & Reader, S. M. (2001). Interactions between shoal size and conformity in guppy social foraging. *Animal Behaviour*, 62, 917-925.
- Dehaene-Lambertz, G., Hertz-Pannier, L., & Dubois, J. (2006). Nature and nurture in language acquisition: anatomical and functional brain-imaging studies in infants. *Trends in Neurosciences*, 29(7), 367-373.
- Dehaene, S. (1997). *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*: Oxford University Press, USA.
- Dehaene, S. (2003). Les bases cérébrales d'une acquisition culturelle : La lecture. In J. P. Changeux (Ed.), *Gènes et culture* (pp. 187-199). Paris: Odile Jacob.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural Recycling of Cortical Maps. *Neuron*, 56(2), 384-398.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 335-341.
- Dehaene, S., Izard, V., Pica, P., & Spelke, E. (2006). Core Knowledge of Geometry in an Amazonian Indigene Group. *Science*, 311(5759), 381-384.
- Dekel, E., & Alon, U. (2005). Optimality and evolutionary tuning of the expression level of a protein. *Nature*, 436(7050), 588-592.
- Demetrius, L., Matthias Gundlach, V., & Ziehe, M. (2007). Darwinian fitness and the intensity of natural selection: studies in sensitivity analysis. *J Theor Biol*, 249(4), 641-653.
- Dennett, D. C. (1990). Memes and the Exploitation of Imagination. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 48(2), 127-135.
- Dennett, D. C. (1995). *Darwin's dangerous idea : evolution and the meanings of life*. New York: Simon & Schuster.
- Denver, D. R., Morris, K., Lynch, M., & Thomas, W. K. (2004). High mutation rate and predominance of insertions in the *Caenorhabditis elegans* nuclear genome. *Nature*, 430(7000), 679-682.
- Deutsch, M., & Gerard, H. B. (1955). A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *J Abnorm Soc Psychol*, 51(3), 629-636.
- Diamond, J. (1997). *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. : W.W. Norton & Co.
- Dictionary, O. E. (Ed.) (2009) Oxford English Dictionary. Oxford: Oxford University Press.

- Dietrich, C., Swingle, D., & Werker, J. F. (2007). Native language governs interpretation of salient speech sound differences at 18 months. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(41), 16027.
- Dindo, M., Thierry, B., & Whiten, A. (2008). Social diffusion of novel foraging methods in brown capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1631), 187-193.
- Doligez, B., Danchin, E., & Clobert, J. (2002). Public information and breeding habitat selection in a wild bird population. *Science*, 297(5584), 1168-1170.
- Domingo, E. (2002). Quasispecies Theory in Virology. *J. Virol.*, 76(1), 463-465.
- Drake, J. W., Charlesworth, B., Charlesworth, D., & Crow, J. F. (1998). Rates of spontaneous mutation. *Genetics*, 148(4), 1667-1686.
- Drake, J. W., & Holland, J. J. (1999). Mutation rates among RNA viruses. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96(24), 13910-13913.
- Drivonikou, G. V., Kay, P., Regier, T., Ivry, R. B., Gilbert, A. L., Franklin, A., et al. (2007). Further evidence that Whorfian effects are stronger in the right visual field than the left. *Proc Natl Acad Sci U S A*.
- Dunbar, R. I. M., & Shultz, S. (2007). Evolution in the Social Brain. *Science*, 317(5843), 1344-1347.
- Durham, W. H. (1976). The adaptive significance of cultural behavior. *Human Ecology*, 4(2), 89-121.
- Durham, W. H. (1991). *Coevolution: Genes, culture, and human diversity*: Stanford University Press.
- Eerkens, J. W., Bettinger, R. L., & McElreath, R. (2006). Cultural transmission, phylogenetics, and the archaeological record. In C. P. Lipo, M. J. O'Brien, M. Collard & S. J. Shennan (Eds.), *Mapping our ancestors: Phylogenetic methods in anthropology and prehistory* (pp. 169-183).
- Efferson, C., Lalive, R., Richerson, P. J., McElreath, R., & Lubell, M. (2008). Conformists and mavericks: the empirics of frequency-dependent cultural transmission. *Evolution and Human Behavior*, 29(1), 56-64.
- Eigen, M. (1971). Self organisation of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften*(58), 465-523.
- Eigen, M., & Schuster, P. (1979). *The hypercycle, a principle of natural self-organization*. Berlin ; New York: Springer-Verlag.
- Eigen, M., Winkler, R., & Woolley, P. (1992). *Steps towards life : a perspective on evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Eimas, P., Siqueland, E., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171(3968), 303-306.
- Enattah, N. S., Sahi, T., Savilahti, E., Terwilliger, J. D., Peltonen, L., & Jarvela, I. (2002). Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nat Genet*, 30(2), 233-237.
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(14), 9602.

- Feher, O., Wang, H., Saar, S., Mitra, P. P., & Tchernichovski, O. (2009). De novo establishment of wild-type song culture in the zebra finch. *Nature, advanced online publication*.
- Feldman, M. W., Aoki, K., & Kumm, J. (1996). Individual versus social learning: Evolutionary analysis in a fluctuating environment. *Anthropological Science, 104*, 209-232.
- Feldman, M. W., & Cavalli-Sforza, L. L. (1976). Cultural and biological evolutionary processes, selection for a trait under complex transmission. *Theoretical Population Biology, 9*(2), 238.
- Feldman, M. W., & Cavalli-Sforza, L. L. (1979). Aspects of variance and covariance analysis with cultural inheritance. *Theor Popul Biol, 15*(3), 276-307.
- Feldman, M. W., & Cavalli-Sforza, L. L. (1989). On the theory of evolution under genetic and cultural transmission with application to the lactose absorption problem. In M. W. Feldman (Ed.), *Mathematical Evolutionary Theory*: Princeton University Press.
- Feldman, M. W., & Laland, K. N. (1996). Gene-culture coevolutionary theory. *Trends in Ecology & Evolution, 11*(11), 453-457.
- Ferrari, P., Visalberghi, E., Paukner, A., Fogassi, L., Ruggiero, A., & Suomi, S. (2006). Neonatal imitation in rhesus macaques. *PLoS Biology, 4*(9), 1501.
- Fisher, J., & Hinde, R. A. (1949). The opening of milk bottles by birds. *British Birds*(42), 347-357.
- Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Oxford: The Clarendon Press.
- Fitch, W. T., Hauser, M. D., & Chomsky, N. (2005). The evolution of the language faculty: Clarifications and implications. *Cognition, 97*(2), 179-210.
- Flatz, G. (1987). Genetics of lactose digestion in humans. *Adv Hum Genet, 16*, 1-77.
- Fodor, J. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT press
- Fodor, J. (2000). *The mind doesn't work that way: The scope and limits of computational psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Fracchia, J., & Lewontin, R. C. (1999). Does culture evolve? *History and Theory, 38*(4), 52-78.
- Frank, S. A. (1995). George Price's contributions to evolutionary genetics. *J Theor Biol, 175*(3), 373-388.
- Frank, S. A. (1997). The Price equation, Fisher's fundamental theorem, kin selection, and causal analysis. *Evolution, 17*12-1729.
- Franklin, A., Clifford, A., Williamson, E., & Davies, I. (2005). Color term knowledge does not affect categorical perception of color in toddlers. *J Exp Child Psychol, 90*(2), 114-141.
- Franklin, A., & Davies, I. (2004). New evidence for infant color categories. *British Journal of Developmental Psychology, 22*(Pt 3), 349-377.
- Franklin, A., Drivonikou, G. V., Bevis, L., Davies, I. R. L., Kay, P., & Regier, T. (2008). Categorical perception of color is lateralized to the right hemisphere in infants,

