

JEAN STAUNE

AU-DELÀ DE DARWIN

Pour une autre vision de la vie



Éditions **Jacqueline Chambon**

JEAN STAUNE

AU-DELÀ DE DARWIN

Pour une autre vision de la vie

essai

Editions **Jacqueline Chambon**

A la mémoire de "Marco" Schützenberger.

A Michael Denton.

Les nombreuses discussions que j'ai eues avec eux ont été le ferment de ma passion pour les sujets traités ici.

A la mémoire de tous les précurseurs de ces idées qui attendent encore que leur rôle dans notre compréhension de la vie soit reconnu à sa juste valeur : Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, Richard Owen, Saint George Mivart, D'Arcy Thompson, Richard Goldschmidt.

Introduction

Prière de laisser le dogmatisme au vestiaire

Sommes-nous, comme le croyait le prix Nobel de médecine Jacques Monod, de “glorieux accidents”, le résultat incroyablement chanceux d’un processus aveugle et aléatoire qui, sur la troisième planète d’un système solaire, a, par une incroyable série d’heureuses coïncidences, pu mener jusqu’à des êtres suffisamment évolués pour être pourvus de conscience et réfléchir sur le sens de leur existence ? Ou, comme le croyait le célèbre paléontologiste et jésuite Pierre Teilhard de Chardin, une croissance continue de la complexité vers des formes de vie de plus en plus élaborées est-elle inscrite dans les lois mêmes de l’Univers ?

C’est une question qui a d’importantes implications philosophiques, voire théologiques, qui bouleverse complètement, dans un sens ou dans l’autre, la vision que nous pouvons avoir de nous-mêmes et des raisons (ou des non-raisons) de notre existence. Mais c’est une question avant tout scientifique, et c’est ce qui la rend passionnante. L’étude de l’évolution de la vie peut-elle nous permettre de dégager une tendance en faveur de l’une ou de l’autre des hypothèses ? On se doute que les études purement objectives dans ce domaine vont être difficiles. Il s’agit d’un monde plein de bruit et de fureur, de controverses passionnées, voire d’insultes, d’excommunications et de bien d’autres choses encore.

En cette année où nous célébrons le cent cinquantième anniversaire de la publication de *L’Origine des espèces* de Charles Darwin, nous avons assisté à une véritable hagiographie. Dans

les dizaines d'articles et de numéros spéciaux publiés, quasiment aucun ne s'est fait l'écho de critiques envers la théorie néodarwinienne. Aucun n'a présenté aux lecteurs une ou des théories alternatives susceptibles de nous faire porter un autre regard sur l'évolution de la vie. Est-ce à dire que le darwinisme a gagné et qu'il n'y a plus de débats, hors les débats internes au darwinisme ? Absolument pas ! En fait, depuis vingt ans, toute une série de découvertes nous ont montré que les mécanismes postulés par le darwinisme et son successeur, le néodarwinisme, avaient une portée bien plus limitée que prévue. Mais personne n'en parle au grand public !

La raison de ce silence est simple. Une majorité de scientifiques pensent que toute critique du darwinisme qui parviendrait aux oreilles du grand public renforcerait le créationnisme et que ces questions ne doivent être débattues (quand elles le sont...) qu'entre spécialistes.

Heureusement, un certain nombre de spécialistes de l'évolution comme le biologiste Brian Goodwin, un des tenants de l'auto-organisation, une école que nous analyserons au chapitre 9, s'insurgent contre cette pensée unique et affirment haut et fort que des alternatives existent : "Depuis 1859, le mécanisme de la sélection naturelle et la survie du plus fort se sont imposés comme la seule thèse explicatrice de la vie sur Terre. Les origines, les extinctions, les adaptations ont toutes été étudiées à travers le prisme du darwinisme. Or, une autre explication de l'origine et de la diversité des espèces existe. De même que la vision newtonienne du monde a prédominé jusqu'à la révolution einsteinienne au XX^e siècle, le darwinisme doit-il être remplacé par une nouvelle théorie qui admette que la complexité est une qualité inhérente et émergente de la vie et pas uniquement le résultat de mutations aléatoires et de la sélection naturelle. Les organismes sont aussi coopératifs qu'ils sont compétitifs, aussi altruistes qu'égoïstes, aussi créatifs et joueurs qu'ils sont destructifs et répétitifs¹." Mais

1. Brian Goodwin, *How the Leopard Changed Its Spots*, Clearwater, Touchstone Books, 1996, quatrième de couverture.

leurs voix ne portent pas, leurs théories étant souvent complexes et ardues.

Le but de cet ouvrage n'est pas de critiquer le darwinisme (je l'ai déjà fait dans mon précédent ouvrage, auquel les lecteurs peuvent se reporter²), mais de briser ce "mur de silence" en mettant à la portée du grand public les découvertes et les théories susceptibles de lui donner une nouvelle vision de la vie.

Avant de commencer, il est nécessaire de préciser la définition même des termes que nous allons utiliser. Pour cela, commençons par une petite histoire. Je vous prie de la considérer avec attention car elle me servira de fil rouge tout au long de cet ouvrage.

Imaginons une très lointaine planète autour d'une autre étoile. Elle est presque en tout point semblable à la Terre, à l'exception de deux différences importantes. Comme Vénus, elle est recouverte d'une couche de nuages si épaisse que ses habitants n'ont jamais pu voir les étoiles ni même leur soleil. Comme Pluton, elle est si éloignée de son soleil, qu'elle met plusieurs centaines d'années à en faire le tour. Elle est enfin pourvue d'êtres vivants semblables à nous (la probabilité d'apparition d'êtres vivants nous ressemblant est l'une des questions clés de ce livre, qui sera discutée au chapitre 4), qui prient, depuis des millénaires, leurs dieux, pour que le temps soit le plus clément possible.

C'est ce que faisaient, voire font encore, la plupart des populations terrestres. Jusqu'au début du ^{xx}e siècle, il existait des processions appelées "rogations" destinées à obtenir une pluie suffisante pour les récoltes. De nombreux rites se sont développés sous l'autorité des prêtres pour obtenir la pluie ou le beau temps quand cela est nécessaire aux populations.

Mais un jour, sur cette hypothétique planète, des savants faisant le tour du monde ont mesuré la pression atmosphérique, ont découvert l'existence de fronts chauds et de fronts froids et

2. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, Paris, Presses de la Renaissance, 2007, chapitres 11 et 12.

ont lancé les bases d'une science, la météorologie, permettant d'expliquer le climat grâce à des mécanismes naturels. Une telle innovation s'est heurtée, pendant des décennies, aux discours des différentes religions pour lesquelles le climat était géré par les dieux.

Comme nous le savons, la météorologie est une science relativement inexacte, surtout dans ses débuts. A cause de l' "effet papillon", c'est-à-dire de la sensibilité d'un grand système instable comme l'atmosphère aux conditions initiales, il est impossible de prédire la météo quinze jours à l'avance. Les tenants des religions antiques se basent donc sur cela pour dénoncer la météorologie comme une pseudoscience. Des batailles acharnées ont lieu.

Mais voilà qu'après quelques centaines d'années de pratique de la météo, d'autres scientifiques suggèrent que, dans le très long terme, quelque chose contribue à la modification du climat. En effet, ils identifient que des périodes chaudes et des périodes froides existent de façon régulière. Les météorologues classiques, qui ont tant peiné à venir à bout des anciennes superstitions, selon lesquelles le climat était directement le résultat de l'action de Dieu, ne peuvent tolérer une telle idée, y voyant là un affaiblissement de leur position et une porte ouverte au retour en grâce de leurs adversaires fondamentalistes. Il est essentiel pour eux que le climat, à court ou à long terme, reste un phénomène aléatoire. S'il était contrôlé par quelque chose, cela ne serait-il pas une trace d'une forme de contrôle divin sur le climat ? Il faut donc à tout prix, et en recourant à tous les moyens disponibles, y compris la calomnie ou la cabale, empêcher le développement de cette nouvelle école. Il s'agit de la "lutte des lumières de la connaissance contre l'obscurantisme des superstitions". Il est d'autant plus facile d'étouffer la voix des "nouveaux météorologistes" que ceux-ci s'appuient sur des phénomènes faiblement perceptibles et se déroulant sur de grandes périodes de temps. Et ce d'autant plus que ces nouveaux météorologistes n'ont pas la moindre idée de ce qui peut causer la nature de ce phénomène. Encore et encore, les météorologistes classiques reviennent à la charge.

“Si ces régularités existent comme vous le prétendez, quelle peut être leur cause ?

– Nous n’en avons aucune idée, mais il n’empêche que le phénomène existe.

– Un peu court comme réponse. Tout ce que vous voulez, c’est rouvrir la porte que nous avons claquée au nez de Dieu !”

Bien entendu, personne ne peut imaginer le concept de saisons, ni encore moins celui d’étoiles ou d’Univers. La tâche des nouveaux météorologistes est d’autant plus compliquée qu’il est apparu sur leur planète une école dite de l’ *“intelligent climate”* qui affirme que les mystérieuses régularités qui existent dans l’évolution du climat sont bien la preuve que celui-ci est contrôlé par les dieux.

Cette résurgence des anciennes idées fondamentalistes sous une nouvelle forme contribue à bloquer toute évolution de la situation. Il faudra des centaines d’années, voire des millénaires d’observation, pour arriver éventuellement à un début de consensus sur l’existence du phénomène. Sauf, bien sûr, si la civilisation finit par développer une technologie lui permettant de s’extraire de sa planète.

Dans notre histoire, les fondamentalistes accrochés à l’ancienne interprétation de la religion, selon laquelle les dieux contrôlent directement le climat, représentent bien entendu les créationnistes, pour lesquels Dieu a créé séparément chacune des espèces vivantes, comme l’ont cru la quasi-totalité des scientifiques jusqu’au début du XIX^e siècle.

Les météorologistes classiques représentent les darwiniens classiques, pour qui, non seulement les êtres vivants n’ont pas été créés séparément et descendent les uns des autres, au cours d’un long processus les ayant amenés à évoluer, mais pour qui la nature même de ce processus est également connue, au moins dans son ensemble. Il s’agit de variations survenant au hasard qui sont ensuite sélectionnées par la sélection naturelle.

Les nouveaux météorologistes représentent les biologistes qui affirment qu’au-delà du hasard indéniable régnant à court terme dans le domaine de l’évolution, il existe des lois ou des

tendances générales qui, si l'on regarde l'évolution en prenant un peu plus d'altitude, nous montrent l'existence de "non-hasards", de tendances qui s'inscrivent en faux contre l'affirmation selon laquelle tout le processus ne serait que le résultat de phénomènes contingents, ne reposant sur aucune forme de logique permettant de prévoir son déroulement. Comme dans mon exemple, ces "nouveaux évolutionnistes" ont des difficultés à expliquer pourquoi de telles tendances existent et ce qui se cache derrière elles. Ce qui leur vaut au mieux un silence méprisant, au pire une animosité sans bornes de la part des darwiniens classiques qui voient dans cette "hérésie" une remise en cause de leur "fond de commerce" susceptible de renforcer leurs anciens ennemis, les créationnistes.

Les tenants du "climat intelligent" représentent bien sûr le mouvement du dessein intelligent selon lequel la complexité des systèmes biologiques, à partir du moment où elle ne peut avoir été produite par des mécanismes darwiniens, constitue une preuve de l'intervention d'un agent intelligent.

Tout l'objectif de ce livre sera de présenter de façon accessible le maximum de faits et de théories montrant l'intérêt et la cohérence que peuvent avoir les idées d'un certain nombre de ces "nouveaux biologistes", eux-mêmes répartis en plusieurs écoles, parfois assez différentes. Pour cela, nous devons partir des faits et uniquement d'eux, en nous tenant au maximum à l'écart de l'idéologie et des questions philosophiques.

Des propos comme ceux de Stephen Jay Gould, grand spécialiste à la fois de l'évolution et du darwinisme, devraient éclaircir une fois pour toutes la question : "L'évolution ne signifie rien d'autre que : tous les organismes sont unis par les liens de la descendance. Cette définition ne dit rien au sujet du mécanisme de changement évolutif³." Et pourtant, il faut répéter inlassablement que rejeter le darwinisme n'implique nullement le rejet de l'évolution. De la même façon que critiquer la théorie

3. Stephen Jay Gould, *La Foire aux dinosaures*, Paris, Seuil, 1993, p. 390.

de Newton n'implique en aucune façon que l'on veuille, par un retour en arrière, remettre la Terre au centre de l'Univers mais, bien au contraire, que l'on cherche une théorie capable de mieux décrire la structure du cosmos. Et pourtant, combien de fois voyons-nous, surtout dans des ouvrages américains, une référence à "l'évolution darwinienne" ? Il y a là une source sans fin de malentendus dont profitent tous les obscurantistes, qu'ils soient créationnistes ou scientistes. En effet, beaucoup ont intérêt à ce que cette confusion demeure. Il faut donc le dire de la façon la plus claire : le darwinisme n'est qu'une théorie, alors que l'évolution est un fait. Nous ne perdrons donc pas de temps à démontrer que tous les êtres vivants ont un ancêtre commun et sont le fruit d'une longue suite de métamorphoses intervenues au fil des temps géologiques.

Sont en dehors du champ de la science, ceux qui, comme Philip Johnson⁴, se prétendent "agnostiques" par rapport à l'évolution, en affirmant que l'on n'est pas obligé de croire à un phénomène si l'on n'en connaît pas la cause. C'est une position symétrique de celle des darwiniens qui, parce qu'on ne connaît pas la cause d'une éventuelle structuration de l'évolution, disent que celle-ci n'existe pas. En fait, on peut très bien avoir les preuves d'un phénomène aussi important que le fait que la Terre tourne autour du Soleil, sans avoir le moindre indice de la raison pour laquelle un tel fait se produit.

Il est temps de se livrer en biologie à un travail du même type que celui qui permit de passer des conceptions de Newton à celles d'Einstein. Pour y parvenir, il nous faudra encore et toujours crier avec force que le fait de coller toute étiquette "créationniste" ou "néocréationniste" sur ceux qui veulent entreprendre ce travail d'approfondissement de nos connaissances en biologie, est tout aussi absurde et scandaleux que de vouloir s'opposer au développement du concept de saisons sur notre planète imaginaire. Si j'insiste autant sur ce point, c'est que l'on se trouve actuellement dans une situation, assez incroyable, où l'on voit

4. Philip Johnson, *Le Darwinisme en question*, Édition Pierre d'Angle, 1996.

des néoteilhardiens être accusés de néocréationnisme. Ainsi, récemment, Marc Silberstein, coauteur d'un livre intitulé *Les Matérialismes (et leurs détracteurs)*⁵, n'hésitait-il pas à écrire que Pierre-Paul Grassé, un des plus grands zoologistes du XX^e siècle, pendant plusieurs décennies titulaire de la chaire d'Evolution à la Sorbonne, était finalement une sorte de créationniste⁶, ce qui est vraiment le comble du ridicule quand on connaît sa pensée. L'étape suivante consiste à traiter Teilhard lui-même de "créationniste", puisqu'il croyait en un créateur, alors qu'il a, pendant toute sa vie, lutté pour faire prendre en compte la notion d'évolution par l'Eglise catholique, et l'a menée à quitter les positions... créationnistes qui étaient les siennes à l'époque. Ces précisions épistémologiques apportées, nous pouvons maintenant partir à la découverte de nouvelles conceptions de la vie.

Darwin terminait son fameux ouvrage par la phrase : "N'y a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie?"

Dans la vision de la vie qui était celle de Darwin, une longue suite de petits changements se déroulant au hasard pouvait, grâce au triage effectué par la sélection naturelle qui, à chaque génération, ne retient que les meilleurs, permettre le développement de toute la diversité des formes vivantes.