- but to the left hemisphere in adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(9), 3221.
- Franklin, A., Drivonikou, G. V., Clifford, A., Kay, P., Regier, T., & Davies, I. R. L. (2008). Lateralization of categorical perception of color changes with color term acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(47), 18221-18225.
- Galef, B. G. (1988). Imitation in Animals: History, Definition, and Interpretation of Data from the Psychological Laboratory. In T. R. Zentall & B. G. Galef (Eds.), *Social Learning Psychological and Biological Perspectives* (pp. 3-28). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Galef, B. G. (1992). The question of animal culture. *Human nature*, 3 (2), 157-178.
- Galef, B. G. (1995). Why behaviour patterns that animals learn socially are locally adaptive. *Animal Behaviour*, 49(5), 1325-1334.
- Galef, B. G., & Allen, C. (1995). A new model system for studying animal tradition. *Anim Behav*(50), 705-717.
- Gardner, A. (2008). The Price equation. *Curr Biol*, 18(5), 198-202.
- Gayon, J. (1992). *Darwin et l'après-Darwin: Une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*. Paris: Kimé.
- Gayon, J. (2003). Evolution culturelle: le spectre des possibles. In J. P. Changeux (Ed.), *Gènes et culture*. Paris: Odile Jacob.
- Gazzaniga, M. S. (Ed.). (2004). *The Cognitive Neurosciences* (Vol. 3): Bradford Books.
- Gerard, R., Kluckhohn, C., & Rapoport, A. (1956). Biological and cultural evolution some analogies and explorations. *Behavioral Science*, 1(1).
- Gergely, G., Bekkering, H., & Kiraly, I. (2002). Rational imitation in preverbal infants. *Nature*, 415(6873), 755-755.
- Gergely, G., & Csibra, G. (1997). Teleological reasoning in infancy: The infant's naive theory of rational action A reply to Premack and Premack. *Cognition*, 63(2), 227-233.
- Gergely, G., & Csibra, G. (2003). Teleological reasoning in infancy: the naïve theory of rational action. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(7), 287-292.
- Gergely, G., & Csibra, G. (2005). The social construction of the cultural mind: Imitative learning as a mechanism of human pedagogy. *Interaction studies*, 6(3).
- Gergely, G., & Csibra, G. (2006). Sylvia's recipe: The role of imitation and pedagogy in the transmission of cultural knowledge. In S. Levinson & N. J. Enfield (Eds.), *Roots of human sociality: Culture, cognition and interaction* (pp. 229-255). Oxford: Berg Publishers.
- Gergely, G., Egyed, K., & Kiraly, I. (2007). On pedagogy. *Developmental Science*, 10(1), 139-146.
- Gergely, G., Nadasdy, Z., Csibra, G., & Biro, S. (1995). Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition*, 56(2), 165-193.
- Gibbs, R., & Bryant, G. (2008). Striving for optimal relevance when answering questions. *Cognition*, 106(1), 345-369.

- Gigerenzer, G., & Selten, R. (2001). *Bounded rationality: The adaptive toolbox*. Cambridge, MA: MIT press.
- Gilbert, A. L., Regier, T., Kay, P., & Ivry, R. B. (2006). Whorf hypothesis is supported in the right visual field but not the left. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(2), 489-494.
- Giraldeau, L. A., & Lefebvre, L. (1987). Scrounging prevents cultural transmission of food-finding behaviour in pigeons. *Animal Behaviour*, 35(2), 387-394.
- Giraud, A., Matic, I., Tenaillon, O., Clara, A., Radman, M., Fons, M., et al. (2001). Costs and Benefits of High Mutation Rates: Adaptive Evolution of Bacteria in the Mouse Gut. *Science*, 291(5513), 2606-2608.
- Godelier, M. (1982). *La production des Grands Hommes. Pouvoir et domination masculine chez les Baruya de Nouvelle-Guinée*. Paris: Fayard.
- Godfrey-Smith, P. (2007). Population Thinking, Darwinism, and Cultural Change. *Interdisciplines*. Retrieved from www.interdisciplines.org
- Gould, S. J. (1979). Shades of Lamarck. *Natural History*, 88(8), 22-28.
- Gould, S. J. (1980). A biological homage to Mickey Mouse *The panda's thumb : more reflections in natural history* (1st ed., pp. 343). New York: Norton.
- Gould, S. J. (1984). Balzan Prize to Ernst Mayr. *Science*, 223(4633), 255-257.
- Gould, S. J., & Lewontin, R. C. (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 581-598.
- Grafen, A., & Ridley, M. (2006). *Richard Dawkins : how a scientist changed the way we think : reflections by scientists, writers, and philosophers*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Grant, B. R., & Grant, P. R. (1996). Cultural Inheritance of Song and Its Role in the Evolution of Darwin's Finches. *Evolution*, 50(6), 2471-2487.
- Guglielmino, C. R., Viganotti, C., Hewlett, B. S., & Cavalli-Sforza, L. L. (1995). Cultural variation in Africa: Role of mechanisms of transmission and adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(16), 7585-7589.
- Guillo, D. (2003). Les figures de l'organisation. Sciences de la vie et sciences sociales au XIXème siècle.
- Haag-Liautard, C., Dorris, M., Maside, X., Macaskill, S., Halligan, D., Charlesworth, B., et al. (2007). Direct estimation of per nucleotide and genomic deleterious mutation rates in *Drosophila*. *Nature*, 445(7123), 82-85.
- Hahn, M. W., & Bentley, R. A. (2003). Drift as a mechanism for cultural change: an example from baby names. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(Suppl 1), S120-S123.
- Haldane, J. B. S. (1955). Population genetics. *New biology*(18), 34-51.
- Halligan, P., Fink, G., Marshall, J., & Vallar, G. (2003). Spatial cognition: evidence from visual neglect. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 125-133.
- Hamilton, W. D. (1963). The Evolution of Altruistic Behavior. *The American Naturalist*, 97(896), 354-356.

- Hamilton, W. D. (1964). The genetical evolution of social behaviour. . *J Theor Biol*, 7(1), 1-52.
- Hannon, E., & Trainor, L. (2007). Music acquisition: effects of enculturation and formal training on development. *Trends in Cognitive Sciences*.
- Harnad, S. R. (1987). *Categorical perception : the groundwork of cognition*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Hartwell, L., Hopfield, J., Leibler, S., & Murray, A. (1999). From molecular to modular cell biology. *Nature*, 402, C47-C52.
- Haun, D. B. M., Call, J., Janzen, G., & Levinson, S. C. (2006). Evolutionary psychology of spatial representations in the hominidae. *Current Biology*, 16(17), 1736-1740.
- Haun, D. B. M., Rapold, C. J., Call, J., Janzen, G., & Levinson, S. C. (2006). Cognitive cladistics and cultural override in Hominid spatial cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(46), 17568.
- Hauser, M. D., Chomsky, N., & Fitch, W. (2002). The Faculty of Language: What Is It, Who Has It, and How Did It Evolve. *Science*, 298(5598), 1569-1569.
- Hauser, M. D., Glynn, D., & Wood, J. (2007). Rhesus monkeys correctly read the goal-relevant gestures of a human agent. *Proc Biol Sci*, 274(1620), 1913-1918.
- Hauser, M. D., & Spaulding, B. (2006). Wild rhesus monkeys generate causal inferences about possible and impossible physical transformations in the absence of experience. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(18), 7181-7185.
- Hawkes, K., O'Connell, J. F., & Rogers, L. (1997). The behavioral ecology of modern hunter-gatherers, and human evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(1), 29-32.
- Heider, E. R. (1972). Universals in color naming and memory. *J Exp Psychol*, 93(1), 10-20.
- Henrich, J. (2004). Demography and cultural evolution: how adaptive cultural processes can produce maladaptive losses: the Tasmanian case. *American Antiquity*, 197-214.
- Henrich, J. (2006). Understanding Cultural Evolutionary Models: A Reply to Read's Critique *American Antiquity*, 71(4).
- Henrich, J., & Boyd, R. (1998). The evolution of conformist transmission and the emergence of between-group differences. *Evolution and Human Behavior*, 19(4), 215-241.
- Henrich, J., & Boyd, R. (2001). Why people punish defectors. Weak conformist transmission can stabilize costly enforcement of norms in cooperative dilemmas. *J Theor Biol*, 208(1), 79-89.
- Henrich, J., & Boyd, R. (2002). On modelling cognition and culture. *Journal of Cognition and Culture*, 2(2), 87 - 112
- Henrich, J., Boyd, R., & Richerson, P. J. (2008). Five misunderstandings about cultural evolution. *Human nature*, 19(2), 119-137.
- Henrich, J., & Gil-White, F. (2001). The evolution of prestige: Freely conferred deference as a mechanism for enhancing the benefits of cultural transmission. *Evolution and Human Behavior*, 22(3), 165-196.