Comme nous l'a montré la citation de Brian Goodwin, c'est sous ce seul prisme que l'évolution de la vie a été regardée depuis cent cinquante ans. Ne serait-il pas temps de regarder les choses de façon différente ? Une autre vision de la vie peut-elle être bâtie sur des bases rigoureusement scientifiques ? C'est ce que nous allons tenter de faire ici. N'ayant aucune prétention d'avoir découvert des faits biologiques nouveaux, ni d'être le créateur

5. Jean Dubessy, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein, *Les Matérialismes (et leurs détracteurs)*, Paris, Syllepse, 2004.

6. Marc Silberstein, "L'unité des créationnismes", consultable sur <http://www.assomat.info/L-unite-des-creationnismes-Par>.

7. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, Paris, Flammarion, coll. "GF", traduction d'Edmond Barbier revue par Daniel Becquemont, 2008, p. 563. J'utilise cette édition car il s'agit de la plus répandue malgré les réserves que je vais exprimer plus loin à son encontre.

d'une nouvelle théorie, je ne ferai ici que synthétiser des idées de paléontologistes, biochimistes, généticiens, biophysiciens, voire des spécialistes de la modélisation, travaillant sur ce problème.

Mon seul apport sera donc dans la synthèse et dans la mise à la portée du grand public d'ouvrages souvent ardu, parfois non traduits en langue française, et d'articles professionnels écrits dans des revues telles que *Science*, *Nature*, *Proceedings of the National Academy of Science*, *Biosystems*, *Journal of Theoretical Biology*, que personne ne lit en dehors des spécialistes. J'ai choisi, au vu de l'objectif de ce livre, d'être le plus clair possible, quitte à appeler une araignée une araignée, et non un arthropode. Bref, d'essayer de simplifier au maximum des questions complexes. Les lecteurs voulant approfondir ces questions sont priés de se reporter aux publications d'origine qui seront toutes indiquées en note et dont certaines seront mises en ligne sur un site dédié à cet ouvrage⁸. Le chapitre premier constituera un rappel de quelques-uns des éléments fondamentaux du darwinisme et des apports du néodarwinisme à notre compréhension de la vie. Le chapitre 2 se fera l'écho des batailles meurtrières que se livrent les deux principales écoles darwiniennes. Dans le chapitre 3, nous montrerons que de nombreux indices nous invitent à rechercher au-delà du darwinisme un mécanisme pour l'évolution de la vie, et donc à regarder l'évolution autrement. Ces faits jouent le même rôle que les relevés météorologiques de notre planète hypothétique qui permettaient aux scientifiques les plus audacieux de leur époque de postuler une forme de déterminisme ou de logique interne à l'évolution du climat dans le long terme (les saisons !). C'est avec le chapitre 4 que nous aborderons de front cette nouvelle vision de la vie qui constitue, sans doute, la plus grande innovation dans le domaine depuis Darwin, avec, bien sûr, la découverte de l'ADN et celle de tout le système de fonctionnement de la machinerie intracellulaire. Il s'agira de montrer que nous avons, dès aujourd'hui, de fortes indications selon lesquelles l'évolution est un phénomène en partie prédictible.

8. <http://www.audeladedarwin.fr>.

Les chapitres suivants nous montreront que si cette nouvelle vision s'appuie sur toute une série de résultats publiés récemment dans les plus grandes revues scientifiques, elle rejoint des intuitions de grands biologistes ou paléontologistes parfois antérieurs à Darwin, qui avaient soutenu que la structure, donc la forme, est première par rapport à la fonction, c'est-à-dire à l'utilité d'un organe. Ainsi, si personne ne peut nier que le cou de la girafe s'est développé selon des processus purement darwiniens, en raison de l'avantage fonctionnel que représentait un long cou (les girafes pouvaient, en période de sécheresse, se nourrir de feuilles que leurs congénères à cou plus court n'arrivaient pas à atteindre). Les cristaux de neige, eux, nous montrent l'importance de la notion de structure. Quelle que soit leur forme, ils ont toujours six branches; une loi de la nature les amène à avoir toujours cette structure, quelles que soient les contingences diverses qui président à leur formation et qui leur donnent des formes différentes. C'est en croisant cette idée ancienne, véhiculée par le structuralisme (en biologie et non en linguistique où ce terme existe également) avec les travaux de quelques-uns des plus grands biologistes actuels, comme le paléontologiste Simon Conway Morris, le prix Nobel de médecine Christian de Duve et bien d'autres chercheurs spécialisés dans divers domaines de l'évolution, que cette nouvelle conception de la vie va peu à peu se faire jour au fil des pages. Elle recevra le renfort de diverses écoles de pensée ou de francs-tireurs qui croient à l'existence de logiques internes dans l'évolution.

Mais cet ouvrage ne serait pas complet si l'on n'évoquait pas d'autres pistes, différentes de la piste principale. C'est ce que nous ferons en abordant le néolamarckisme et l'auto-organisation. Il ne restera plus alors qu'à synthétiser toutes ces données pour montrer au lecteur comment une autre vision de la vie est possible, pourvu qu'on veuille bien chausser d'autres lunettes que celles du néodarwinisme et accepter d'élargir un peu le regard que l'on porte sur la vie. Nous ne manquerons pas d'analyser en conclusion les possibles implications philosophiques de cette nouvelle conception de la vie, tout en rappelant que ce sont les faits, et eux seuls, qui amènent à cette conception nouvelle.

Chapitre premier

Quoi de neuf depuis Darwin ?

L'idée dangereuse de Darwin

Charles Darwin, à l'instar d'autres scientifiques comme Galilée, Newton ou Einstein, est aujourd'hui une véritable icône et divers aspects de sa vie sont entrés dans la légende, comme ces fameux pinsons des Galápagos qui lui auraient inspiré sa théorie. En effet, la découverte de ceux-ci, proches des pinsons existant sur les côtes chiliennes mais présentant des différences liées aux caractéristiques des îles où ils vivaient, est toujours présentée comme un événement-clé de sa vie. En fait, le raisonnement de Darwin fut le suivant :

- Il commence par un parallèle avec les éleveurs, notant que ceux-ci font évoluer les races, et qu' "il n'y a aucune raison évidente pour que les principes dont l'action a été si efficace à l'état domestique, n'aient pas agi à l'état de nature¹".
- L'inspiration suivante vient de Malthus et du fait qu' "il naît plus d'individus qu'il n'en peut survivre²".
- Cette situation crée une lutte pour l'existence, dont l'intensité est maximale au sein d'une même espèce. Je cite : "La lutte pour l'existence est une conséquence inévitable de la multiplication en raison géométrique de tous les êtres organisés (...) Comme les individus d'une même espèce entrent sous tous les rapports

1. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 539.

2. *Ibid.*

en plus étroite concurrence les uns avec les autres, c'est entre eux que la lutte pour l'existence est la plus vive³."

- Tous les individus ne sont pas égaux dans la nature. "La moindre supériorité que certains individus, à un âge où pendant une saison quelconque, peuvent avoir sur ceux avec lesquels ils se trouvent en concurrence, ou toute adaptation plus parfaite aux conditions ambiantes, font dans le cours des temps pencher la balance en leur faveur⁴."
- Le passé montre que de grands changements ont eu lieu et que donc les espèces ont dû s'adapter à des situations bien différentes. "L'étude de la géologie démontre clairement que tous les pays ont subi de grands changements physiques ; nous pouvons donc supposer que les êtres organisés ont dû, à l'état de nature, varier de la même manière qu'ils l'ont fait à l'état domestique. Or, s'il y avait eu la moindre variabilité dans la nature, il serait incroyable que la sélection naturelle n'ait pas joué son rôle⁵."

Tout ceci amène Darwin à conclure : "Or, il y a dans la nature une variabilité (...). Si l'homme peut avec de la patience trier les variations qui lui sont utiles, pourquoi dans les conditions complexes et changeantes de l'existence, ne surgirait-il pas des variations avantageuses pour les productions vivantes de la nature susceptibles d'être conservées par la sélection ? Quelle limite pourrait-on fixer à cette cause agissant continuellement pendant des siècles et scrutant rigoureusement et sans relâche la constitution, la conformation et les habitudes de chaque être vivant, pour favoriser ce qui est bon et rejeter ce qui est mauvais ? Je crois que la puissance de la sélection est illimitée quand il s'agit d'adapter lentement et admirablement chaque forme⁶."

C'est cela que le philosophe darwinien Daniel Dennett a appelé "l'idée dangereuse de Darwin", que l'on peut résumer

3. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 539.

4. *Ibid.*

5. *Ibid.*, p. 540.

6. *Ibid.*, p. 541.

ainsi : la nature produit des variations. Etant donné qu'il y a bien plus d'êtres qui naissent qu'il n'en peut survivre, ces porteurs de variations avantageuses ont plus de chance de laisser des descendants que les autres. Parmi leurs descendants de nouvelles variations se produiront, de nouvelles sélections auront lieu et ainsi de suite. C'est ce mécanisme qui, pour Darwin, est l'explication de l'origine de nouvelles espèces, comme l'indique clairement le titre complet de son livre : *L'Origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*.

Une autre inspiration de Darwin est venue des changements géologiques et des travaux de Charles Lyell, montrant que les immenses vallées que nous connaissons aujourd'hui ont été créées au fil de millions d'années par le mécanisme de l'érosion. Nul déluge, nulle catastrophe ne sont nécessaires pour expliquer les formes géologiques qui nous entourent. La lente action cumulative de facteurs que nous pouvons constater actuellement y suffit. Darwin applique exactement la même idée à l'évolution des êtres vivants. Les facteurs que nous constatons actuellement, comme la modification des races par les éleveurs, suffisent pour expliquer dans le très long terme l'ensemble du processus de l'évolution.

Cette croyance dans le fait que les forces dont nous constatons actuellement les effets permettent d'expliquer la totalité du passé, amène Darwin à écrire : "Comme la sélection naturelle n'agit qu'en accumulant des variations légères successives et favorables, elle ne peut pas produire des modifications considérables ou subites. Cette théorie rend facile à comprendre l'axiome *la nature ne fait pas de saut*⁷." C'est là un principe de base du darwinisme, avec celui portant sur l'immense pouvoir de la sélection naturelle, qui fera dire à Darwin que celle-ci est "sa divinité". Il est à noter que son plus grand supporteur, Thomas Huxley, qui sera surnommé le "bulldog" de Darwin pour sa défense acharnée du "maître", lui écrira dans une lettre, par ailleurs enthousiaste, un mois après la sortie de *L'Origine des espèces* : "Vous vous êtes

7. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 543.

encombré d'une difficulté inutile en admettant sans réserve que la nature ne fait pas de saut⁸." Une remarque promise à un bel avenir, comme nous le verrons au chapitre suivant.

D'autres critiques peuvent être formulées à l'encontre de Darwin. La première, c'est qu'il présente dans son livre une situation binaire : d'un côté, la théorie de la création séparée des espèces, de l'autre, la théorie de la descendance avec modification par la sélection naturelle. La grande absente de cette histoire c'est la théorie (ou plutôt toutes les théories) de la descendance avec modification due à autre chose que la sélection naturelle. Cet "oubli" a des conséquences incalculables qui se font sentir, particulièrement de nos jours. En effet, dans les pays anglo-saxons mais aussi depuis peu en France, on assimile l'évolution à l'évolution darwinienne. Comme nous l'avons mentionné dans notre introduction, c'est une confusion inacceptable entre un fait et une théorie. Cet oubli n'est sans doute pas fortuit.

En effet, Darwin connaissait parfaitement l'existence de ses prédécesseurs, Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire et surtout Lamarck, qui ont, un demi-siècle avant lui, publié de façon claire et sans équivoque, des théories concernant la descendance avec modification (il est à noter que ni eux ni Darwin n'emploient le mot "évolution").

Et pourtant, il faut attendre une nouvelle introduction à la quatrième édition de *L'Origine des espèces* pour que Darwin rende hommage à son prédécesseur (dans la première édition, le nom de Lamarck n'est cité qu'une ou deux fois sur des sujets complètement secondaires) : "Lamarck fut la première personne dont les conclusions sur le sujet ont grandement attiré l'attention. Ce naturaliste justement célébré a publié ses vues en 1801 (...). Dans son travail, il soutient la doctrine que toutes les espèces, y compris l'homme, descendent d'une autre espèce. Il a le premier rendu l'éminent service d'attirer l'attention sur le

8. Lettre de Huxley à Darwin du 23 novembre 1859, citée Jean-Marc Drouin, in Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 33.

fait que les changements, aussi bien dans le monde organique qu'inorganique, sont le résultat de lois et non d'interpositions miraculeuses⁹." Néanmoins, toujours dans la même introduction, Darwin mentionne que vers 1795, trois personnes sont arrivées à la même conclusion concernant l'origine des espèces : Goethe en Allemagne, son grand-père Erasmus Darwin en Angleterre et Geoffroy Saint Hilaire en France, oubliant cette fois-ci au passage Lamarck, pour réduire son importance. Il est vrai que ces quatre auteurs n'ont proposé aucune théorie acceptable par la communauté scientifique pour expliquer cette descendance avec modification. Il n'empêche que Darwin n'a pas inventé le concept, mais simplement présenté le premier mécanisme crédible permettant de l'expliquer.

Cette situation crée une confusion extrêmement dommageable pour le progrès de la recherche puisque toute remise en cause du darwinisme apparaît aussi comme une remise en cause de la "descendance avec modification".

Néanmoins, s'il faut retirer à Darwin le mérite d'avoir créé ce dernier concept, la lecture de *L'Origine des Espèces* n'en montre pas moins que, contrairement à ce que de nombreux non-darwiniens, souvent trop simplistes, en arrivent à conclure, Darwin était un très grand scientifique et un visionnaire. Certes, il y eut avant lui d'autres grands naturalistes, ceux que nous venons de citer ainsi que Linné, Cuvier et Buffon, mais contrairement à eux, Darwin n'était pas directeur ni professeur dans un grand musée national d'histoire naturelle. Il n'avait pas les mêmes moyens qu'eux et malgré cela, il a réussi à développer une culture encyclopédique l'amenant à détailler les différences existant entre tel et tel type de pigeons ou tel et tel type de zèbres, lui permettant de disserter sur les racines de telles ou telles plantes, les comportements de telles espèces de guêpes ou d'analyser et de comparer les fossiles d'animaux préhistoriques. Il manifeste surtout un remarquable esprit de synthèse qui lui permet de

9. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, 4^e éd., p. XIV, consultable sur <http://darwin-online.org.uk>.

faire converger dans une même argumentation les faits les plus divers.

En se basant sur le fait que les êtres vivants ont un ancêtre commun, il a eu l'intuition que certaines sortes de grandes découvertes seraient faites un jour, même s'il ne les a pas explicitement prévues. Ainsi, sa théorie l'amène à prédire que "des moyens occasionnels et pour la plupart inconnus de dispersion ont dû exister dans le passé¹⁰". Une intuition remarquable, un siècle avant que ne soit démontrée la dérive des continents postulée pour la première fois par Wegener, plus de quinze ans après la mort de Darwin. Darwin affirme également que les archives fossiles sont forcément très incomplètes et que l'on découvrira bien d'autres fossiles que ceux connus à son époque lorsque l'on procédera à une exploration géologique plus complète de la Terre. Il intervient longuement sur la question des "variétés" et sur le fait que des caractères identiques apparaissent chez les descendants d'une espèce elle-même dépourvue de ces caractères. Si ses explications sont parfois confuses, il y voit une des preuves qu'il y a bien eu "descendance avec modification" et a l'intuition de quelque chose qui se révélera être plus tard le concept de "gènes récessifs", et qui permet d'expliquer pourquoi des descendants de deux parents aux yeux bruns peuvent avoir des yeux bleus, en fonction des lois de Mendel, inconnues à l'époque où écrit Darwin.

Au-delà de ces problèmes liés à l'ignorance de ce qui génère les variations dans la nature, c'est-à-dire les mutations du génome, ce qui amène Darwin à prendre des positions... "lamarckiennes" (comme quand il parle de "la variabilité qui obéit à des lois complexes telles que la corrélation, l'usage et le défaut d'usage et l'action directe des conditions de vie¹¹"), la lecture de *L'Origine des Espèces*, cent cinquante ans après sa parution, reste d'un grand intérêt.

10. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 549.

11. *Ibid.*, p. 538.

Il y a néanmoins un aspect qui, s'il se comprend parfaitement dans le contexte de l'époque, est assez dérangeant pour les actuels zéloteurs de Darwin. La lecture de son ouvrage montre qu'à des dizaines de reprises, il accumule les arguments et les exemples pour montrer que la théorie de la descendance avec modification par la sélection naturelle est bien plus crédible que la théorie de la création séparée des espèces, c'est-à-dire le créationnisme. Voici des exemples tirés de la conclusion : "Or, pourquoi cette loi existerait-elle si chaque espèce avait été indépendamment créée¹² ?" "Nous ne devons pas nous étonner que des espèces d'une région quelconque, qu'on suppose d'après la théorie ordinaire avoir été spécialement créées et adaptées pour cette localité, soient vaincues et remplacées par des espèces venant d'autres pays¹³." "Comment expliquer par la théorie des créations, l'apparition occasionnelle de raies sur les épaules et sur les jambes de diverses espèces du genre cheval¹⁴ ?" "Cette ressemblance serait bizarre si les espèces étaient le produit d'une création indépendante¹⁵." "De tels faits sont absolument inexplicables d'après la théorie des créations indépendantes¹⁶." "Il faut reconnaître que d'après la théorie de la création ces rapports demeurent inexplicables¹⁷." "Du point de vue de la création indépendante de chaque être organisé, de chaque organe spécial, comment expliquer l'existence de tous ces organes portant l'empreinte la plus évidente de la complète inutilité¹⁸ ?

Toutes ces citations nous montrent que le but principal de Darwin est de tester la véracité de ces deux théories (les espèces ont été créées séparément par un créateur, ou bien elles dérivent

12. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, *op. cit.*, p. 543.

13. *Ibid.*, p. 544.

14. *Ibid.*, p. 545.

15. *Ibid.*, p. 547.

16. *Ibid.*, p. 550.

17. *Ibid.*, p. 551.

18. *Ibid.*, p. 553.

les unes des autres sous l'effet des lois de la nature) et de montrer laquelle est la plus vraisemblable, ici la seconde, bien sûr. Certains des tenants de l'*intelligent design* ne font aujourd'hui pas autre chose.

Ainsi le biochimiste Michael Behe, auteur de *La Boîte noire de Darwin*¹⁹, accepte-t-il dans les grandes lignes l'explication de Darwin en ce qui concerne les espèces. Il croit à la descendance avec modification mais fait remarquer qu'à l'époque de Darwin, la cellule était une boîte noire au mécanisme complètement inconnu. Il repose la même question que Darwin, mais cette fois-ci à un autre niveau, celui des mécanismes intracellulaires. Sa conclusion est inverse de celle à laquelle Darwin avait abouti concernant les espèces. Un concepteur intelligent est la meilleure explication pour l'existence des mécanismes intracellulaires. Cette conclusion a été dénoncée mondialement comme inacceptable et totalement en-dehors du champ de la science. Mais Behe a fait remarquer qu'il n'avait fait que reprendre, au plan épistémologique, l'approche de Charles Darwin sur une autre question, concernant un autre niveau de compréhension du vivant. On peut ne pas partager la conclusion de Behe (ce qui est mon cas, pour des raisons que j'expliquerai au chapitre 5) tout en lui donnant quitus sur ce point.

Si d'énormes changements sociologiques, psychologiques, politiques, ont eu lieu depuis cent cinquante ans dans le domaine des sciences, je n'en vois aucun affectant la nature même de la science qui se soit produit depuis l'époque de Darwin et qui nous permette de dire que ce qui était à l'intérieur du champ scientifique à l'époque de Darwin, ne l'est plus aujourd'hui. Or, si l'on disqualifie *a priori* l'alternative que pose Michael Behe, on se rend compte que la majorité de l'œuvre de Darwin n'est pas située dans le champ de la science puisqu'elle vise à démontrer la supériorité d'une des branches de l'alternative sur l'autre.

On peut parfaitement décréter que l'alternative que pose l'*intelligent design* est non scientifique mais dans ce cas-là, il faut

19. Michael Behe, *La Boîte noire de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009.

être prêt à admettre qu'une majorité de l'œuvre de Darwin ne l'est pas non plus puisqu'il ne fait, au plan épistémologique, que poser la même question. Je ne suis pas sûr que tous ceux qui célèbrent avec enthousiasme cette année le bicentenaire de sa naissance et les cent cinquante ans de la publication de *L'Origine des espèces*, soient prêts à une telle concession.

Mais le plus étonnant c'est que si Darwin arrive, en ce qui concerne l'origine des espèces, à la conclusion exactement inverse de celle de l'*intelligent design*, on peut parfaitement soutenir qu'il arrive à la *même conclusion* au plan de l'origine de la cellule. Dans sa conclusion, Darwin nous livre le fond de sa pensée, et c'est avec une grande audace qu'il écrit tout d'abord : "Je crois que tous les animaux descendent de quatre ou cinq formes primitives tout au plus, et toutes les plantes d'un nombre égal ou même moindre²⁰", et, plus loin : "Je serai disposé à croire que tous les animaux et toutes les plantes descendent d'un prototype unique (...) L'analogie me pousse donc à penser que tous les êtres organisés qui ont vécu sur la terre descendent probablement d'une même forme primordiale, dans laquelle la vie a été insufflée à l'origine²¹." Darwin affirme ainsi que tous les êtres communs descendent d'une forme unique, mais qui a insufflé cette vie dans cette forme unique ? Un Créateur, bien sûr ! Comme le dit Darwin dans l'avant-dernière phrase de son ouvrage : "N'y a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie, avec ses puissances diverses attribuées primitivement par le Créateur à un petit nombre de formes, ou même à une seule²² ?"

On peut bien entendu penser que Darwin parle ici d'un Créateur pour s'attirer les bonnes grâces du clergé et de l'establishment de son époque. Mais peu importe ses motivations, ce qui

20. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 556.

21. *Ibid.*, p. 557.

22. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, traduction de l'édition anglaise définitive par Edmond Barbier, Paris, Schleicher Frères éditeur, 1896, p. 576.

compte pour un scientifique, ce sont bien évidemment ses écrits. En outre, à rebours de l'idée qui veut que Darwin était croyant au moment de la première publication de *L'Origine des espèces* et soit devenu athée à la fin de sa vie, le mot Créateur figure dans cette phrase cruciale dans toutes les éditions de *L'Origine des espèces*, sauf la première.

Certes, à d'autres endroits, Darwin a clairement envisagé une origine naturelle à la vie, ce qui était, là aussi, particulièrement audacieux pour son époque. Il n'en est pas moins vrai qu'il termine son ouvrage en parlant d'une vie insufflée par un Créateur à la première forme vivante, ce qui est exactement la conclusion à laquelle arrivent aujourd'hui les tenants de l'*intelligent design*, et ce alors que la lecture de l'œuvre de Darwin montre qu'il n'était pas un homme à modifier son discours pour respecter des convenances ou par peur du "qu'en dira-t-on".

Une telle position est parfaitement compréhensible dans le contexte de l'époque et si je la mentionne, ce n'est pas tant en ce qu'elle concerne Darwin mais à cause d'un fait bien actuel. Le lecteur perspicace aura noté que la dernière citation de Darwin ne provient pas de l'édition de Flammarion, la plus largement diffusée aujourd'hui en France, mais de l'édition originale de la traduction d'Edmond Barbier, faite à partir de l'édition définitive du texte anglais de *L'Origine des espèces* de Darwin, et parue en 1896, une traduction que reprend pourtant l'édition de Flammarion, mais sous une forme "révisée". Ainsi, à la dernière page de celle-ci, la page 563, le mot "Créateur", présent dans le texte anglais, et donc dans la traduction originale, s'est tout simplement volatilisé : "N'y a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie avec ses puissances diverses insufflées primitivement dans un petit nombre de formes, ou même à une seule ?" Vous pouvez aller vérifier vous-même le texte original²³. Outre l'inexistence en langue française d'une véritable édition critique de *L'Origine des espèces*, n'est il pas significatif que certains darwiniens se mettent ainsi à censurer Darwin ?

23. Voir <http://darwin-online.org.uk/>

Comme nous l'avons mentionné, Darwin ignorait tout des mécanismes de l'hérédité. En 1900, le botaniste hollandais de Vries redécouvre les travaux de Gregor Mendel sur l'hérédité, montrant comment un caractère se transmet ou ne se transmet pas d'un ancêtre à ses descendants. C'est également lui qui forgera le terme de "mutation" pour désigner l'arrivée d'un caractère nouveau. Dès 1909, le généticien danois Johannsen forge le terme de "gène" pour désigner le support d'un caractère héréditaire. Il faudra attendre plus d'un demi-siècle pour que l'on élucide exactement la nature de ces gènes.

Crick et Watson obtiendront le prix Nobel pour leur découverte de la structure de l'ADN, molécule formée d'un alphabet à quatre lettres, ACGT, chacune représentant des bases qui s'accouplent deux par deux, chacune faisant partie de deux brins enroulés ensemble en double hélice. Un gène correspond à une partie de cette molécule contenant les instructions pour construire le caractère considéré. Le gène est lui-même constitué de codons, soit un ensemble de trois bases successives, qui correspond à un acide aminé particulier. Le système fonctionne de la manière suivante. A partir de l'ADN se forme une molécule d'ARN messager qui constitue une copie temporaire de cet ADN. Un organite fait de l'assemblage de plusieurs molécules, un ribosome, va alors lire cet ARN et va, chaque fois qu'il trouvera trois "lettres", utiliser l'acide aminé correspondant, ce qui lui permet ainsi de construire une protéine. La mutation sera donc l'équivalent d'une faute de frappe dans un texte, le remplacement par exemple d'un A par un G. Le fait que l'hérédité repose sur ce type de mécanisme est très intéressant car il permet de modéliser ce qui peut être fait par ce type de mécanisme et ce qui ne peut pas l'être.

Cela permet par exemple de comprendre le vilain tour que nous jouent les bactéries. Depuis la découverte des antibiotiques, les bactéries n'ont pas cessé de développer des résistances à ces médicaments. En effet, nous leur faisons subir une très forte sélection artificielle qui donne un immense avantage à

une mutation apparue par hasard si celle-ci permet à la bactérie de résister à l'antibiotique en question. Les bactéries mutent si souvent et se reproduisent si vite que la probabilité qu'apparaisse quelque part sur Terre, par un mécanisme darwinien, une bactérie qui résiste à un antibiotique donné, est suffisamment grande pour que cela se produise en quelques années ou au maximum, en quelques dizaines d'années. Une fois que la bactérie s'est répandue sur toute la planète, l'antibiotique devient inutile. On peut parler ici de "darwinisme expérimental" puisque l'on a observé que les bactéries étaient capables de développer des résistances à des antibiotiques synthétiques, c'est-à-dire à des molécules qui n'existaient pas dans la nature et dont elles ne pouvaient donc pas prévoir les "attaques" avant que celles-ci ne soient mises au point. Pourtant, les bactéries ont pu développer des résistances à ces antibiotiques synthétiques comme aux antibiotiques naturels.

Un autre élément clé est la dérive génétique qui a été étudiée par R. A. Fisher dès les années 1920. Il s'agit de montrer comment et à quelle vitesse un gène peut se répandre dans une population de taille donnée. S'il y a bien évidemment un facteur important lié au hasard, surtout si le caractère que porte ce gène n'est pas particulièrement avantageux pour l'organisme, on peut néanmoins en tirer des modèles d'évolution montrant comment certains caractères peuvent se répandre dans des populations naturelles.

La zoologie, elle aussi, s'est développée en montrant comment de nouvelles espèces pouvaient apparaître (ce qu'on appelle la spéciation) grâce à la séparation géographique et à la dérive génétique. Un exemple connu est celui du goéland. On trouve en Norvège deux espèces de goélands qui ne se reproduisent pas entre elles : le goéland argenté et le goéland brun. Mais si l'on va de Norvège vers l'Alaska, on va voir le goéland brun se transformer progressivement. Même chose, si on observe le goéland argenté en partant de Norvège vers la Sibérie. On se rend compte ainsi qu'on a affaire au départ à une seule espèce qui, en partant de Sibérie dans deux directions différentes, a donné naissance à

une nouvelle espèce, car une espèce est définie par le fait que ses membres peuvent se reproduire entre eux.

Parallèlement, d'autres études ont été menées, par Hamilton et Haldane, portant sur l'altruisme. Pourquoi les fourmis ouvrières renoncent-elles à avoir des descendants et se sacrifient-elles pour la communauté ? Parce qu'elles ont toutes la même mère et que chez les fourmis, le père n'a qu'un seul jeu de chromosomes (on dit qu'il est haploïde). Le calcul montre ainsi que les fourmis ont plus de gènes en commun avec leurs sœurs qu'avec leurs éventuels descendants.

Le raisonnement darwinien est donc le suivant. Les gènes sont à la base du comportement et des instincts, tout particulièrement chez les insectes. Or, les gènes qui ont donné aux premières fourmis ce type de comportement altruiste, ont été avantagées par rapport aux gènes leur donnant un comportement "normal", les amenant à se reproduire comme la plupart des autres animaux. C'est pourquoi ces fourmis ont fini par devenir, à leur tour, le modèle normal. J. B. S. Haldane a ainsi lancé cette phrase célèbre : "Je suis prêt à me sacrifier pour trois frères ou pour huit cousins." Il voulait dire par là que dans trois frères ou dans huit cousins, les gènes qu'il portait étaient statistiquement mieux représentés qu'en lui-même. Ce raisonnement était promis à un bel avenir, selon la théorie des "gènes égoïstes" développée par l'un des principaux ultradarwiniens actuels, Richard Dawkins. Cette théorie peut se résumer sous une forme particulièrement lapidaire : l'homme est le moyen inventé par les gènes pour produire d'autres gènes. Puisque tout est déterminé par les gènes, y compris nos comportements, ceux-ci sont optimisés, non pas pour notre propre intérêt mais pour optimiser la transmission des gènes. Nous sommes ainsi, nous, comme tous les autres animaux, manipulés par nos gènes.

Malgré son caractère extrémiste, cette théorie n'est pas un fantasme sorti du cerveau d'un darwinien fou. Je n'oublierai jamais une vidéo qui en apporte une preuve, au moins partielle. Quand un lion devient dominant, il a accès à un certain nombre de femelles qui étaient, jusque-là, réservées au mâle dominant qu'il a

supplanté. Ces femelles ont, en général, toutes des petits. Le nouveau maître du harem se met alors à les tuer systématiquement un par un, un comportement qui peut sembler absurde du point de vue de l'évolution, en ce qui concerne la population des lions. Avoir fait tant d'efforts pour produire des petits, les nourrir, les protéger, pour les voir ainsi tués par un de leur congénères, quel gâchis. Certes, du point de vue de l'espèce, mais pas du point de vue des gènes. Tant qu'elles ont des petits qu'elles allaitent, les lionnes ne peuvent pas être en chaleur. Le nouveau mâle dominant attendra donc parfois des années avant d'avoir une descendance. Il se peut que ce soit trop tard et qu'il soit, d'ici là, supplanté par un autre mâle. C'est pourquoi ce comportement, *a priori* aberrant, a clairement été avantage par la sélection naturelle. En effet, dès que leurs petits sont morts, les lionnes retombent en chaleur... et s'accouplent avec l'assassin de leurs enfants qui peut ainsi avoir une descendance bien plus rapidement que les lions n'adoptant pas cet horrible comportement.