- Herrmann, E., Call, J., Hernandez-Lloreda, M. V., Hare, B., & Tomasello, M. (2007). Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis. *Science*, 317(5843), 1360-1366.
- Herzog, H. A., Bentley, R. A., & Hahn, M. W. (2004). Random drift and large shifts in popularity of dog breeds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(Suppl 5), S353-S356.
- Hespos, S. J., & Spelke, E. S. (2004). Conceptual precursors to language. *Nature*, 430(6998), 453-456.
- Hewlett, B. S., & Cavalli-Sforza, L. L. (1986). Cultural transmission among Aka pygmies. *American Anthropologist*, 922-934.
- Heyes, C. M. (1993). Imitation, culture and cognition. *Animal Behaviour*, 46(5), 999-1010.
- Heyes, C. M., & Galef, B. G. (1996). *Social learning in animals: the roots of culture*. London, UK: Academic Press.
- Hirschfeld, L. A., & Gelman, S. A. (1994). *Mapping the mind : domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hodges, B. H., & Geyer, A. L. (2006). A Nonconformist Account of the Asch Experiments: Values, Pragmatics, and Moral Dilemmas. *Personality and Social Psychology Review*, 10(1), 2-19.
- Hodgson, G. M., & Knudsen, T. (2006). Dismantling Lamarckism: Why descriptions of socio-economic evolution as Lamarckian are misleading. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(4), 343-366.
- Holmes, E. C., & Moya, A. (2002). Is the Quasispecies Concept Relevant to RNA Viruses? *J. Virol.*, 76(1), 460-462.
- Hopper, L. M., Spiteri, A., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., Horner, V., & Whiten, A. (2007). Experimental studies of traditions and underlying transmission processes in chimpanzees. *Animal Behaviour*, 73, 1021-1032.
- Horner, V., Whiten, A., Flynn, E., & de Waal, F. B. (2006). Faithful replication of foraging techniques along cultural transmission chains by chimpanzees and children. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(37), 13878-13883.
- Huffman, M. A., & Hirata, S. (2004). An experimental study of leaf swallowing in captive chimpanzees: insights into the origin of a self-medicative behavior and the role of social learning. *Primates*, 45(2), 113-118.
- Hull, D. L. (1990). Ernst Mayr on the Philosophy of Biology: A Review Essay. *Historical Methods*, 23(1), 42.
- Hull, D. L. (1994). Ernst Mayr's influence on the history and philosophy of biology: a personal memoir. *Biology and Philosophy*, 9(3), 375-386.
- Hull, D. L. (2000). Taking memetic seriously: memetics will be what we make it. In R. Aunger (Ed.), *Darwinizing culture : the status of memetics as a science* (pp. xii, 242). Oxford: Oxford University Press.
- Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2003). Diversification and cumulative evolution in New Caledonian crow tool manufacture. *Proc Biol Sci*, 270(1517), 867-874.

- Hurley, S. L., & Chater, N. (2005a). Introduction: the importance of imitation. In S. L. Hurley & N. Chater (Eds.), *Perspectives on imitation : from neuroscience to social science*. Cambridge, Mass. ; London: MIT.
- Hurley, S. L., & Chater, N. (2005b). *Perspectives on imitation : from neuroscience to social science*. Cambridge, Mass. ; London: MIT.
- Huxley, J. (1942). *Evolution, the modern synthesis*. London: Allen and Unwin.
- Ingman, M., Kaessmann, H., Paabo, S., & Gyllensten, U. (2000). Mitochondrial genome variation and the origin of modern humans. *Nature*, 408(6813), 708-713.
- Iverson, P., & Kuhl, P. K. (1995). Mapping the perceptual magnet effect for speech using signal detection theory and multidimensional scaling. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(1), 553-562.
- Jablonka, E., & Lamb, M. J. (2006). *Evolution in four dimensions*. Cambridge: MIT Press.
- Jackendoff, R., & Pinker, S. (2005). The nature of the language faculty and its implications for evolution of language (Reply to Fitch, Hauser, and Chomsky). *Cognition*, 97(2), 211-225.
- Jacobs, R. C., & Campbell, D. T. (1961). The perpetuation of an arbitrary tradition through several generations of a laboratory microculture. *J Abnorm Soc Psychol*, 62, 649-658.
- Jansen, V. A. A., & van Baalen, M. (2006). Altruism through beard chromodynamics. *Nature*, 440, 663-666.
- Jraissati, Y., Claidière, N., & Chevallier, C. (Under revision). Basic color terms: a graded notion? A redefinition applied to French color lexicon.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. New York: Cambridge University Press.
- Kameda, T., & Nakanishi, D. (2002). Cost-benefit analysis of social/cultural learning in a nonstationary uncertain environment: An evolutionary simulation and an experiment with human subjects. *Evolution and Human Behavior*, 23(5), 373-393.
- Karban, R., Baldwin, I. T., Baxter, K. J., Laue, G., & Felton, G. W. (2000). Communication between plants: induced resistance in wild tobacco plants following clipping of neighboring sagebrush. *Oecologia*, 125(1), 66-71.
- Karmiloff-Smith, A. (1995). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*: MIT press.
- Kawai, M. (1965). Newly acquired pre-cultural behavior of the natural troop of Japanese monkeys on Koshima islet. *Primates*(6), 1-30.
- Kay, P., & Kempton, W. (1984). What is the Sapir-Whorf hypothesis? *American Anthropologist*, 86, 65-78.
- Kay, P., & McDaniel, C. K. (1978). Linguistic Significance of Meanings of Basic Color Terms. [Article]. *Language*, 54(3), 610-646.

- Kay, P., & Regier, T. (2003). Resolving the question of color naming universals. [Article]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(15), 9085-9089.
- Kay, P., & Regier, T. (2006). Language, thought and color: recent developments. *Trends Cogn Sci*, 10(2), 51-54.
- Kay, P., & Regier, T. (2007). Color naming universals: The case of Berinmo. *Cognition*, 102(2), 289-298.
- Kimura, M. (1968). Evolutionary rate at the molecular level. *Nature*, 217(5129), 624-626.
- Kimura, M. (1991a). The neutral theory of molecular evolution: a review of recent evidence. *Idengaku zasshi*, 66(4), 367.
- Kimura, M. (1991b). Recent development of the neutral theory viewed from the Wrightian tradition of theoretical population genetics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(14), 5969-5973.
- Kimura, M., & Crow, J. (1964). The number of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics*, 49(4), 725-738.
- Kirby, S., Dowman, M., & Griffiths, T. L. (2007). Innateness and culture in the evolution of language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12), 5241-5245.
- Klein, R. G. (2000). Archeology and the evolution of human behavior. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 9(1), 17-36.
- Kondrashov, A. (2008). Another step toward quantifying spontaneous mutation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(27), 9133.
- Kreimer, A., Borenstein, E., Gophna, U., & Ruppin, E. (2008). The evolution of modularity in bacterial metabolic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6976.
- Kronfeldner, M. (2007). Is cultural evolution Lamarckian? *Biology and Philosophy*, 22(4), 493-512.
- Krutzen, M., Mann, J., Heithaus, M. R., Connor, R. C., Bejder, L., & Sherwin, W. B. (2005). Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 102(25), 8939-8943.
- Kuhl, P. K. (2000). A new view of language acquisition. *Proc Natl Acad Sci*, 97(22), 11850-11857.
- Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nat Rev Neurosci*, 5(11), 831-843.
- Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Coffey-Corina, S., Padden, D., Rivera-Gaxiola, M., & Nelson, T. (2008). Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1493), 979-1000.
- Kuhl, P. K., & Miller, J. D. (1975). Speech perception by the chinchilla: voiced-voiceless distinction in alveolar plosive consonants. *Science*, 190(4209), 69-72.

- Kuhl, P. K., Williams, K. A., Lacerda, F., Stevens, K. N., & Lindblom, B. (1992). Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 months of age. *Science*, 255(5044), 606-608.
- Kumm, J., & Feldman, M. W. (1997). Gene-culture coevolution and sex ratios: II. Sex-chromosomal distorters and cultural preferences for offspring sex. *Theoretical Population Biology*, 52(1), 1-15.
- Kuper, A. (2000). If memes are the answer, what is the question? In R. Aunger (Ed.), *Darwinizing culture : the status of memetics as a science* (pp. xii, 242). Oxford: Oxford University Press.
- Lachlan, R. F., Janik, V. M., & Slater, P. J. B. (2004). The evolution of conformity-enforcing behaviour in cultural communication systems. *Animal Behaviour*, 68(3), 561-570.
- Laland, K. N., & Brown, G. R. (2002). *Sense and nonsense : evolutionary perspectives on human behaviour*. Oxford: Oxford University Press.
- Laland, K. N., Kumm, J., & Feldman, M. W. (1995). Gene-culture coevolutionary theory: A test case. *Current Anthropology*, 131-156.
- Laland, K. N., & Plotkin, H. C. (1990). Social learning and social transmission of foraging information in Norway rats (*Rattus Norvegicus*). *Animal Learning and Behavior*(18), 246-251.
- Laland, K. N., & Plotkin, H. C. (1992). Further Experimental-Analysis of the Social-Learning and Transmission of Foraging Information Amongst Norway Rats. *Behavioural Processes*, 27(1), 53-64.
- Laland, K. N., & Plotkin, H. C. (1993). Social transmission of food preferences amongst Norway rats by marking of food sites, and by gustatory contact. *Animal Learning and Behavior*(21), 35-41.
- Laland, K. N., & Williams, K. (1997). Shoaling generates social learning of foraging information in guppies. *Animal Behaviour*, 53, 1161-1169.
- Laland, K. N., & Williams, K. (1998). Social transmission of maladaptive information in the guppy. *Behavioural Ecology*(9), 493-499.
- Larrick, R. P., & Soll, J. B. (2006). Intuitions About Combining Opinions: Misappreciation of the Averaging Principle. *MANAGEMENT SCIENCE*, 52(1), 111-127.
- Larrick, R. P., & Soll, J. B. (2008). The MPG Illusion. *Science*, 320(5883), 1593-1594.
- Lasansky, D. M. (2004). Urban Editing, Historic Preservation, and Political Rhetoric: The Fascist Redesign of San Gimignano. *The Journal of the Society of Architectural Historians*, 63(3), 320-353.
- Lefebvre, L. (1995). The opening of milk bottles by birds: Evidence for accelerating learning rates, but against the wave-of-advance model of cultural transmission. *Behavioural Processes*, 34(1), 43-53.
- Lefebvre, L., & Giraldeau, L. A. (1994). Cultural transmission in pigeons is affected by the number of tutors and bystanders present. *Animal Behaviour*, 47(2), 331-337.
- Leigh, E. G. (1970). Natural Selection and Mutability. *The American Naturalist*, 104(937), 301-305.

- Leigh, E. G. (2007). Neutral theory: a historical perspective. *Journal of Evolutionary Biology*, 20(6), 2075-2091.
- Levinson, S. C. (2003). *Spatial Language and Cognition*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Levinson, S. C., Kita, S., Haun, D. B. M., & Rasch, B. H. (2002). Returning the tables: Language affects spatial reasoning. *Cognition*, 84(2), 155-188.
- Lewis, H. S. (2001a). Boas, Darwin, Science, and Anthropology. *Current Anthropology*, 42(3), 381-406.
- Lewis, H. S. (2001b). The Passion of Franz Boas. *American Anthropologist*, 103(2), 447-467.
- Lewontin, R. C. (1970). The units of selection. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1(1), 1-18.
- Lewontin, R. C. (1976). Sociobiology-A caricature of Darwinism. In F. Suppe & P. Asquith (Eds.), *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (Vol. 2, pp. 22-31). East Lansing, MI: Philosophy of Science Association.
- Lewontin, R. C. (1979). Sociobiology as an adaptationist program. *Behavioral Science*, 24(1), 5-14.
- Li, N., Feldman, M. W., & Li, S. (2000). Cultural transmission in a demographic study of sex ratio at birth in China's future. *Theoretical Population Biology*, 58(2), 161-172.
- Li, P., & Gleitman, L. (2002). Turning the tables: Language and spatial reasoning. *Cognition*, 83(3), 265-294.
- Lieberman, E., Michel, J.-B., Jackson, J., Tang, T., & Nowak, M. A. (2007). Quantifying the evolutionary dynamics of language. *Nature*, 449(7163), 713-716.
- Lipatov, M., Li, S., & Feldman, M. W. (2008). Economics, cultural transmission, and the dynamics of the sex ratio at birth in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19171-19176.
- Lumsden, C. J., & Wilson, E. O. (1981). *Genes, mind, and culture : the coevolutionary process*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lycett, S. J., Collard, M., & McGrew, W. C. (2007). Phylogenetic analyses of behavior support existence of culture among wild chimpanzees. *PNAS*, 104(45), 17588-17592.
- Lynch, A. (1996). *Thought contagion*. New York: Basic Books.
- Lynch, A., & Baker, A. J. (1993). A Population Memetics Approach to Cultural Evolution in Chaffinch Song: Meme Diversity Within Populations. *The American Naturalist*, 141(4), 597-620.
- Lynch, A., & Baker, A. J. (1994). A Population Memetics Approach to Cultural Evolution in Chaffinch Song: Differentiation among Populations. *Evolution*, 48(2), 351-359.
- Lynch, A., Plunkett, G. M., Baker, A. J., & Jenkins, P. F. (1989). A Model of Cultural Evolution of Chaffinch Song Derived with the Meme Concept. *The American Naturalist*, 133(5), 634-653.