Ce documentaire sur le comportement des lions est resté fixé dans ma mémoire, tout particulièrement lorsque le grand lion s'apprête à tuer le dernier des petits et que celui-ci lève une patte dérisoire pour se protéger, geste inutile qui ne l'empêchera pas d'être écrasé sous l'œil impassible de sa mère. Cette patte du lionceau est à la fois un triomphe pour une forme extrême du darwinisme et une question philosophique pour tous ceux qui s'intéressent au sens ou au non-sens pouvant exister dans la nature. Une nouvelle discipline, visant à donner une base génétique aux instincts, est née de ce type d'études, la sociobiologie, dont le principal spécialiste est Edouard Wilson²⁴. Bien entendu, l'application de telles idées à l'homme a fort heureusement suscité d'importantes réserves. Ainsi, peu de gens sont prêts à soutenir les propos d'un sociobiologiste comme R. D. Alexander qui, remarquant que les femmes qui ont été violées ont toujours commencé par résister avant de l'être, a voulu expliquer ce comportement en disant que la femme veut d'abord inconsciemment

24. Edouard Wilson, *La Sociobiologie*, Monaco, Editions du Rocher, 1987.

évaluer la force de son agresseur avant de se laisser faire si celui-ci est suffisamment vigoureux pour lui donner une descendance solide. Il est néanmoins important de savoir que des développements du darwinisme peuvent mener à ce genre d'aberration. La sociobiologie a vocation à tout expliquer, ce qui peut être un de ses points faibles. Ainsi, le gène de l'homosexualité se perpétue car les homosexuels sont utiles pour aider et protéger les enfants des autres couples dans les tribus préhistoriques. De même, l'altruisme exercé envers des inconnus (et non envers des cousins ou des frères) peut également s'expliquer. Les populations bénéficiant du gène de l'altruisme s'entraident entre elles et donc gagnent dans le combat qui les oppose aux populations qui ne s'entraident pas. Il n'aura pas échappé au lecteur perspicace que dans certains cas, les gènes avantagent la population par rapport à l'individu et dans d'autres cas, l'individu par rapport à la population. Ce qui semble bien un signe de l'incohérence d'une telle théorie.

Ce que nous retiendrons, c'est qu'une nouvelle théorie a ainsi émergé, le néodarwinisme ou théorie synthétique de l'évolution, rassemblant les données de la génétique, de la zoologie, de la paléontologie, de l'étude des populations ainsi que celles des comportements. Malgré l'apport de toutes ces avancées, rien n'a fondamentalement changé dans le modèle depuis Darwin. Il s'agit toujours d'une évolution due à des changements graduels issus de mutations dues au hasard, sélectionnées lorsqu'elles apportent un avantage aux organismes qui les portent et qui se répandent graduellement dans la population permettant, entre autres lorsque certaines populations sont isolées géographiquement, l'apparition de nouvelles espèces. Darwin n'aurait sans doute pas rêvé que plus d'un siècle après la sortie de son ouvrage, son discours sur l'origine des espèces mais aussi des instincts, soit si superbement confirmé par des découvertes totalement nouvelles ayant permis de donner un cadre théorique plus prononcé et des explications pratiques à ce qui n'était en grande partie que des intuitions. Mais, au cours des trente dernières années, une série de concepts nouveaux a quelque peu fait évoluer les choses.

Un début de diversité dans les mécanismes de l'évolution

Le premier est la théorie neutraliste de l'évolution du japonais Motoo Kimura. On a découvert qu'une très grande majorité de l'ADN ne sert pas à coder des protéines pour l'organisme qui l'abrite. Les mutations qui se produisent dans cet ADN sont ainsi neutres, elles ne passent pas au crible de la sélection naturelle. Les mutations qui se produisent dans ces gènes "peu importants" pour l'organisme (du moins d'après nos connaissances actuelles) sont faiblement soumises à la sélection naturelle. Seules les mutations se produisant dans des gènes fonctionnels y sont fortement soumises. Ainsi, la plus grande partie des mutations se produisant dans un génome "échappent" à la sélection naturelle. Cette théorie n'est pas antidarwinienne, elle est complémentaire du darwinisme. Néanmoins, elle amène à penser que les organismes peuvent ainsi accumuler dans leur génome des éléments qui ne sont pas actifs actuellement mais qui pourront le devenir demain.

Autre grande découverte : le processus de la transcription inverse par Temin et Baltimore. Il s'agit d'une enzyme qui permet d'inscrire dans l'ADN certains messages contenus dans l'ARN et d'aller, au moins en partie, contre le dogme fondamental de la biologie moléculaire qui voulait que l'information s'écoule dans un seul sens, de l'ADN vers l'ARN et de l'ARN vers la protéine.

Ce mécanisme de la transcription inverse accéda à une célébrité mondiale moins d'une décennie après sa découverte. En effet, le SIDA est tout simplement un rétrovirus utilisant cette fameuse astuce, la transcription inverse qui permet à l'ARN contenu dans le virus de s'inscrire dans l'ADN des cellules de l'hôte. Ainsi, sans ce mécanisme, la maladie la plus célèbre et la plus dangereuse de la fin du XX^e siècle n'existerait pas. Il faut noter que dans les années 1970, un généticien français d'origine yougoslave, Mirko Beljanski, avait, à partir de ses propres travaux, déduit l'existence de la possibilité d'une telle transcription inverse de l'ARN vers l'ADN. Malheureusement pour lui, il travaillait à l'Institut Pasteur dont le chef était à l'époque Jacques Monod, auréolé de son

prix Nobel et des grandes découvertes qu'il avait faites, notamment celle de l'ARN messager. Monod était un grand défenseur du "dogme central" de la génétique, selon laquelle l'information ne peut aller que dans un seul sens. Admettre le contraire serait ouvrir la voie au lamarckisme, ne serait-ce que très partiellement (car, pour valider le lamarckisme, ennemi "héréditaire" du darwinisme, il faudrait aussi un mécanisme pouvant transmettre l'information des protéines vers l'ARN, ce qui n'a nullement été constaté pour l'instant). C'est ainsi que la France perdit le prix Nobel qui fut attribué en 1975 à Howard Temin et David Baltimore pour la découverte de ce mécanisme. Belle illustration de la façon dont les dogmes ne sont pas seulement présents en religion mais aussi en science, et de la nécessité qu'il y a à garder l'esprit ouvert dans un domaine comme dans l'autre.

Cette fameuse transcription inverse joue également un rôle dans une des autres grandes découvertes de ce que l'on pourrait nommer avec Jean Chaline, le néo-néodarwinisme²⁵ : il s'agit des transposons découverts par Barbara Mac Clintock dans les années 1950. Dès 1951, ses travaux sur le maïs l'avaient amenée à conclure à l'existence de "gènes sauteurs" qu'on appellera les transposons ou éléments transposables. On était en plein triomphe de la biologie moléculaire, l'heure était aux études sur les bactéries et non sur le maïs, infiniment plus long à se reproduire. Aussi ne prêta-t-on que peu d'attention à ce qu'elle disait. Barbara Clintock eut plus de chance que Mirko Beljanski car elle reçut, avant de mourir, le prix Nobel de médecine en 1983. Aujourd'hui, le mécanisme des transposons est connu. Il pratique, bien avant l'heure, le "copier-coller" ou le "couper-coller", permettant à une séquence d'ADN de sauter d'un site à un autre grâce à l'aide d'une enzyme. Pour être sûr que l'enzyme soit toujours présente quand il en a besoin, le transposon est capable de la coder lui-même. Or, il existe plusieurs types de transposons, certains vont directement d'ADN à ADN mais d'autres sont des rétrotransposons capables, comme le virus du

25. Voir Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin*, Paris, Ellipses, 2006.

SIDA, d'utiliser un ARN pour s'inscrire dans l'ADN. Le rôle des transposons dans l'évolution est encore loin d'être connu. Barbara McClintock soupçonnait que ces transpositions ne s'effectuaient pas totalement au hasard et que cela était susceptible d'introduire une certaine forme de "non-hasard" au milieu des mutations "normales" qui sont, elles, aléatoires. Ce que l'on sait, c'est qu'une grande partie du génome neutre des organismes supérieurs tels que nous est constitué de produits de ces transpositions.

Dès les années 1910, on avait remarqué l'existence de mutations monstrueuses. Des mouches avec quatre ailes au lieu de deux ou des mouches avec des pattes sur la tête à la place des antennes. Comment de telles modifications brutales étaient-elles possibles quand on pense au nombre de gènes qui concourent à la formation des pattes ou des ailes ? En étudiant ces questions, Walter Gehring et Edward Lewis recevront tous les deux un prix Nobel et feront une découverte essentielle permettant de mieux comprendre l'évolution : celle des gènes homéotiques, également appelés gènes Hox. Ce sont des gènes architectes, des gènes qui régulent l'expression des autres gènes. Ainsi, le gène "antennapedia" est-il responsable de l'apparition chez la mouche d'une patte à la place des antennes, tandis qu'un autre gène, dit "bithorax", peut commander la formation d'une paire d'ailes supplémentaire. Comme le dit Jean Chaline, "c'est une percée majeure dans la compréhension de nombreux phénomènes évolutifs énigmatiques qui étaient restés inexplicables par la théorie synthétique de l'évolution limitant les changements morphologiques à l'accumulation de milliers de mutations triées par la sélection naturelle²⁶". Plus extraordinaire encore, ces gènes apparaissent comme étant homologues chez de très nombreux êtres vivants. Ainsi, le gène pax 6 est-il responsable de la formation de l'œil. Pour Walter Gehring qui l'a découvert, pax 6 contrôle le fonctionnement d'environ 2 500 gènes qui contribuent à la formation de l'œil. Il a ainsi pu obtenir une mouche avec 18 yeux

26. Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin ?*, op. cit., p. 260.

supplémentaires situés sur les pattes, les ailes, et même au bout des antennes, en dupliquant ce gène et en l'insérant à différents endroits du génome de la mouche ! Mais le plus extraordinaire, c'est que si l'on prend le gène *pax 6* de la souris et qu'on le met à l'endroit adéquat dans le génome de la mouche, il est, lui aussi, capable d'entraîner la formation d'un œil de mouche (et non d'un œil de souris) !

Cette découverte permet donc de mieux comprendre le développement des êtres vivants et tout particulièrement leur différenciation au cours de l'embryogenèse mais aussi de mieux comprendre comment les différentes espèces partagent des plans d'organisation identiques, ainsi que la façon dont des macromutations peuvent se produire.

Mais attention, si la découverte des gènes Hox est d'une grande importance et si elle a permis de donner naissance à une nouvelle discipline, l'évo-dévo (évolution développement), qui montre comment la compréhension du développement actuel des êtres vivants peut nous donner des lumières sur la manière dont ils ont évolué et dont ils sont reliés les uns aux autres, les gènes Hox n'expliquent en rien l'origine des organes complexes. Ce sont des gènes qui disent "mettez un œil ici" (ou "mettez un œil là", s'ils sont mal placés comme nous venons de le voir). Ce ne sont en rien des gènes qui nous disent comment faire un œil.

Il y a encore bien des mystères à résoudre malgré les énormes progrès effectués dans notre compréhension du développement. En effet, le nombre de gènes chez l'être humain atteint à peine les 30 000. Pour information, il y en a à peu près autant dans un grain de riz ! Avant de commencer le décryptage du génome, on pensait qu'il y avait au moins 100 000 gènes chez l'homme. Avec 30 000, il est clair qu'il n'y a pas assez d'informations dans notre génome pourtant immense, pour contenir la "recette" de construction d'un être humain. Mettons-nous dans la situation d'Airbus lorsqu'il veut construire une nouvelle usine en Chine. Si par contrat, les Chinois exigent un transfert de technologie les amenant à tout construire à partir de zéro, il faudra leur donner des spécifications, non seulement sur la façon de construire

chaque pièce (l'alliage, la qualité de l'alliage, ses différentes caractéristiques de résistance, sa taille, etc.), mais aussi toutes les spécifications concernant les machines nécessaires pour construire les pièces en question. On peut quantifier, grâce à ce que l'on appelle la théorie de l'information, le nombre de bits, pour prendre un terme informatique, que nécessitent de telles constructions. Or, ce nombre est très largement supérieur au nombre d'informations contenues dans la partie utile de notre génome. Comme nous l'avons vu, la grande majorité de celui-ci est constituée d'ADN neutres qui ne semblent pas, *a priori* (du moins dans l'état de nos connaissances actuelles, soyons prudents !), participer à la construction de l'organisme. Certes, la situation est beaucoup plus complexe que prévu. La vieille conception, selon laquelle il y avait un gène pour un organe ou pour une caractéristique de l'organisme, conception qui semblait raisonnable puisqu'une mutation unique pouvait modifier cet organe ou cette caractéristique, ne tient plus aujourd'hui.

En effet, on a découvert qu'un gène pouvait contribuer à la formation de plusieurs organes différents et que les instructions pour la réalisation d'un organe pouvaient être éparpillées dans de nombreux gènes, comme nous l'avons déjà mentionné en ce qui concerne l'œil. Cette imbrication, cette extraordinaire complexité, est-elle de nature à combler les manques que nous venons de décrire avec l'analogie concernant la fabrication des Airbus ? Rien n'est moins sûr. Il semble que d'autres facteurs interviennent, comme l'influence de l'environnement ou la nature des lois de la physique. Mentionner l'influence de l'environnement (le terme consacré est l'épigénétique), ce n'est pas revenir au lamarckisme, car on ne parle pas d'une influence de l'environnement qui se transmettrait aux descendants d'un organisme mais qui s'exerce sur la façon dont s'expriment ou ne s'expriment pas les gènes de cet organisme et qui interfèrent donc avec son développement. Un exemple particulièrement spectaculaire est celui de l'axolotl. Il ressemble à un gros têtard vivant dans l'eau, avec des branchies et une nageoire dorsale. Cet axolotl est capable d'atteindre le stade adulte et de se reproduire. Néanmoins,

il suffit d'injecter une protéine, la thyroxine, dans son hypothalamus, pour voir cet axolotl se transformer en une salamandre terrestre n'ayant plus rien d'un animal aquatique ! Ainsi, l'axolotl est soit une espèce indépendante capable de se reproduire toute seule, soit le têtard d'une forme terrestre de salamandre appelée l'Ambystoma. Au Mexique où vit cet étonnant animal, on a montré que l'axolotl restait lui-même dans les eaux froides des lacs des montagnes alors qu'il se transformait en salamandre dans les zones chaudes. Il semble donc que la température joue un rôle dans l'activation ou l'inhibition du gène permettant cette extraordinaire métamorphose²⁷.

Notons au passage, même si cela n'est pas surprenant quand on connaît la transformation des têtards en grenouilles, qu'il est quand même extraordinaire de voir des créationnistes continuer à nier que les vertébrés terrestres descendent d'êtres aquatiques, quand on voit qu'un simple changement de température peut permettre à un être aquatique comme l'axolotl de devenir un parfait vertébré terrestre ! Bien évidemment, tout ceci n'est possible que parce qu'il possède des gènes prédisposés à cela, ce ne sont donc pas les facteurs environnementaux seuls qui permettent cette transition. On appelle les phénomènes comme ceux de l'axolotl de la néoténie, c'est-à-dire qu'un adulte conserve les caractéristiques qui étaient les siennes dans sa jeunesse. Certains pensent que la néoténie a pu jouer un rôle important dans l'apparition de l'homme. En effet, la tête d'un gorille ou d'un chimpanzé nouveau-né ressemble beaucoup plus à une tête humaine que la tête d'un gorille ou d'un chimpanzé adulte.

L'autre piste pour la compréhension du développement, hors de l'action classique des gènes, est celle des lois et des contraintes physiques, comme nous le verrons aux chapitres 7 et 8, avec les travaux de D'Arcy Thompson et de Vincent Fleury. Certaines structures se forment "naturellement", sous l'effet de contraintes physiques. Ainsi, les sutures de notre crâne ne sont pas codées génétiquement, elles résultent d'une sorte de "tectonique

27. Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin ?*, op. cit., p. 277 et 287.

des plaques" que l'on pourrait comparer, par analogie, avec celle qui se produit sur Terre avec les continents.