- Lynch, M., Sung, W., Morris, K., Coffey, N., Landry, C. R., Dopman, E. B., et al. (2008). A genome-wide view of the spectrum of spontaneous mutations in yeast. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(27), 9272.
- Mace, R. (1998). The co-evolution of human fertility and wealth inheritance strategies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 353(1367), 389-397.
- Mace, R. (2008). Reproducing in Cities. *Science*, 319(5864), 764-766.
- Mace, R., & Holden, C. (2005). A phylogenetic approach to cultural evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(3), 116-121.
- Machery, E. (2008). Massive Modularity and the Flexibility of Human Cognition. *Mind & Language*, 23(3), 263-272.
- Majid, A., Bowerman, M., Kita, S., Haun, D. B. M., & Levinson, S. C. (2004). Can language restructure cognition? The case for space. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(3), 108-114.
- Malinowski, B. (1941/1970). *Les dynamiques de l'évolution culturelle: Recherche sur les relations raciales en Afrique*. Paris: Payot.
- Malinowski, B. (1944). *A scientific theory of culture*. Chapel Hill: The University of North Carolina press.
- Mansky, L. M., & Temin, H. M. (1995). Lower in vivo mutation rate of human immunodeficiency virus type 1 than that predicted from the fidelity of purified reverse transcriptase. *J. Virol.*, 69(8), 5087-5094.
- Marean, C. W., Bar-Matthews, M., Bernatchez, J., Fisher, E., Goldberg, P., Herries, A. I. R., et al. (2007). Early human use of marine resources and pigment in South Africa during the Middle Pleistocene. *Nature*, 449(7164), 905-908.
- Marino, L., Connor, R. C., Fordyce, R. E., Herman, L. M., Hof, P. R., Lefebvre, L., et al. (2007). Cetaceans have complex brains for complex cognition. *PLoS Biol*, 5(5), e139.
- Maubourget, P. (Ed.) (1991) *Petit Larousse*. Paris: Larousse.
- Maynard Smith, J. (1982). *Evolution and the theory of games*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Maynard Smith, J., & Warren, N. (1982). Review: Models of Cultural and Genetic Change. *Evolution*, 36(3), 620-627.
- Mayr, E. (1959). Typological versus Population Thinking *Evolution and Anthropology: A Centennial Appraisal*. Washington: The Anthropological Society of Washington.
- Mayr, E. (1961). Cause and Effect in Biology Kinds of causes, predictability, and teleology are viewed by a practicing biologist. *Science*, 134(3489), 1501-1506.
- Mayr, E. (1996). What Is a Species, and What Is Not? *Philosophy of Science*, 63(2), 262-277.
- Mayr, E., & Provine, W. B. (1980). *The Evolutionary synthesis : perspectives on the unification of biology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- McBrearty, S. (2007). Down with the Revolution. In P. Mellars, K. Boyle, O. Bar Yosef & C. Stringer (Eds.), *Rethinking the human revolution*. Cambridge, UK: McDonald Institute for Archaeological Research.
- McBrearty, S., & Brooks, A. S. (2000). The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *Journal of Human Evolution*, 39(5), 453-563.
- McDougall, I., Brown, F. H., & Fleagle, J. G. (2005). Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia. *Nature*, 433(7027), 733-736.
- McElreath, R., Bell, A. V., Efferson, C., Lubell, M., Richerson, P. J., & Waring, T. (2008). Beyond existence and aiming outside the laboratory: estimating frequency-dependent and pay-off-biased social learning strategies. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 363(1509), 3515-3528.
- McElreath, R., Boyd, R., & Richerson, P. J. (2003). Shared norms and the evolution of ethnic markers. *Current Anthropology*, 44(1), 122-130.
- McElreath, R., Lubell, M., Richerson, P. J., Waring, T. M., Baum, W., Edsten, E., et al. (2005). Applying evolutionary models to the laboratory study of social learning. *Evolution and Human Behavior*, 26(6), 483-508.
- McGrew, W. C., & Tutin, C. E. G. (1978). Evidence for a Social Custom in Wild Chimpanzees? *Man*, 13(2), 234-251.
- Meltzoff, A. N. (1988). Infant imitation after a 1-week delay: Long-term memory for novel acts and multiple stimuli. *Developmental Psychology*, 24(4), 470-476.
- Meltzoff, A. N. (1995). What infant memory tells us about infantile amnesia: Long-term recall and deferred imitation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59(3), 497-515.
- Meltzoff, A. N. (2002). Imitation as a mechanism of social cognition: Origins of empathy, theory of mind, and the representation of action. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 6-25). Oxford: Blackwell.
- Meltzoff, A. N. (2005). Imitation and other minds: The "like me" hypothesis. In S. L. Hurley & N. Chater (Eds.), *Perspectives on imitation: From neuroscience to social science* (Vol. 2, pp. 55-77). Cambridge, MA: MIT Press.
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198(4312), 75-78.
- Menget, P. (1979). Temps de naître, temps d'être : la couvade. In M. Izard & P. Smith (Eds.), *La fonction symbolique*. Paris: Gallimard.
- Mennella, J. A., Jagnow, C. P., & Beauchamp, G. K. (2001). Prenatal and Postnatal Flavor Learning by Human Infants. *Pediatrics*, 107(6), E88-E88.
- Mercader, J., Panger, M., & Boesch, C. (2002). Excavation of a chimpanzee stone tool site in the African rainforest. *Science*, 296(5572), 1452-1455.
- Mercier, H. (2009). *La Théorie argumentative du raisonnement*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris.

- Mercier, H., & Sperber, D. (2009). Intuitive and reflective inferences. In J. S. B. T. Evans & K. Frankish (Eds.), *In Two Minds: Dual Processes and Beyond*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Mery, F., Varela, S. A. M., Danchin, E., Blanchet, S., Parejo, D., Coolen, I., et al. (2009). Public Versus Personal Information for Mate Copying in an Invertebrate. *Current Biology*, *19*(9), 730-734.
- Mesnick, S. L., Taylor, B. L., Le Duc, R. G., Trevino, S. E., O'Corry-Crowe, G. M., Dizon, A. E., et al. (1999). Culture and Genetic Evolution in Whales. *Science*, *284*(5423), 2055a-2055a.
- Mesoudi, A., Whiten, A., & Laland, K. N. (2004). Is human cultural evolution Darwinian? Evidence reviewed from the perspective of the Origin of Species. *Evolution*, *58*(1), 1-11.
- Mesoudi, A., Whiten, A., & Laland, K. N. (2006). Towards a unified science of cultural evolution. *Behav Brain Sci*, *29*(4), 329-347; discussion 347-383.
- Metzgar, D., & Wills, C. (2000). Evidence for the Adaptive Evolution of Mutation Rates. *Cell*, *101*(6), 581-584.
- Millikan, R. G. (1984). *Language, thought, and other biological categories: New foundations for realism*. Cambridge, MA: MIT press.
- Millikan, R. G. (1989a). An ambiguity in the notion "Function". *Biology and Philosophy*, *4*(2), 172-176.
- Millikan, R. G. (1989b). In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, *56*(2), 288-302.
- Millikan, R. G. (2002). Biofunctions: Two Paradigms. In A. Ariew, R. Cummins & M. Perlman (Eds.), *Functions: New essays in the philosophy of psychology and biology* (pp. 113-113).
- Milo, R., Shen-Orr, S., Itzkovitz, S., Kashtan, N., Chklovskii, D., & Alon, U. (2002). Network motifs: simple building blocks of complex networks. *Science*, *298*(5594), 824-827.
- Mineka, S., Davidson, M., Cook, M., & Keir, R. (1984). Observational conditioning of snake fear in rhesus monkeys. *Journal of abnormal psychology*, *93*(4), 355-372.
- Mitchell, T. M., Shinkareva, S. V., Carlson, A., Chang, K.-M., Malave, V. L., Mason, R. A., et al. (2008). Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns. *Science*, *320*(5880), 1191-1195.
- Morin, O., & Sperber, D. (2008). *Demonstrations*. Paper presented at the Evolution, Development and Intentional Control of Imitation Workshop.
- Mufwene, S. S. (1997). The ecology of Gullah's survival. *American Speech*, 69-83.
- Mufwene, S. S. (2002). Competition and Selection in Language Evolution. *Selection*, *3*(1), 45-56.
- Mufwene, S. S. (2005a). *Créoles, écologie sociale, évolution linguistique*. Paris: L'Harmattan.
- Mufwene, S. S. (2005b). Language evolution: The population genetics way. *Gene, Sprachen, und ihre Evolution*, 30-52.

- Mufwene, S. S. (2007). Population Movements and Contacts in Language Evolution. *Journal of Language Contact*(1), 63-91.
- Mufwene, S. S. (2008). *Language Evolution: Contact, Competition and Change*: Continuum International Publishing Group.
- Mufwene, S. S., & Pargman, S. (2003). Competition and selection in the development of American Englishes. *World Englishes*(22), 367-375.
- Munding, P. C. (1980). Animal cultures and a general theory of cultural evolution. *Ethology and Sociobiology*, 1(3), 183-223.
- Murdock, G. (1956). How culture changes. *Man, culture, and society*, 247–260.
- Nachman, M., & Crowell, S. (2000). Estimate of the mutation rate per nucleotide in humans. *Genetics*, 156(1), 297-304.
- Nakahashi, W. (2007). The evolution of conformist transmission in social learning when the environment changes periodically. *Theoretical Population Biology*, 72(1), 52-66.
- New, J., Cosmides, L., & Tooby, J. (2007). Category-specific attention for animals reflects ancestral priorities, not expertise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(42), 16598.
- Noad, M. J., Cato, D. H., Bryden, M. M., Jenner, M. N., & Jenner, K. C. (2000). Cultural revolution in whale songs. *Nature*, 408(6812), 537.
- Nowak, M. (1992). What is a quasispecies? *Trends Ecol Evol*(7), 118-121.
- Nowak, M., & Schuster, P. (1989). Error thresholds of replication in finite populations mutation frequencies and the onset of Muller's ratchet. *Journal of Theoretical Biology*, 137(4), 375-395.
- O'Brien, M. J., & Lyman, R. L. (2003a). Introduction. In M. J. O'Brien & R. L. Lyman (Eds.), *Style, Function, Transmission: Evolutionary Archaeological Perspectives* (pp. 1-32). Salt Lake City: University of Utah Press.
- O'Brien, M. J., & Lyman, R. L. (2003b). Resolving phylogeny: Evolutionary archaeology's fundamental issue. In L. VanPool & C. S. VanPool (Eds.), *Essential Tensions in Archaeological Method and Theory* (pp. 115-135). Salt Lake City: University of Utah Press.
- Odling-Smee, F. J., Laland, K. N., & Feldman, M. W. (2003). *Niche construction : the neglected process in evolution*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Orgel, L. E. (2008). The Implausibility of Metabolic Cycles on the Prebiotic Earth. *PLoS Biology*, 6(1), e18-e18.
- Origi, G., & Sperber, D. (2000). Evolution, communication and the proper function of language. In P. Carruthers & A. Chamberlain (Eds.), *Evolution and the Human Mind: Language, Modularity and Social Cognition* (pp. 140–169). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ozgen, E., & Davies, I. (2002). Acquisition of categorical color perception: a perceptual learning approach to the linguistic relativity hypothesis. *J Exp Psychol Gen*, 131(4), 477-493.
- Page, K. M., & Nowak, M. A. (2002). Unifying evolutionary dynamics. *J Theor Biol*, 219(1), 93-98.

- Pagel, M., Atkinson, Q. D., & Meade, A. (2007). Frequency of word-use predicts rates of lexical evolution throughout Indo-European history. *Nature*, 449(7163), 717-720.
- Patterson, K., Nestor, P., & Rogers, T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(12), 976-987.
- Payne, R. B., Payne, L. L., & Woods, J. L. (1998). Song learning in brood-parasitic indigobirds *Vidua chalybeata*: song mimicry of the host species. *Animal Behaviour*, 55(6), 1537-1553.
- Payne, R. B., Payne, L. L., Woods, J. L., & Sorenson, M. D. (2000). Imprinting and the origin of parasite-host species associations in brood-parasitic indigobirds, *Vidua chalybeata*. *Animal Behaviour*, 59(1), 69-81.
- Payne, R. B., Woods, J. L., & Payne, L. L. (2001). Parental care in estrildid finches: experimental tests of a model of *Vidua* brood parasitism. *Animal Behaviour*, 62(3), 473-483.
- Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100(1), 1-32.
- Pilling, M., & Davies, I. (2004). Linguistic relativism and colour cognition. *Br J Psychol*, 95(Pt 4), 429-455.
- Pinker, S. (1997). *How the mind works*. New York: W.W. Norton & Co.
- Pinker, S. (2002). *The blank slate: The modern denial of human nature*: Viking Books.
- Pinker, S., & Jackendoff, R. (2005). The faculty of language: what's special about it? *Cognition*, 95(2), 201-236.
- Podos, J., Huber, S. K., & Taft, B. (2004). Bird Song: The Interface of Evolution and Mechanism. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35, 55-87.
- Price, G. (1971/1995). The nature of selection. *Journal of Theoretical Biology*, 175(3), 389-396.
- Quiroga, R. Q., Reddy, L., Kreiman, G., Koch, C., & Fried, I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, 435(7045), 1102-1107.
- Ramsey, G., Bastian, M. L., & van Schaik, C. P. (2007). Animal innovation defined and operationalized. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(04), 393-407.
- Ramus, F. (2007). Nouvelles perspectives sur la neurobiologie de la dyslexie développementale. In E. Demont & M. N. Metz-Lutz (Eds.), *L'acquisition du langage et ses troubles*. Marseille: Solal.
- Range, F., Viranyi, Z., & Huber, L. (2007). Selective imitation in domestic dogs. *Curr Biol*, 17(10), 868-872.
- Ray, V. F. (1952). Techniques and Problems in the Study of Human Color Perception. *Southwestern Journal of Anthropology*, 8(3), 251-259.
- Read, D. (2006). Tasmanian Knowledge and Skill: Maladaptive Imitation or Adequate Technology? *American Antiquity*, 164-184.

- Reader, S. M., & Laland, K. N. (2003). *Animal innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Regier, T., Kay, P., & Cook, R. S. (2005). Focal colors are universal after all. [Article]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(23), 8386-8391.
- Regier, T., Kay, P., & Khetarpal, N. (2007). Color naming reflects optimal partitions of color space. *Proc Natl Acad Sci U S A*.
- Reisman, K. (2005). *Conceptual foundations of cultural evolution*. Stanford University, Stanford.
- Remez, R., Rubin, P., Pisoni, D., & Carrell, T. (1981). Speech perception without traditional speech cues. *Science*, *212*(4497), 947-949.
- Rendell, L., & Whitehead, H. (2001). Culture in whales and dolphins. *Behav Brain Sci*, *24*(2), 309-324; discussion 324-382.
- Richerson, P. J., & Boyd, R. (2005). *Not by genes alone : how culture transformed human evolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Riley, J. R., Greggers, U., Smith, A. D., Reynolds, D. R., & Menzel, R. (2005). The flight paths of honeybees recruited by the waggle dance. *Nature*, *435*(7039), 205-207.
- Roberson, D., & Davidoff, J. (2000). The categorical perception of colors and facial expressions: the effect of verbal interference. *Mem Cognit*, *28*(6), 977-986.
- Roberson, D., Davidoff, J., & Braisby, N. (1999). Similarity and categorisation: neuropsychological evidence for a dissociation in explicit categorisation tasks. *Cognition*, *71*(1), 1-42.
- Roberson, D., Davidoff, J., Davies, I., & Shapiro, L. R. (2005). Color categories: evidence for the cultural relativity hypothesis. *Cognit Psychol*, *50*(4), 378-411.
- Roberson, D., Davies, I., & Davidoff, J. (2000). Color categories are not universal: replications and new evidence from a stone-age culture. *J Exp Psychol Gen*, *129*(3), 369-398.
- Roberson, D., Pak, H., & Hanley, J. R. (2008). Categorical perception of colour in the left and right visual field is verbally mediated: Evidence from Korean. *Cognition*, *107*(2), 752-762.
- Rogers, A. R. (1988). Does Biology Constrain Culture. *American Anthropologist*, *90*(4), 819-831.
- Rogers, E. M., & Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of innovations*. New York: Free Press
- Rohrer, J. H., Baron, S. H., Hoffman, E. L., & Swander, D. V. (1954). The stability of autokinetic judgments. *J Abnorm Psychol*, *49*(1, Part 1), 595-597.
- Sabeti, P. C., Varilly, P., Fry, B., Lohmueller, J., Hostetter, E., Cotsapas, C., et al. (2007). Genome-wide detection and characterization of positive selection in human populations. *Nature*, *449*(7164), 913-918.
- Sahi, T. (1994). Hypolactasia and Lactase Persistence Historical Review and the Terminology. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, *29*(1 supp 202), 1 - 6.