Tout ceci, rétrovirus, transposons, gènes architectes, évo-dévo, épigénétique, imbrication des gènes, ne vient pas directement contredire le darwinisme. Les darwiniens diraient même qu'il est ainsi enrichi par tous ces nouveaux concepts. Mais on est bien obligé de remarquer que cela modifie et complexifie grandement le schéma classique de l'évolution néodarwinienne. Et surtout, cela permet de réhabiliter, au moins en partie, toute une série de prédécesseurs ou d'opposants au darwinisme, tous évolutionnistes, mais porteurs de visions très différentes de l'évolution.

Dawkins ou Gould : qui survivra ?

Le secret professionnel des paléontologistes

“Argumentation lamentable”, “farce”, “contrevérité”, “idée confuse”... Toutes ces amabilités ne sont pas échangées entre des créationnistes et des darwiniens, comme on pourrait le croire, mais entre deux des principales écoles darwiniennes actuelles, dont les figures de proue sont Richard Dawkins et (jusqu’à sa mort en 2002) Stephen Jay Gould. Si l’intensité de ces débats a largement débordé des cercles spécialisés, il n’est pas toujours connu comme il le devrait du grand public. Il est pourtant fondamental pour comprendre les nouvelles visions que l’on peut avoir de l’évolution.

C’est en 1972 que Gould publia, avec Nils Eldredge, un article appelé à faire date dans un obscur ouvrage collectif de paléobiologie¹. Darwin avait insisté sur le fait que la nature ne fait pas de saut, que la vie est un long fleuve tranquille dans lequel on passe graduellement, insensiblement, d’une espèce à une autre. Il était clair pour lui, comme pour certains de ses successeurs actuels, tel que Richard Dawkins, que si nous étions capables de vivre pendant des millions d’années, nous n’aurions même pas forgé le concept d’espèces, puisque nous aurions assisté à

1. Nils Eldredge, Stephen Jay Gould, “Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism”, dans T. J. M. Schopf (dir.), *Models in paleobiology*, San Francisco, Freeman, Cooper and Co., 1972, p. 82-115.

la modification continue et permanente des différentes formes d'êtres vivants.

C'est à cette base même du darwinisme que Gould et Eldredge vont s'attaquer. Dans l'un de ses ouvrages emblématiques, publié aux Etats-Unis en 1980, Gould commence par nous rappeler que pour Darwin, les différentes espèces devaient passer, au cours de l'évolution, par un très grand nombre d'étapes progressives². C'est le fameux problème des "chaînon manquants" dans les "archives" que nous ont laissées les couches paléontologiques. Gould n'hésite pas à écrire : "L'extrême rareté des formes fossiles transitoires reste le secret professionnel de la paléontologie. Les arbres généalogiques des lignées de l'évolution qui ornent nos manuels n'ont de données qu'aux extrémités et aux nœuds de leurs branches ; le reste est constitué de déductions, certes plausibles, mais aucun fossile ne vient les confirmer³."

Darwin et, à sa suite, les darwiniens "classiques", ont toujours prétendu que ceci était dû à l'incomplétude des documents fossiles. Seul le corps d'un individu se fossilise complètement pour un million ou plus d'individus ayant vécu sur Terre.

Seulement voilà, Gould valide une affirmation qui fut centrale dans le discours de tous les antidarwiniens du passé, du présent et ... du futur : la structure des fossiles déjà trouvés s'oppose au gradualisme. "L'histoire de la plupart des espèces fossiles présente deux caractéristiques particulièrement incompatibles avec le gradualisme. La stabilité : la plupart des espèces ne présente aucun changement directionnel pendant toute la durée de leur présence sur Terre. Les premiers fossiles que l'on possède ressemblent beaucoup aux derniers ; les changements morphologiques sont généralement limités et sans direction. L'apparition soudaine : dans une zone donnée, une espèce n'apparaît pas progressivement à la suite de la transformation régulière de ses ancêtres ; elle surgit d'un seul coup et complètement formée⁴ !"

2. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, Paris, Grasset, 1980, p. 173.

3. *Ibid.*, p. 175.

4. *Ibid.*, p. 176.

Bien entendu, les créationnistes n'ont pas manqué d'exploiter les propos de Gould, mais il s'agit d'une récupération malhonnête. "Apparition soudaine" veut dire que la nouvelle espèce apparaît soudainement dans les couches paléontologiques, mais pour Gould et Eldredge, ce passage d'une espèce à une autre, s'il est rapide, n'en dure pas moins quelques centaines, voire quelques milliers d'années. Leur théorie dite "des équilibres ponctués" (parce que les espèces vivent en équilibre pendant de longues périodes, encadrées – ponctuées – par des changements brusques) postule donc que des nouvelles espèces apparaissent parmi de petites populations où la pression de la sélection naturelle peut très fortement accélérer le rythme du changement par rapport au darwinisme classique.

Gradualisme, équilibres ponctués et saltation

Pourquoi est-ce si important ? Parce que la synthèse néodarwinienne classique repose sur l'existence de mutations apparaissant au hasard, sélectionnées par la sélection naturelle. Ainsi, dans le cas de l'œil, si un animal a déjà quelques cellules sensibles à la lumière, il lui faut attendre qu'arrive par hasard une mutation dupliquant ces cellules, puis encore par hasard, une mutation créant un "creux" là où il y avait une ligne de cellules, puis que quelque chose fait d'une matière vaguement transparente finisse par couvrir ce creux, etc. Dawkins n'a aucun mal à convaincre ses lecteurs que l'œil n'a pas pu apparaître en une seule étape ni en un petit nombre d'étapes. Une condition nécessaire (mais non suffisante !) pour que le darwinisme soit crédible, est donc de disposer de très longues durées pour que le processus d'évolution, selon les mécanismes darwiniens, puisse se dérouler. Or, voilà que la théorie des équilibres ponctués réduit de près de 95 % au moins le temps dont dispose l'évolution pour agir. En effet, si les espèces apparaissent en quelques dizaines de milliers d'années, voire moins, et restent inchangées pendant 2 millions d'années ou plus, le schéma de l'évolution est tout à fait différent (voir figures 2.1 et

2.2). On est irrésistiblement amené à penser que d'autres mécanismes doivent avoir également pris place, en sus des mécanismes darwiniens, pour que l'évolution ait été possible.

Or, de tels mécanismes ont été postulés dans le passé, entre autres par Richard Goldschmidt, généticien et professeur à l'université de Berkeley, dans son livre *The Material Basis of Evolution*⁵. Goldschmidt propose que la macroévolution, c'est-à-dire l'apparition de vrais changements dans la nature, se produise grâce à des "sauts" et résulte du succès peu fréquent de ce qu'il appelle joliment "un monstre prometteur" ("*hopeful monster*"). Le moins qu'on puisse dire, c'est que le saltationnisme apparut comme une véritable provocation.

Comme Dawkins le démontre très bien⁶, si une grosse modification se produit par hasard, elle sera presque toujours mortelle pour l'organisme qui la porte, et plus elle sera grosse, plus elle aura de chances d'être mortelle. Il existe des mouches à quatre ailes, comme nous l'avons vu, mais elles n'ont pas les muscles pour faire voler les deux ailes supplémentaires. Celles-ci constituent un lourd handicap qui ne leur permettra pas de survivre et d'avoir une descendance. Même chose pour la mouche avec des pattes à la place des antennes. Par ailleurs, si un "monstre prometteur" fonctionnel apparaissait par hasard, avec qui se reproduirait-il ?

Vous avez noté que dans les deux cas, cette impossibilité est due à la présence du mot "hasard". Mais il y a une solution que les néodarwiniens, comme Dawkins et même comme Gould, ne peuvent ou ne veulent même pas imaginer, c'est que la macro-mutation ne se produise pas totalement au hasard mais qu'il y ait une logique dans son apparition et que cette apparition puisse se reproduire chez d'autres individus de la même espèce, à la même période. Si le saltationnisme est encore bien plus

5. Richard Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1940.

6. Richard Dawkins, *L'Horloger aveugle*, Paris, Robert Laffont, 1999, p. 262, 296.

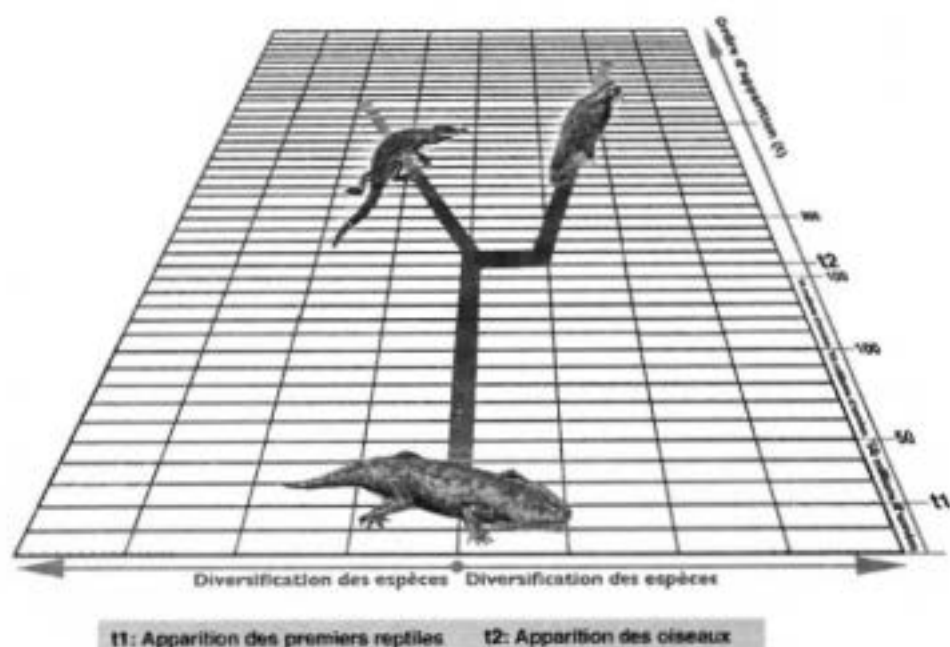
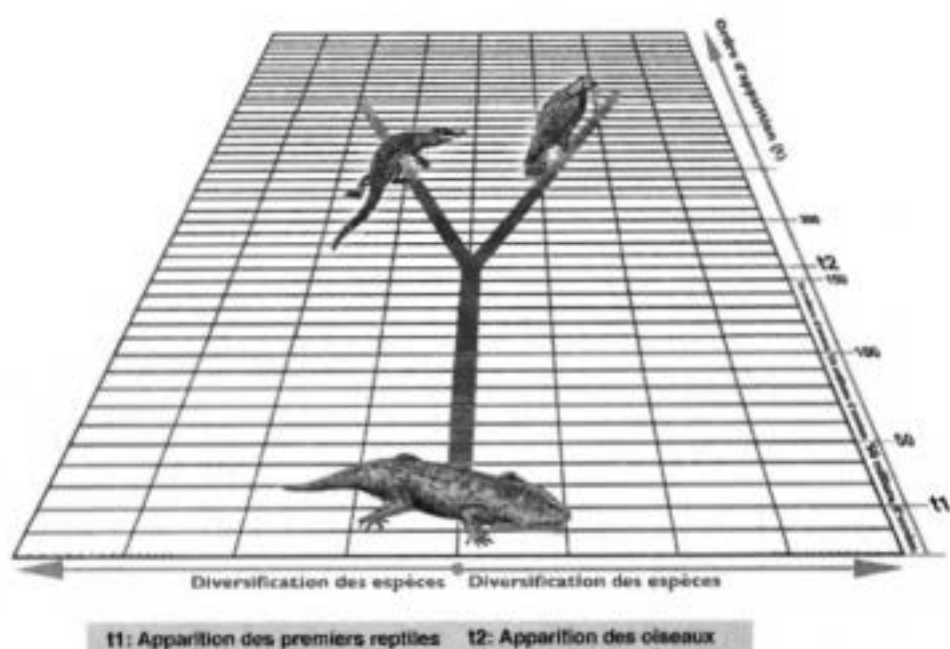


Figure 2.1. L'évolution darwinienne (en haut) face au modèle des équilibres ponctués (en bas).

inacceptable pour les darwiniens que les équilibres ponctués de Gould, c'est justement parce qu'il suggère indirectement que "quelque chose" doit coordonner les mutations (comme pour le climat dans notre planète imaginaire).

Les darwiniens vont alors réagir de façon très intelligente. Ils vont “récupérer” Gould pour montrer que celui-ci n’a en fait rien fait d’autre... que de redécouvrir le darwinisme classique !

Comment cela est-il possible ? Quand on regarde la figure 2.1, l’évolution, selon la théorie synthétique et selon les équilibres ponctués, nous semble complètement différente.

Mais voilà, nous dit Ken Miller, un darwinien très intelligent : “A première vue, les deux schémas semblent très différents. Dans l’un, le changement est soudain tandis que dans l’autre, il est graduel et continu. Mais regardez de plus près, et vous constatarez qu’il manque quelque chose de fondamental dans ces représentations – une échelle ! Certes, il est indiqué que l’axe des “y” est celui du temps, et celui des “x” représente la morphologie, mais combien de temps ? Quelle quantité de changements dans la morphologie ? Les architectes de la théorie n’en disent rien et n’en ont jamais rien dit⁷.”

Miller nous propose alors de zoomer sur cette période relativement courte, dans laquelle cette nouvelle espèce s’est fondée (voir figure 2.2 en haut). Grâce à cet effet de loupe tout change. Nous avons maintenant un changement qui épouse totalement les critères darwiniens, sauf qu’il se produit sur une structure de temps plus ramassée.

Dawkins, avant Miller, a déjà développé la même idée. Le mot clé, dit-il, c’est le mot “géologique”. Gould nous dit que les nouvelles espèces apparaissent rapidement dans le temps géologique. Du coup, même si les “équilibres ponctués” postulent un rythme du changement évolutif bien plus rapide, il s’agit toujours, à l’échelle humaine, d’un phénomène graduel. Gould lui-même dit que nous ne remarquerions rien si nous passions notre vie à observer des abeilles en plein processus de spéciation⁸. De ce fait, “la théorie des équilibres ponctués n’est pas une théorie

7. Ken Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009, p. 146.

8. Voir Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, *op. cit.*, p. 178.

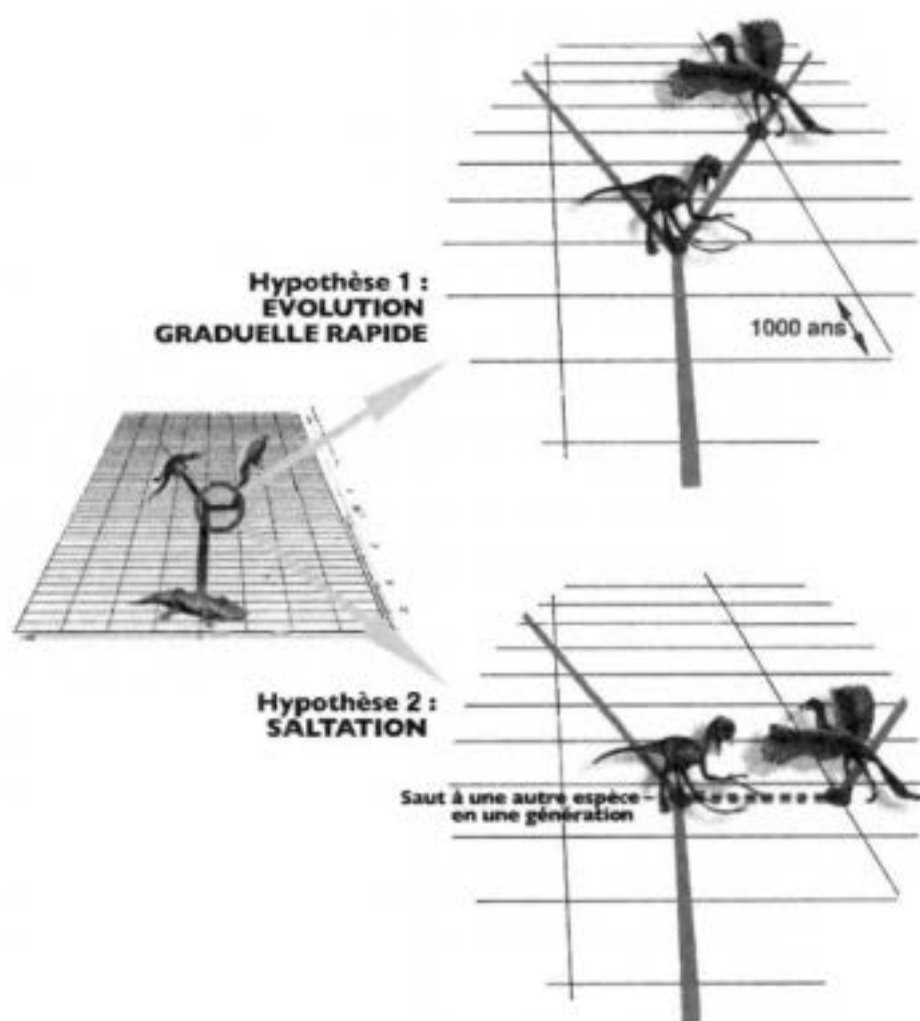


Figure 2.2. La différence entre la théorie des équilibres ponctués de Gould et le saltationnisme qui postule l'existence de vrais sauts dans la nature.

de la macromutation⁹. Cela veut dire que lorsqu'on la regarde de haut, l'évolution semble faire des sauts, mais que "vue de près", elle n'en fait pas. Donc, Miller, Dawkins et beaucoup d'autres insistent fortement sur le fait que Gould n'a pas dit ce qui serait radicalement nouveau et constituerait un blasphème épouvantable contre le darwinisme : que la nature fait vraiment des sauts (comme dans la figure 2.2 en bas).

9. Nils Eldredge, S. J. Gould, "The meaning of punctuated equilibrium and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution", *art. cit.*

Du coup, tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes darwiniens possibles, et cela d'autant plus que Miller nous rappelle que Darwin a, lui-même, écrit : "Je ne prétends pas dire, bien entendu, que cette série soit aussi régulière qu'elle l'est dans le diagramme, bien qu'elle ait été représentée de façon assez régulière. Je ne prétends pas dire non plus que ces progrès soient incessants. Il est beaucoup plus probable, au contraire, que chaque forme persiste sans changement, pendant de longues périodes, puis qu'elle est de nouveau soumise à des modifications¹⁰."

Et voilà, le tour est joué. Darwin lui-même, dans ce passage, a anticipé la théorie des équilibres ponctués. A partir du moment où, comme nous venons de le voir, Gould n'a pas lié sa théorie des équilibres ponctués à la macromutation, c'est-à-dire, à la saltation, il est possible qu'il n'ait rien inventé, et il ne reste plus à Dawkins qu'à faire une autre citation de Darwin : "De nombreuses espèces, une fois formées, n'ont jamais subi de transformations ultérieures, et les périodes durant lesquelles les espèces ont subi des modifications, bien que longues si on les mesure en années, ont probablement été brèves par rapport aux périodes durant lesquelles elles ont conservé la même force¹¹."

Gould répond qu'on ne peut définir les orientations d'un auteur comme Darwin en se basant sur quelques brèves citations et que l'esprit général de son œuvre est bel et bien basé sur le gradualisme, la preuve en étant que personne ne l'a jamais pris pour un saltationniste.

Dawkins répond que la réponse de Gould est tout à fait hors du sujet, puisqu'on ne parle pas ici de sauts (les saltations), mais de la théorie des équilibres ponctués. Dawkins accorde ici à Gould et à Eldredge que leur fameuse théorie n'est *pas* basée sur la saltation et que les sauts qu'elle postule ne sont pas de véritables sauts entre les générations. Et que, d'ailleurs, Gould lui-même reconnaît que de tels "passages" d'une espèce à l'autre s'étalent sur des dizaines de

10. Cité par Ken Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, op. cit., p. 148.

11. Richard Dawkins, *L'Horloger aveugle*, op. cit., p. 286.

milliers d'années¹². Notons au passage que ce n'est pas tout à fait vrai puisqu'il arrive à Gould de parler de centaines ou de milliers d'années, ce qui est différent de quelques dizaines de milliers.

Pour nous convaincre que dans ce cas-là, la vision de l'évolution de Gould est parfaitement compatible avec le darwinisme classique, Dawkins prend l'exemple d'une souris qui grossirait régulièrement, en faisant l'hypothèse que cette augmentation de taille lui soit bénéfique et qu'elle soit sélectionnée à chaque fois. Il montre qu'avec une vitesse d'évolution très lente, imperceptible durant une vie humaine, la souris aurait, au bout de 60 000 ans, la taille d'un éléphant ! Bien évidemment, Dawkins ne nous dit pas comment et pourquoi des mutations (au hasard, rappelons-le !) surviennent systématiquement dans chaque génération en allant toujours dans le sens de l'accroissement de la taille, et pourquoi elles sont toujours favorables à la souris et à ses descendants pendant une si longue période. Ainsi, les darwiniens classiques peuvent triompher, la crise a été grave, déstabilisante, mais tout peut rentrer dans l'ordre, et Ken Miller peut alors réduire la théorie des équilibres ponctués à une "modeste observation"¹³.

L'évolution : avec ou sans "monstre prometteur" ?

Gould est, il est vrai, relativement coincé. Les conceptions qui sont les siennes lui interdisent en effet d'envisager un mécanisme crédible pour l'apparition de macromutations non létales (comme nous l'avons vu, ce serait aller contre l'essence du néodarwinisme à laquelle Gould et Dawkins adhèrent tous deux). D'un autre côté, comme Dawkins et Miller le disent, si les mécanismes à l'œuvre lors de l'apparition d'une nouvelle espèce sont les mêmes que les mécanismes darwiniens classiques, alors Gould et Eldredge n'ont pas inventé grand-chose. La défense de Gould va être d'insister sur

12. Richard Dawkins, *L'Horloger aveugle*, op. cit., p. 287.

13. Ken Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, op. cit., p. 147.

le fait que sa théorie prédisant que les nouvelles espèces apparaissent rapidement (encore une fois au sens "géologique" du terme et non pas au sens "normal") est une découverte importante qui change notre vision de l'évolution puisque, jusque-là, on imaginait que, la plupart du temps, de nouvelles espèces apparaissaient par l'évolution graduelle de grandes populations, même si, comme nous l'avons vu, les darwiniens et Darwin lui-même, avaient envisagé que le processus n'était pas toujours régulier. Puis, Gould va crier très fort que sa théorie n'est pas basée sur la saltation et que, d'ailleurs, même s'il a traité longuement du travail "vilipendé" de Richard Goldschmidt, il l'a fait souvent de façon très critique¹⁴.

Gould s'en prend alors vigoureusement à la "légende" qui aurait cours en ce qui concerne Eldredge et lui : cette "légende", telle que Gould la résume, affirme que l'histoire de leur théorie contient trois périodes différentes. Dans la première, ils n'auraient fourni qu'une brève amélioration de la synthèse néodarwinienne, visant à mieux intégrer la paléontologie dans cette dernière. Cette approche ayant commencé à faire parler d'elle, ils auraient, dans un deuxième temps, cédé à l'attrait de la célébrité et essayé de prendre le pouvoir dans le domaine de la biologie de l'évolution, en présentant leur théorie des équilibres ponctués comme une doctrine révolutionnaire, affirmant que l'on passait sans intermédiaires d'une espèce à une autre grâce à des mécanismes différents des mécanismes darwiniens, en se basant sur les fameux travaux de Richard Goldschmidt. Mais ils avaient sous-estimé la force de l'establishment qui contre-attaqua vigoureusement et mit en pièces leurs prétentions. Dans un troisième temps, ils auraient alors commencé à battre en retraite, à affirmer que leur théorie n'était pas basée sur des sauts à la Goldschmidt, de façon à obtenir le "pardon" de l'establishment et à être réintégrés en son sein¹⁵ ! Dans son livre testament, Gould consacre plusieurs pages à montrer qu'il s'agit d'une "histoire à dormir

14. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, Paris, Gallimard, 2006, p. 1408.

15. *Ibid.*, p. 1410.

debout" et, sur le point qui nous intéresse, il affirme avec force que sa théorie des équilibres ponctués n'a jamais été une théorie saltationniste et que dès qu'il a entendu cette accusation, il a bataillé de toutes ses forces pour réfuter une telle assimilation, mais que nombre de ses collègues ne veulent simplement pas entendre cela et continuent à croire à un lien entre ces deux approches¹⁶.

Certes, mais dans la théorie des équilibres ponctués, rien *n'interdit* de faire appel à la théorie du "monstre prometteur". Si Gould n'a jamais explicitement lié les deux, il est clair qu'il a pensé que sa théorie était parfaitement compatible avec des mécanismes "à la Goldschmidt". La meilleure preuve en est que si l'on revient à son ouvrage le plus célèbre, *Le Pouce du panda*, on constate que le chapitre intitulé "Le caractère épisodique du changement évolutif", dans lequel il présente la théorie des équilibres ponctués, après avoir dévoilé le "secret professionnel de la paléontologie" (la structure des documents fossiles ne correspond pas aux attentes darwiniennes classiques), est suivi d'un chapitre intitulé "Le retour du monstre prometteur" !

Gould commence par y évoquer "la dérision et les blâmes officiels dont était victime Richard Goldschmidt", avant de poursuivre : "Je suis, néanmoins, persuadé que dans les dix ans qui viennent, c'est Goldschmidt qui sera réhabilité dans le monde de la biologie de l'évolution¹⁷." Certes, Gould critique Goldschmidt mais sur un point seulement : celui selon lequel les mécanismes postulés par Goldschmidt seraient de nature à remettre en cause le darwinisme¹⁸.

Gould continue et nous montre qu'ici il envisage bien des transitions brutales *en une seule génération*, sans que des espèces intermédiaires aient pu exister.

A quoi servent une moitié de mâchoire ou une moitié d'aile ? Les darwiniens, et Gould avec eux, répondent par un concept

16. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, *op. cit.*, p. 1411.

17. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, *op. cit.*, p. 180.

18. *Ibid.*, p. 182-183.

majeur, celui de "préadaptation" : la moitié d'aile ne servait pas à voler, la moitié de mâchoire ne servait pas à manger. Cela permet d'expliquer bien des choses par de jolies petites histoires, souvent peu crédibles, comme je l'ai montré dans un autre livre¹⁹. Mais Gould continue : "Une histoire plausible n'est pas nécessairement vraie. Je ne doute pas que la préadaptation puisse sauver le gradualisme dans certains cas, mais nous permet-elle d'appliquer la continuité dans la plupart des cas ou dans tous les cas ? Je soutiens que non"²⁰.

Gould développe alors deux exemples, celui d'un serpent dont la mâchoire supérieure est divisée en deux parties mobiles reliées par une articulation, ce qui n'existe chez aucun autre vertébré terrestre. Puis il nous parle de rongeurs ayant des poches dans les joues pour "stocker" leurs aliments. Or il se trouve qu'un de ces rongeurs a une poche située à l'extérieur de la joue et non à l'intérieur. On ne peut imaginer que ce pli, s'il est apparu graduellement, ait eu, au début, une utilité quelconque pour l'animal qui le possédait, car il ne pouvait pas servir à stocker quoi que ce soit. Gould nous dit que des exemples de ce type ont miné, depuis longtemps déjà, sa foi dans le gradualisme²¹.

Et Gould termine en citant un passage du célèbre traité *On Growth And Form* de D'Arcy Thompson : "Une courbe algébrique a sa formule fondamentale qui définit la famille à laquelle elle appartient. Nous ne pensons jamais à transformer un cercle en une courbe de fréquence. Il en va de même pour la forme des animaux. Nous ne pouvons pas transformer un invertébré en un vertébré (...) La nature passe d'un type à un autre. Chercher des marchepieds pour franchir les écarts séparant ces types, c'est chercher en vain, à jamais"²².

Ainsi donc, s'il faut accorder à Gould que sa théorie des équilibres ponctués ne repose pas sur l'existence de "vrais" sauts

19. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 267-319.

20. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, op. cit., p. 183.

21. *Ibid.*, p. 184.

22. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, op. cit., p. 187.

brusques d'une génération à une autre (ce que l'on appelle la saltation), Gould a également défendu l'existence de vrais saltations et est allé parfois jusqu'à rapprocher les deux, en affirmant que l'apparition de nouvelles espèces "peut représenter, comme l'a soutenu Goldschmidt, un style différent de changement génétique, une réorganisation du génome, peut-être non adaptative²³".

Mais pourquoi est-il si important de savoir si oui ou non Gould a vraiment soutenu cette idée de changements brutaux en une génération ? C'est qu'il s'agit de montrer que l'un des principaux spécialistes de l'évolution de la fin du XX^e siècle a bien brisé un tabou en soutenant une position inacceptable pour les darwiniens classiques, car, comme Dawkins, Dennett et beaucoup d'autres le démontrent en détail, une telle position est forcément incohérente si de tels sauts se produisent au hasard. Si vous êtes au sommet d'une montagne et que vous sautez en fermant les yeux, vous avez toutes les chances de tomber dans le vide, nous dit Dennett. Or, si vous êtes déjà un organisme vivant complexe capable de se reproduire, c'est que vous êtes au sommet d'une "montagne", en termes d'adaptation (on parle de "paysages adaptatifs" dont chaque pic correspond à une forme vivante stable capable de se reproduire, voir figure 5.5 p. 137). Bien entendu, tout change si ce "saut" ne se fait pas uniquement au hasard mais c'est, comme nous l'avons déjà mentionné, une hypothèse que Gould ne veut pas envisager et que Dennett veut exorciser, ou plutôt ridiculiser.

Quand Voltaire et Venise aident à critiquer les ultradarwiniens

Mais un autre débat fondamental oppose Gould et Dawkins. C'est celui qui concerne le pouvoir et le champ d'action de la sélection naturelle. Même s'il se défend d'être un extrémiste, il est clair que, pour Dawkins, la sélection naturelle a un pouvoir de

23. Stephen Jay Gould, "Is a new and general theory of evolution emerging?", *Paleobiology*, 6 (1980), p. 119-130.

(quasi) optimisation du vivant. Il nous raconte ainsi que Henri Ford ayant fait réaliser une enquête sur les épaves de Ford T dans les casses automobiles, se rendit compte qu'une pièce, et une seule, ne cassait jamais. Il fit alors diminuer la qualité de cette pièce pour qu'elle casse autant que les autres car cette sur-qualité représentait un coût inutile pour la Ford T !

Dawkins nous dit explicitement que la sélection naturelle est capable d'une "optimisation" de ce genre : "Imaginons que nous ordonnions une enquête sur les cadavres de singes afin de recenser la fréquence de rupture de tel ou tel os. Imaginons que l'on constate que tous les os se fracturent à un moment ou à un autre avec une exception cependant : le péroné (...) Ford ordonnerait qu'on refasse un péroné répondant à des spécifications inférieures et c'est exactement ce que ferait la sélection naturelle. Les individus mutants, avec un péroné moins résistant, donc consommant moins de calcium lors de sa croissance peuvent utiliser le calcium ainsi économisé à épaissir d'autres os du corps (...) ou à produire plus de lait pour élever des enfants plus tôt²⁴."

On appelle une telle position "pan-sélectionniste". La sélection est présente partout, elle est capable d'expliquer, par exemple, les limites de la résistance d'un fémur de singe, c'est-à-dire qu'il y a, en théorie, une explication de type sélectionniste à la quasi-totalité des aspects des êtres vivants, y compris, nous l'avons vu au chapitre précédent, à leurs comportements, grâce à la sociobiologie qui essaie d'identifier pour quelles raisons tels et tels comportements ont été sélectionnés chez les êtres vivants au cours de l'évolution.