- Sahi, T. (2001). Genetics and epidemiology of adult-type hypolactasia with emphasis on situation in Europe. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 45(4), 161-162.
- Sardanyés, J., Elena, S. F., & Solé, R. V. (2008). Simple quasispecies models for the survival-of-the-flattest effect: The role of space. *Journal of Theoretical Biology*, 250(3), 560-568.
- Segerstråle, U. C. O. (2000). *Defenders of the truth : the battle for science in the sociobiology debate and beyond*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Shennan, S. J. (2000). Population, Culture History, and the Dynamics of Culture Change. *Current Anthropology*, 41(5), 811-835.
- Shennan, S. J. (2001). Demography and cultural innovation: a model and its implications for the emergence of modern human culture. *Cambridge Archaeological Journal*, 11(01), 5-16.
- Shennan, S. J. (2002). *Genes, memes and human history : Darwinian archaeology and cultural evolution*. London: Thames & Hudson.
- Shennan, S. J., & Steele, J. (1999). Cultural learning in hominids: A behavioural ecological approach. In O. H. Box & K. R. Gibson (Eds.), *Mammalian social learning: Comparative and ecological perspectives* (pp. 367–388). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sherif, M. (1935). *A study of some social factors in perception*: Columbia Univ.
- Sherif, M. (1936). *The psychology of social norms*. New York: Harper.
- Sherif, M. (1937). An experimental approach to the study of attitudes. *Sociometry*, 90-98.
- Sherry, D. F. (2008). Social Learning: Nectar Robbing Spreads Socially in Bumble Bees. *Current Biology*, 18(14), R608-R610-R608-R610.
- Sherry, D. F., & Galef, B. G. (1984). Cultural transmission without imitation - milk bottle opening by birds. *Anim Behav*(32), 937-938
- Sherry, D. F., & Galef, B. G. (1990). Social learning without imitation : more about milk bottle opening by birds. *Anim Behav*, 40(5), 987-989.
- Silk, J. B. (2007). Social Components of Fitness in Primate Groups. *Science*, 317(5843), 1347-1351.
- Simoons, F. (1969). Primary adult lactose intolerance and the milking habit: A problem in biological and cultural interrelations. *Digestive Diseases and Sciences*, 14(12), 819-836.
- Simoons, F. (1970). Primary adult lactose intolerance and the milking habit: A problem in biologic and cultural interrelations. *Digestive Diseases and Sciences*, 15(8), 695-710.
- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*: Copley Publishing Group.
- Sniegowski, P. D., Gerrish, P. J., Johnson, T., & Shaver, A. (2000). The evolution of mutation rates: separating causes from consequences. *BioEssays*, 22(12), 1057-1066.
- Sniegowski, P. D., Gerrish, P. J., & Lenski, R. E. (1997). Evolution of high mutation rates in experimental populations of E. coli. *Nature*, 387(6634), 703-705.

- Sober, E. (1980). Evolution, Population Thinking and Essentialism. *Philosophy of Science*, 47(3), 350-383.
- Sorenson, M. D., Sefc, K. M., & Payne, R. B. (2003). Speciation by host switch in brood parasitic indigobirds. *Nature*, 424(6951), 928-931.
- Southgate, V., Chevallier, C., & Csibra, G. (In press). Sensitivity to Communicative Relevance Tells Young Children What to Imitate. *Developmental Science*.
- Sperber, D. (1985). Anthropology and Psychology: Towards an Epidemiology of Representations. *Man*, 20(1), 73-89.
- Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 39-67). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sperber, D. (1996). *Explaining culture : a naturalistic approach*. Oxford, UK ; Cambridge, Mass.: Blackwell.
- Sperber, D. (2000). An objection to the memetic approach to culture. In R. Aunger (Ed.), *Darwinizing culture : the status of memetics as a science* (pp. xii, 242). Oxford: Oxford University Press.
- Sperber, D. (2001). In Defense of Massive Modularity. *Language, Brain, and Cognitive Development: Essays in Honor of Jacques Mehler*.
- Sperber, D. (2002). Conceptual Tools for a Natural Science of Society and Culture. *Proceedings of the British Academy*.
- Sperber, D. (2005a). Guru effect. Institut Jean Nicod.
- Sperber, D. (2005b). Modularity and relevance: How can a massively modular mind be flexible and context-sensitive. In P. Carruthers, S. Laurence & S. Stich (Eds.), *The innate mind: Structure and content* (pp. 53-68).
- Sperber, D. (2006). Why a deep understanding of cultural evolution is incompatible with shallow psychology. In N. J. Enfield & S. Levinson (Eds.), *Roots of Human Sociality*. Oxford ; New York: Berg.
- Sperber, D. (2007a). Rudiments d'un programme naturalistes. In M. Wieviorka, J. Ohana & A. Debarle (Eds.), *Les sciences sociales en mutation: Éditions Sciences Humaines*.
- Sperber, D. (2007b). Seedless Grapes: Nature and Culture. In S. Laurence & E. Margolis (Eds.), *Creations of the Mind: Theories of Artifacts and Their Representation* (pp. 124): Oxford University Press.
- Sperber, D., Cara, F., & Girotto, V. (1995). Relevance theory explains the selection task. *Cognition*, 57(1), 31-95.
- Sperber, D., & Claidière, N. (2006). Why modeling cultural evolution is still such a challenge. *Biological theory*, 1(1), 20-22.
- Sperber, D., & Claidière, N. (2008). Defining and explaining culture (comments on Richerson and Boyd, Not by genes alone). *Biology and Philosophy*, 23(2), 283-292.
- Sperber, D., & Girotto, V. (2002). Use or misuse of the selection task? Rejoinder to Fiddick, Cosmides, and Tooby. *Cognition*, 85(3), 277-290.

- Sperber, D., & Girotto, V. (in press). Does the selection task detect cheater-detection? In K. Sterelny & J. Fitness (Eds.), *New directions in evolutionary psychology: Macquarie Monographs in Cognitive Science*.
- Sperber, D., & Hirschfeld, L. A. (2004). The cognitive foundations of cultural stability and diversity. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 40-46.
- Sperber, D., & Wilson, D. (1986/1995). *Relevance : communication and cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Sperber, D., & Wilson, D. (2002). Pragmatics, modularity and mind-reading. *Mind & Language*, 17(1&2), 3-23.
- Sperber, D., & Wilson, D. (In press). Pragmatics. In F. Jackson & M. Smith (Eds.), *Oxford Handbook of Philosophy of Language*.
- Stanley, E. L., Kendal, R. L., Kendal, J. R., Grounds, S., & Laland, K. N. (2008). The effects of group size, rate of turnover and disruption to demonstration on the stability of foraging traditions in fish. *Animal Behaviour*, 75, 565-572.
- Sterelny, K. (2005). Made By Each Other: Organisms and Their Environment. *Biology and Philosophy*, 20(1), 21-36.
- Sturtevant, A. H. (1937). Essays on Evolution. I. On the Effects of Selection on Mutation Rate. *The Quarterly Review of Biology*, 12(4), 464-467.
- Sumita, K., Kitahara-Frisch, J., & Norikoshi, K. (1985). The Acquisition of Stone-tool Use in Captive Chimpanzees. *Primates*, 26(2), 168-181.
- Szathmary, E. (2002). Replication at the speed of thought. *Nature*, 418(6896), 370-371.
- Taddei, F., Radman, M., Maynard-Smith, J., Toupance, B., Gouyon, P. H., & Godelle, B. (1997). Role of mutator alleles in adaptive evolution. *Nature*, 387(6634), 700-702.
- Tarde, G. (1890/1895). *Les lois de l'imitation*.
- Tehrani, J., & Collard, M. (2002). Investigating cultural evolution through biological phylogenetic analyses of Turkmen textiles. *Journal of Anthropological Archaeology*, 21(4), 443-463.
- Teller, D. Y., & Bornstein, M. H. (1985). Color vision and color perception in infancy. In L. B. Cohen & P. Salapatek (Eds.), *Handbook of infant perception* (pp. 185-236). New York: Academic Press.
- Terkel, J. (1996). Cultural transmission of feeding behaviour in the black rat (*Rattus rattus*). In C. M. Heyes & B. G. Galef (Eds.), *Social learning in animals: the roots of culture* (pp. 17-47). London, UK: Academic Press.
- Tomasello, M. (1996). Do apes ape? In C. M. Heyes & B. G. Galef (Eds.), *Social learning in animals: The roots of culture* (pp. 319-346). London: Academic Press.
- Tomasello, M. (1998). Emulation Learning and Cultural Learning. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 703-704.
- Tomasello, M. (1999). *The Cultural Origins of Human Cognition*: Harvard University Press.