C'est contre cette position que Gould va mener, cette fois-ci avec Richard Lewontin, une attaque terrible dont la portée sera encore bien plus dévastatrice que sa théorie des équilibres ponctués. Comme souvent, il va, pour parler de questions très sérieuses concernant l'évolution, partir d'un domaine très éloigné de la biologie, comme le montre l'étrange titre de son article, "Les

24. Richard Dawkins, *Le Fleuve de la vie*, Paris, Hachette, 1997, p. 141-142.

pendentifs de Saint Marc et le paradigme panglossien : une critique du programme adaptationniste²⁵. Lorsque vous construisez une coupole, elle doit reposer sur des piliers reliés entre eux par des arches. Un espace en forme de triangle (cf. figure 2.3) apparaît alors au sommet de chaque pilier. C'est un "pendentif" soutenant la coupole d'une cathédrale. Cette partie est nécessaire pour soutenir la voûte. Elle n'existe donc pas pour elle-même.

Comme je l'ai expliqué ailleurs, "l'argument de Gould, c'est qu'il est impératif de remplir le vide qui est situé à cet endroit-là d'une façon ou d'une autre. Le pendentif n'existe pas parce qu'il apporte quelque chose de particulier à l'église mais simplement parce que l'existence de la coupole implique l'existence de ce genre de «sous-produit». Pour Gould et Lewontin, les darwiniens forts (purs et durs) nous racontent des histoires lorsqu'ils veulent expliquer la raison d'être de toutes les caractéristiques d'un organisme. Certaines caractéristiques n'ont pas plus de raison d'être que les pendentifs de la cathédrale Saint-Marc. Elles existent en tant que sous-produits d'autres caractéristiques qui, elles, apportent un «plus» à l'organisme. Vouloir développer des raisonnements darwiniens visant à mettre en lumière le «plus» apporté à l'organisme par de tels «pendentifs», ce qui expliquerait les raisons pour lesquelles la sélection naturelle les aurait sélectionnés, est aussi absurde que les raisonnements du bon docteur Pangloss de Voltaire qui prétendait que «tout était pour le mieux dans le meilleur des mondes possibles». L'emploi du terme «pendentifs» pour désigner des organes qui ne sont pas des adaptations a fait fortune et est aujourd'hui largement répandu²⁶."

L'influence de cet article a été énorme. C'est l'un des plus cités dans le domaine de la biologie de l'évolution au cours des trente dernières années. Ses conclusions sont dévastatrices pour

25. Stephen Jay Gould, Richard C. Lewontin, "The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the «Adaptationist Programme»", *Proceedings of the Royal Society London*, B 205, 1979, p. 581-598.

26. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 230, 231.

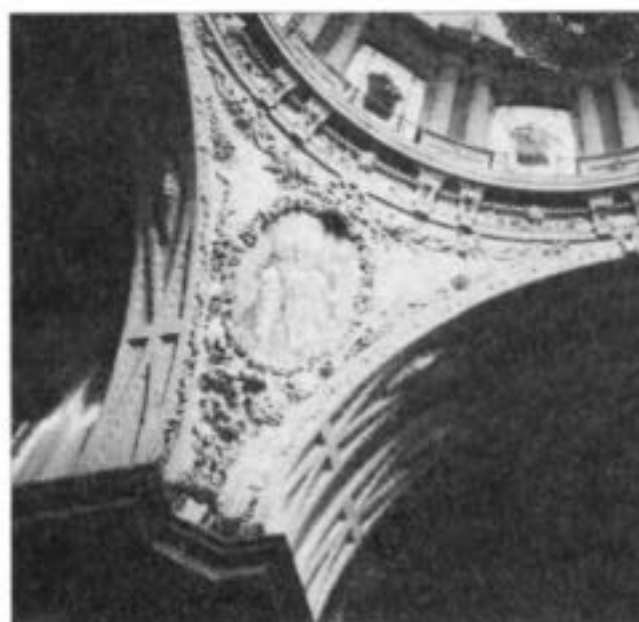


Figure 2.3. Un "pendentif" sous la voûte d'une cathédrale.
© Presses de la Renaissance.

le "tout-sélectionnisme" (également appelé adaptationnisme) de l'école adverse. Cela a engendré une série interminable de débats passionnés. Dennett pousse même le ridicule jusqu'à tenter de décrédibiliser l'argument de Gould au plan architectural. Il est allé étudier la basilique Saint-Marc à Venise et consacre pas moins de dix pages à montrer qu'il existe plusieurs types de pendentifs possibles, que les autres permettent de poser moins de mosaïques que celui qui a été choisi et que donc les pendentifs de la cathédrale Saint-Marc ne sont pas seulement là en tant que sous-produit indirect de la présence de la coupole mais parce qu'ils représentaient une solution intéressante pour maximiser les surfaces couvertes de mosaïques dans l'église, c'est-à-dire qu'ils représentent bien une adaptation !

Bien entendu, ce n'est pas vis-à-vis de la basilique Saint-Marc que l'argument de Gould est important. Mais cet acharnement de Dennett à vouloir étouffer dans l'œuf l'argument de son adversaire, en allant même jusqu'à s'attaquer aux bases de la métaphore qu'il utilise, nous fait toucher du doigt l'importance de l'enjeu. Car ce qui est en jeu ici, c'est l'origine de l'esprit humain et de sa culture.

Pour Dennett : "Si l'évolution aveugle peut rendre compte des artefacts vertigineusement complexes de la biosphère, comment les productions de nos propres esprits pourraient-elles être exemptes d'une explication évolutionniste²⁷ ?" Pour Gould, différents aspects de notre culture, et même quelque chose d'aussi important que le langage, ne sont que des pendentifs. Comme les pendentifs de la basilique Saint-Marc, certaines des caractéristiques les plus importantes qui font de nous des êtres humains sont apparues comme des sous-produits d'une croissance du cerveau qui, elle, a été encouragée par la sélection naturelle : "Oui, le cerveau a grossi par sélection naturelle... mais le cerveau n'est pas devenu gros pour que nous puissions lire, écrire, calculer ou classer les saisons. Pourtant, la culture de l'humanité telle que nous la connaissons, dépend de talents de ce genre. Les universaux du langage diffèrent à ce point de tout le reste dans la nature, ils sont si bizarres dans leur structure, qu'il semble judicieux de chercher leur origine dans une conséquence secondaire de la capacité qu'a le cerveau de grossir plutôt que d'y voir une simple étape supplémentaire dans la continuité des grognements et des gestes ancestraux²⁸."

La conception de Gould peut être défendue par le fait que nos cerveaux sont exactement les mêmes (comme le montre les moulages endocrâniens effectués sur des crânes fossiles) que ceux des hommes de Cro Magnon qui ont vécu il y a plus de 30 000 ans. Or, c'est avec ce type de cerveau que nous avons bâti des fusées pour aller sur la Lune et développé des théories comme celle de la mécanique quantique ou de la relativité générale. Il est clair que l'aptitude à faire de telles choses n'a en aucune façon été sélectionnée par la sélection naturelle il y a plus de 30 000 ans, à une époque où les problèmes qui se posaient aux hommes et dont dépendait leur survie étaient radicalement différents. On peut donc envisager que ce type de capacités et peut-être, comme le fait Gould, beaucoup d'autres choses, y compris le développement

27. Daniel Dennett, *Darwin est-il dangereux ?*, Paris, Odile Jacob, 2000, p. 61.

28. Stephen Jay Gould, "Tires to Sandals", *Natural History*, avril 1989, p. 14.

de la culture et même du langage, soient un résultat heureux du fait que la sélection naturelle ait favorisé le développement de cerveaux toujours plus gros.

Dennett répond que le langage apporte à l'évidence des avantages et qu'il a donc été sélectionné pour lui-même. Gould se place alors sous la bannière de Darwin qui a écrit, dans son introduction à *L'Origine des espèces* : "Je suis convaincu que la sélection naturelle a été le principal, mais pas le seul, facteur de modification des espèces²⁹." Selon Gould, le développement actuel des sciences de l'évolution va exactement dans le sens inverse du tout-sélectionnisme de Dawkins et Dennett. Il mentionne, outre sa propre théorie des équilibres ponctués, la théorie neutraliste de Kimura dont nous avons parlé au chapitre précédent et l'idée selon laquelle les contraintes qui s'exercent sur le développement des êtres vivants sont beaucoup plus grandes que celles que les darwiniens classiques prennent en compte. Nous développerons cette idée dans les chapitres 6 et 7, mais il est important de noter au passage à quel point Gould, tout en étant un apôtre de la contingence avec son concept de "pendentif", est aussi un pionnier dans ce domaine des contraintes.

Ainsi, dans leur célèbre article sur les pendentifs, Gould et Lewontin abordent-ils la question des plans d'organisation en mentionnant qu'un certain nombre d'évolutionnistes d'Europe continentale, rejetant le "penchant" anglo-saxon pour le procédé consistant à découper les organismes en morceaux de façon à essayer d'expliquer chacun de ces morceaux comme le résultat d'une adaptation directe, ont développé l'idée que les étapes importantes de l'évolution, la construction des plans d'organisation eux-mêmes et la transition entre eux, avaient dû impliquer un certain nombre de mécanismes inconnus et, peut-être, internes. Gould et Lewontin, s'ils n'acceptent pas, comme tous les autres néodarwiniens, le fait que des facteurs encore inconnus puissent jouer un rôle important dans l'évolution, et ne suivent donc pas les auteurs qu'ils citent sur ce point, n'en disent pas moins

29. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 52.

quelque chose de tout à fait extraordinaire. Selon eux, la sélection naturelle serait loin d'être la seule explication, voire même ne serait pas l'explication principale, en ce qui concerne la question essentielle que pose l'évolution : comment sont apparus les plans d'organisation et les formes des êtres vivants et comment nous sommes passés de l'un à l'autre. Leur position ne faisant pas appel à des forces inconnues, elle insiste sur les contraintes qui s'exercent sur les plans d'organisation. Selon eux, elles sont telles que les arguments classiques basés sur la sélection ne peuvent pas expliquer grand-chose en ce qui concerne ces plans³⁰. Gould reviendra sur cette idée, selon laquelle l'origine des formes ne serait pas due à la sélection... et donc ne serait pas darwinienne : "Si de nouveaux «plans d'organisation» naissent souvent au sein d'une cascade adaptative qui suit l'origine saltationnelle d'un trait jouant un rôle clé, alors une partie du processus est séquentielle et adaptative et, par conséquent, darwinienne ; mais l'étape initiale ne l'est pas puisque la sélection ne joue pas un rôle créateur dans la construction de ce trait fondamental³¹." On notera au passage que Gould parle ici de "l'origine saltationnelle d'un trait", ce qui montre bien qu'il envisage des sauts à la Goldschmidt pour l'origine de certains traits.

Les gènes sont-ils égoïstes ?

Un autre désaccord important existe entre les deux écoles, qui découle logiquement du premier. Comme nous l'avons vu, Richard Dawkins, avec sa théorie du gène égoïste, considère que le niveau essentiel auquel il faut se situer pour comprendre l'évolution, est celui des gènes. Il faut ainsi inverser toute la logique de

30. Stephen Jay Gould, Richard C. Lewontin, "The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme", *art. cit.*, p. 160.

31. Stephen Jay Gould, "Darwinism and the expansion of evolutionary theory", *Science*, 216 (1982), p. 383.

la biologie qui s'est d'abord concentrée, pendant des siècles, sur des organismes, alors que ceux-ci n'avaient en réalité qu'une importance secondaire, ne sont que des enveloppes, des véhicules inventés par les gènes pour leur permettre de se perpétuer : "Ils nous ont créés, corps et âmes, et leur préservation est l'ultime raison de notre existence. Ils ont parcouru un long chemin, ces répliqueurs. On les appelle maintenant gènes, et nous sommes leur machine à survie³²."

Pour Gould, c'est bien évidemment l'organisme lui-même, voire même une population dans son ensemble qui est le niveau correct auquel nous devons nous situer pour comprendre l'évolution. Il fait remarquer que les gènes sont invisibles pour la sélection naturelle, car celle-ci porte sur des organismes et non sur les gènes, ce qui lui permet de lancer contre Dawkins la grande accusation, celle d'être un réductionniste qui, en plus, adhère à une vision déterministe et mécaniste du monde³³, c'est-à-dire que d'une certaine façon, Gould accuse Dawkins de ne pas avoir évolué (si l'on ose dire) et d'en être resté à un paradigme et à des concepts dépassés. L'attaque fera mouche puisque dans *L'Horloger aveugle*, Dawkins notera amèrement qu'aujourd'hui être accusé de "réductionnisme" c'est un peu comme être accusé de manger des petits enfants !

Et si l'on croyait tout ce que les darwiniens disent sur eux-mêmes ?

Tout cela finira par un véritable pugilat verbal. Ainsi Lewontin écrit de Dawkins et Wilson : "Chacun d'eux a introduit dans les livres qu'ils mettent sur le marché des affirmations non prouvées et des contrevérités. *Sociobiology* et *On Human Nature* de Wilson reposent sur une construction branlante d'assertions non étayées concernant une détermination génétique générale, allant de l'altruisme à la xénophobie. La vulgarisation que fait Dawkins

32. Richard Dawkins, *Le Gène égoïste*, Paris, Armand Collin, 1990, p. 20.

33. *Ibid.*, p. 85-87.

du darwinisme ne parle en rien de l'évolution mais d'une inexorable ascendance de gènes sélectivement supérieurs alors que ces cinquante dernières années, les avancées techniques en matière de génétique de l'évolution (théorique ou expérimentale) mettaient l'accent sur les forces non sélectives en jeu dans l'évolution. Ce qui m'inquiète, c'est que le public puisse croire ce que Dawkins et Wilson racontent sur l'évolution³⁴."

Alors que John Maynard Smith, l'un des leaders du néodarwinisme non seulement en Angleterre mais aussi au niveau mondial, a pu écrire dans la même revue : "Les biologistes de l'évolution avec lesquels j'ai discuté des travaux de Gould tendent à le considérer comme un homme dont les idées sont si confuses qu'elles ne valent pas la peine qu'on s'y attarde, mais pensent cependant que l'on ne devrait pas le critiquer publiquement en ce sens qu'il a au moins l'avantage d'être de notre côté face aux créationnistes. Tout cela resterait sans importance s'il ne donnait pas aux non-biologistes une fausse image de ce qu'est la théorie de l'évolution³⁵."

Toujours dans la *New York Review of Books*, qui a été un grand lieu de débat entre ces protagonistes, Gould répondra par un article au titre explicite : *Le fondamentalisme darwinien*. Rendant compte de l'ouvrage de Dennett *Darwin est-il dangereux ?*, il va jusqu'à écrire : "Si comme on le dit souvent, l'histoire remplace des événements grandioses par des farces, et si T. H. Huxley a vraiment agi comme le bulldog de Darwin, il est difficile de ne pas penser à Dennett, dans cet ouvrage, comme au caniche de Dawkins³⁶ !"

Dennett répondra que Gould est tombé plus bas que tout avec cette attaque et que c'est un non-sens que de l'accuser de fondamentalisme darwinien. Gould répondra en accusant Dennett d'utiliser la stratégie selon laquelle on crie d'autant plus fort

34. Richard Lewontin, *The New York Review of Books*, 9 janvier 1997.

35. John Maynard Smith, *New York Review of Books*, 1994.

36. Stephen Jay Gould, "Darwinian Fundamentalism", *New York Review of Book*, vol. 44, 12 juin 1997.

qu'on n'a rien à dire. Dans son grand ouvrage posthume que nous avons déjà cité, Gould reviendra sur cette affaire en insistant sur les exagérations de Dennett qui a écrit : "Pendant un temps, Gould a proposé que la première étape dans l'apparition de toute nouvelle espèce était une saltation non darwinienne", en commentant une phrase de Gould où il parle de "réorganisation rapide du génome, peut-être non adaptative"³⁷. Gould n'hésite pas à traiter de "lamentable" l'argumentation de Dennett car celui-ci refuse, contrairement à Dawkins, de concéder que Gould n'a pas fait reposer, même brièvement, sa théorie des équilibres ponctués sur les mécanismes de la saltation. Il est vrai que dans la citation concernée, Gould parlait de la pluralité des mécanismes de l'évolution, ce qui, certes, laissait entendre qu'il pourrait y avoir autre chose que le gradualisme classique, mais non que des sauts brusques seraient systématiquement nécessaires³⁸. Or Dennett prétend que Gould pense qu'un saut a lieu lors de l'origine de chaque espèce.