- Tomasello, M., Davis-Dasilva, M., Camak, L., & Bard, K. (1987). Observational learning of tool-use by young chimpanzees. *Human Evolution*, 2(2), 175-183.
- Tomasello, M., Kruger, A. C., & Ratner, H. H. (1999). Cultural learning. *Behav Brain Sci*(16), 495-552.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (2005). Conceptual foundations of evolutionary psychology. In D. M. Buss (Ed.), *The handbook of evolutionary psychology* (pp. 5–67). Hoboken, NJ: Wiley.
- Topal, J., Gergely, G., Miklosi, A., Erdohegyi, A., & Csibra, G. (2008). Infants' Perseverative Search Errors Are Induced by Pragmatic Misinterpretation. *Science*, 321(5897), 1831.
- Tylor, E. (1871). *Primitive culture*: Murray London.
- UNESCO (2009). Centre historique de San Gimignano Retrieved 09/03/2009, 2009, from <http://whc.unesco.org/fr/list/550/video>
- Vallabha, G. K., McClelland, J. L., Pons, F., Werker, J. F., & Amano, S. (2007). Unsupervised learning of vowel categories from infant-directed speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(August 14, 2007), 13273-13278.
- van Baalen, M., & Jansen, V. A. A. (2001). Dangerous liaisons: the ecology of private interest and common good. *Oikos*, 95(2), 211.
- van Baalen, M., & Jansen, V. A. A. (2003). Common language or Tower of Babel? On the evolutionary dynamics of signals and their meanings. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1510), 69-76.
- Van der Henst, J., Carles, L., & Sperber, D. (2002). Truthfulness and relevance in telling the time. *Mind & Language*, 17(5), 457-466.
- van Schaik, C. P., Ancrenaz, M., Borgen, G., Galdikas, B., Knott, C. D., Singleton, I., et al. (2003). Orangutan cultures and the evolution of material culture. *Science*, 299(5603), 102-105.
- Venter, J. C., Adams, M. D., Myers, E. W., Li, P. W., Mural, R. J., Sutton, G. G., et al. (2001). The Sequence of the Human Genome. *Science*, 291(5507), 1304-1351.
- Viciana, H., & Claidière, N. (2007). The animal variations: When mechanisms matter in accounting for function. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(04), 424-425.
- Von Frisch, K. (1967). *The Dance Language and Orientation of Bees*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Von Frisch, K. (1973). *Decoding the Language of the Bee*. Paper presented at the Nobel Lecture.
- Wagner, R., & Danchin, E. (2003). Conspecific copying: a general mechanism of social aggregation. *Animal Behaviour*, 65(2), 405-408.
- Wakano, J. Y., & Aoki, K. (2006). A mixed strategy model for the emergence and intensification of social learning in a periodically changing natural environment. *Theoretical Population Biology*, 70(4), 486-497.
- Wakano, J. Y., & Aoki, K. (2007). Do social learning and conformist bias coevolve? Henrich and Boyd revisited. *Theoretical Population Biology*, 72(4), 504-512.

- Wakano, J. Y., Aoki, K., & Feldman, M. W. (2004). Evolution of social learning: a mathematical analysis. *Theoretical Population Biology*, 66(3), 249-258.
- Wang, R., & Spelke, E. (2002). Human spatial representation: Insights from animals. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(9), 376-382.
- Weismann, A. (1893). *The germ-plasm; a theory of heredity*. New York: Scribner's.
- Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*(7), 49-63.
- Werker, J. F., & Yeung, H. H. (2005). Infant speech perception bootstraps word learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(11), 519-527.
- Whitehead, H. (1998). Cultural Selection and Genetic Diversity in Matrilineal Whales. *Science*, 282(5394), 1708-1711.
- Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., et al. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature*, 399(6737), 682-685.
- Whiten, A., Horner, V., & de Waal, F. B. (2005). Conformity to cultural norms of tool use in chimpanzees. *Nature*, 437(7059), 737-740.
- Whiten, A., Horner, V., Litchfield, C. A., & Marshall-Pescini, S. (2004). How do apes ape? *Learn Behav*, 32(1), 36-52.
- Whiten, A., Spiteri, A., Horner, V., Bonnie, K. E., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., et al. (2007). Transmission of multiple traditions within and between chimpanzee groups. *Curr Biol*, 17(12), 1038-1043.
- Whitfield, J. (2008a). Across the Curious Parallel of Language and Species Evolution. *PLoS Biology*, 6(7), e186-e186.
- Whitfield, J. (2008b). Biological theory: Postmodern evolution? *Nature*(455), 281-284.
- Whorf, B. L. (1956). *Language, thought, and reality; selected writings*. Cambridge: MIT Press.
- Wikipedia (Ed.) (2009) Wikipedia.
- Wilke, C. (2005). Quasispecies theory in the context of population genetics. *BMC Evolutionary Biology*, 5(1), 44-44.
- Williams, G. C. (1966). *Adaptation and natural selection : a critique of some current evolutionary thought*. Princeton: Princeton University Press.
- Wilson, D., & Sperber, D. (2002). Truthfulness and relevance. *Mind*, 111(443), 583.
- Wilson, D., & Sperber, D. (2004). Relevance Theory. In G. Ward & L. Horn (Eds.), *Handbook of Pragmatics* (pp. 607-632). Oxford: Blackwell.
- Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology : the new synthesis*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press.
- Wilson, E. O. (1978). *On human nature*. Cambridge: Harvard University Press.
- Winawer, J., Witthoft, N., Frank, M. C., Wu, L., Wade, A. R., & Boroditsky, L. (2007). Russian blues reveal effects of language on color discrimination. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(19), 7780-7785.

- Wood, J. N., Glynn, D. D., Phillips, B. C., & Hauser, M. D. (2007). The perception of rational, goal-directed action in nonhuman primates. *Science*, 317(5843), 1402-1405.
- Wood, J. N., & Hauser, M. D. (2008). Action comprehension in non-human primates: motor simulation or inferential reasoning? *Trends Cogn Sci*, 12(12), 461-465.
- Yasuda, N., Cavalli-Sforza, L. L., Skolnick, M., & Moroni, A. (1974). The evolution of surnames: an analysis of their distribution and extinction. *Theor. Popul. Biol*, 5(1).
- Yoon, J. M. D., Johnson, M. H., & Csibra, G. (2008). Communication-induced memory biases in preverbal infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(36), 13690-13695.
- Zucker, L. (1977). The role of institutionalization in cultural persistence. *American Sociological Review*, 726-743.