En conclusion de cette foire d'empoigne, il faut retenir que, selon Dawkins, Dennett et Maynard Smith, Gould et Lewontin donnent au public une vision tout à fait fausse de ce qu'est l'évolution, et que selon Gould et Lewontin, Dawkins et Dennett donnent au public une vision tout aussi fausse de l'évolution.

Et s'ils avaient tous raison ? D'un côté, Gould et Lewontin ont parfaitement démontré le caractère naïf, voire absurde, du "tout-sélectionnisme" de Dennett et Dawkins. De l'autre, Dawkins et Dennett sont extrêmement convaincants lorsqu'ils montrent que, dans un cadre théorique ne faisant appel qu'aux forces actuellement connues pouvant s'exercer sur les êtres vivants, les sauts brutaux devraient toujours être mortels pour les individus chez lesquels ils se produiraient. Comme nous l'avons dit, une macromutation due au hasard a tout d'un plongeon dans le vide.

37. Daniel Dennett, *Darwin est-il dangereux ?*, op. cit., p. 329.

38. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1414.

Mais alors, si c'est le cas, comment peut-on encore prétendre que nous possédons une bonne explication de l'évolution ? C'est ainsi qu'une porte s'ouvre vers de nouvelles possibilités qui rejetteraient à la fois les deux écoles. La crédibilité d'une telle troisième voie est, comme nous allons le voir au chapitre suivant, renforcée par l'existence de nombreux faits qui sont autant d'indices concernant la nécessité de s'élever au-delà des limites de la synthèse néodarwinienne classique.

Chapitre 3

Les épicycles du darwinisme

Pendant près de deux mille ans, des penseurs grecs à Copernic, la totalité des grands esprits scientifiques de l'Occident étaient persuadés que la Terre était au centre du monde et que le Soleil et les planètes tournaient autour d'elle. Bien évidemment, les observations de plus en plus précises effectuées sur le mouvement des planètes avaient révélé que celles-ci ne se comportaient pas du tout comme le Soleil ou la Lune. Loin de tourner harmonieusement et régulièrement autour de la Terre, les planètes partaient parfois en sens inverse sur leur orbite, avant de repartir ensuite dans le "bon" sens. Pour expliquer ces phénomènes étranges, on bâtit la notion d'épicycle. Un épicycle est un petit mouvement circulaire en "marche arrière" que la planète effectue sur son orbite. Ainsi, elle tourne bien autour de la Terre, sur une orbite circulaire, mais accomplit de temps en temps ces petits mouvements circulaires en sens inverse, qui permettent ainsi de faire correspondre les observations avec la théorie. Bien évidemment, ces épicycles étaient tout à fait *ad hoc* et ne correspondaient à aucune théorie, et on en rajoutait un à chaque fois que les observations le rendaient nécessaire. Tout ceci finit par faire un système véritablement monstrueux mais, par habitude de pensée et par idéologie, il était impossible d'imaginer un autre système... jusqu'à ce que Copernic et Galilée finissent par changer totalement notre vision et fassent disparaître tous les épicycles en nous expliquant que c'est le Soleil qui est au centre de notre système.

Comme nous allons le voir ici, le darwinisme se trouve exactement dans la même situation que la théorie de Ptolémée. Pour justifier de l'existence d'un organe ou d'un comportement ayant une origine génétique, le darwinisme doit fournir une explication montrant pourquoi cet organe a été sélectionné par la sélection naturelle. Grâce au concept de préadaptation, le darwinisme dispose d'une possibilité supplémentaire. Il peut prétendre que les éléments précurseurs de cet organe servaient à autre chose et avaient été sélectionnés pour une autre raison, puis ont fusionné par hasard, pour donner naissance à un nouvel organe ayant une autre fonction. Enfin, grâce à Gould, le darwinisme peut aussi proposer qu'une structure d'un organisme vivant soit un pendentif, c'est-à-dire qu'elle n'ait pas d'utilité propre mais soit nécessaire à l'existence d'une structure qui, elle, est utile.

Le darwinisme ne peut pas présenter d'autres explications, sauf celles consistant à dire qu'un organe est apparu par pur hasard (ce qui, bien sûr, est impossible dans le cas d'organes complexes). Il faut bien se rendre compte de l'immense défi auquel le darwinisme fait face. *Rien* dans la nature ne doit pouvoir échapper aux diverses explications décrites ci-dessus. Il ne faut *sur-tout pas* sortir du paradigme car des explications faisant appel à d'autres facteurs signifieraient l'ouverture d'une porte par laquelle pourrait s'engouffrer une nouvelle théorie, ce que, comme nous l'avons vu dans l'introduction, les darwiniens veulent éviter à tout prix. C'est pour cela que les darwiniens vont être contraints d'inventer de jolies histoires, non pas pour un cas particulier, mais dans des dizaines de cas, pour tenter d'expliquer l'origine de certains organes complexes.

Rudyard Kipling a écrit un merveilleux livre de contes pour enfants intitulé *Les Histoires comme ça* (en anglais : *Just so stories*). On y trouve par exemple le petit éléphant qui voulait à tout prix savoir ce que mangeaient les crocodiles. Il alla donc au bord du fleuve, appela un crocodile et lui posa la question. Le crocodile lui dit : "Rapproche-toi pour que je te le dise au creux de

l'oreille." C'est ce que fit le petit éléphant et à ce moment-là, le crocodile se saisit de son nez qui, à cette époque, était tout petit, et tira dessus pour tenter de l'attirer dans le fleuve pour le noyer et le manger, comme font les crocodiles avec leurs proies. Le petit éléphant résista, résista, le crocodile tira, tira, et le résultat de tout cela fut que le nez s'allongea, s'allongea jusqu'à former une magnifique trompe ; et c'est pourquoi, aujourd'hui, tous les éléphants ont des trompes.

Certes, cette belle histoire n'a rien de darwinien, elle est même tout à fait lamarckienne puisqu'elle suppose que les descendants du petit éléphant ont pu hériter de sa longue trompe, alors que celle-ci n'était nullement inscrite dans son génome. Mais voilà maintenant l'histoire de Phaky. Phaky est un petit phacochère, un sanglier africain vivant dans la savane. Les phacochères s'agenouillent (voir figure 3.1) pour trouver leur nourriture. En effet, ils peuvent mieux déterrer les racines en s'agenouillant sur leurs membres antérieurs. Or, voici que Phaky, lors de sa naissance, portait déjà, contrairement à ses frères, sœurs et cousins, de belles callosités sur ses genoux. Juste à l'endroit où il le fallait, c'est-à-dire où les callosités apparaissaient chez les autres phacochères après plusieurs mois, voire une année, d'agenouillements constants pour déterrer les racines. Ses parents s'émerveillèrent de cet heureux hasard qui allait simplifier les débuts de son existence. Effectivement, quand Phaky fut sevré, il put s'agenouiller plus facilement que ses frères et sœurs de la même portée pour déterrer les racines et s'en nourrir.

Bien des années après, ses parents et lui-même avaient oublié depuis longtemps cet avantage providentiel. Au bout de quelques mois, tous ses frères et sœurs avaient ces mêmes callosités aux mêmes endroits, non pas grâce à une mutation aléatoire survenue dans le ventre de leur mère, mais tout simplement parce qu'ils s'agenouillaient tous les jours pour déterrer leur nourriture.

Mais les mois pendant lesquels il avait pu se nourrir un peu plus facilement que ses frères et sœurs, l'avaient imperceptiblement rendu un peu plus fort, un peu plus gros, un peu plus



Figure 3.1. Phacochère africain déterrante une racine.
© Presses de la Renaissance.

attractif qu'eux. Quand l'âge de se marier fut venu, il trouva plus rapidement une compagne que ses frères, issus de la même portée. Ils vécurent heureux et eurent beaucoup de petits phacochères qui, à leur tour, eurent un avantage imperceptible par rapport à leurs cousins, celui de naître avec des callosités déjà formées sur leurs genoux, avant même d'avoir commencé à s'accroupir. Et aujourd'hui, tous les phacochères portent des callosités sur les genoux à leur naissance, et on peut même voir la callosité se développer dans le fœtus du phacochère (voir figure 3.2).

Certes, cette belle histoire semble un peu plus crédible que celle de l'éléphanteau et l'origine de son long nez... mais en fait elle ne l'est pas beaucoup plus. Car l'avantage que la mutation a donné à Phaky est bien trop minime pour expliquer son succès dans la vie. Elle ressemble, elle aussi, à un joli conte de fées pour enfants.

Si je vous dis que la grande théorie néodarwinienne qui constitue non seulement la meilleure explication mais même, comme le disent ses partisans, l'unique explication de la façon dont se

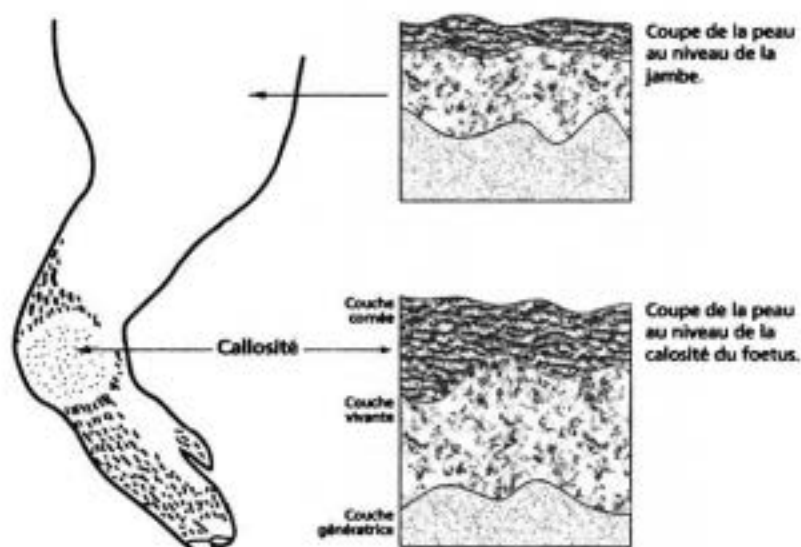


Figure 3.2. Une callosité présente avant la naissance. Coupe de la peau d'un fœtus de phacochère au niveau du genou (en bas) et à un autre endroit de la patte (en haut). © Presses de la Renaissance.

sont formés et ont évolué les êtres vivants, repose sur des centaines, que dis-je, des milliers d'histoires comme celle-ci, vous ne me croirez certainement pas, et vous penserez que j'exagère. Or c'est non seulement vrai, mais en outre reconnu par un certain nombre de personnalités soutenant cette théorie.

Tout d'abord, pour certains d'entre eux, le darwinisme est vrai... même s'il est faux. Vous ne pourrez certainement pas m'accuser d'exagérer, après avoir lu cette citation de Richard Dawkins : "La théorie de l'évolution par sélection naturelle cumulative est la seule théorie que nous connaissons qui soit en principe capable d'expliquer l'existence de la complexité organisée. Même si elle était démentie par les faits, elle serait encore la meilleure théorie disponible³⁹." Et celle-ci, de Daniel Dennett : "Lorsque les savants sont confrontés avec ce qui apparaît comme une objection puissante contre l'hypothèse de sélection naturelle, ils sont conduits à raisonner ainsi : je ne peux pas encore imaginer comment on peut réfuter cette objection ou résoudre cette

39. Richard Dawkins, *L'Horloger aveugle*, op. cit., p. 367.

difficulté, mais puisque je ne peux imaginer comment il pourrait y avoir une autre cause de ces effets que la sélection naturelle, je tiendrai pour acquis que l'objection est vide ; d'une manière ou d'une autre, la sélection naturelle doit suffire à expliquer ces effets⁴⁰."

Le moins que l'on puisse dire, c'est que cet état d'esprit n'est pas des plus adaptés pour découvrir d'autres mécanismes de l'évolution que ceux reposant sur la sélection naturelle. En fait, il est tout à fait identique à l'état d'esprit... des créationnistes eux-mêmes ! En effet, un créationniste ne manquerait pas d'affirmer que même si les faits contredisent la Bible, il continue de croire que la Bible est vraie, certain qu'il est qu'il doit exister une explication permettant de préserver sa véracité, même si tous les faits semblent parler contre elle. N'est-ce pas exactement l'attitude d'esprit des darwiniens les plus extrémistes que Gould traitait, à juste titre, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, de fondamentalistes ?

Mais de quel fondamentalisme s'agit-il ? D'un fondamentalisme matérialiste, bien sûr. Avec une grande honnêteté intellectuelle, l'un des bras droits de Gould, Richard Lewontin, censé être plus ouvert de par son appartenance à l'école opposée à celle du tout-génétique et de la sociobiologie, n'a pas manqué de l'exposer, avec une honnêteté dont il faut le féliciter. "Nous prenons le parti de la science en dépit de l'absurdité manifeste de certaines de ses constructions, en dépit de son échec à tenir bon nombre de ses extravagantes promesses à propos de la santé et de la vie, et en dépit de la tolérance de la communauté scientifique pour des histoires *ad hoc* sans substance ; nous le faisons, car nous avons un engagement supérieur, un engagement envers le matérialisme. Non que les méthodes et les institutions scientifiques nous obligent d'une manière ou d'une autre à accepter une explication matérialiste du monde phénoménal, mais, au contraire, parce que nous sommes contraints, en vertu de notre adhésion *a priori* aux causes matérielles, de créer un système de

40. Daniel Dennett, *Darwin est-il dangereux ?*, op. cit., p. 54.

recherche et un attirail de concepts qui produisent des explications matérielles, même si celles-ci vont contre l'intuition, même si elles semblent insensées au profane. Qui plus est, ce matérialisme est absolu, car nous ne pouvons permettre à un dieu de passer un pied dans la porte⁴¹."

Richard Lewontin nous avoue ainsi qu' "ils" (on peut se demander si ce "nous" inclut Gould) ont un *a priori* en faveur du matérialisme (comme les créationnistes en faveur de l'inhérence biblique). Au passage, il avoue que certaines constructions faites par la science sont "d'une absurdité manifeste". Comment ne pas penser qu'il évoque ici des histoires comme celles du phacochère ? Nous avons vu que Gould lui-même disait qu'une histoire plausible n'est pas nécessairement vraie. Qu'en est-il alors, lorsqu'il s'agit d'une histoire pas du tout plausible ?

Comme nous l'avons vu, Gould et Lewontin ont passé leur temps à fustiger les adaptationnistes, les accusant de ne pas faire autre chose que raconter des histoires. Mais, quand Gould est confronté à une situation du type de celle de notre petit phacochère, lui aussi se met, implicitement, à raconter une belle histoire⁴². Pour lui, une autruche naissant avec des callosités sur les genoux en tirerait un avantage sélectif tel que la mutation, apparue par hasard au début, se répandrait parmi toute la population, alors qu'il reconnaît que cette autruche va être "en compétition" avec des "collègues" dont les genoux possèdent des callosités qui se forment parce qu'ils s'agenouillent continuellement. Gould postule, dans le cas de l'autruche, ce que nous avons démontré comme étant absurde dans le cas, tout à fait identique, du phacochère, c'est-à-dire que les quelques mois pendant lesquels l'autruche et le phacochère disposent d'un "avantage concurrentiel" par rapport à leurs frères et cousins (des callosités situées au bon endroit leur permettant de mieux s'agenouiller) leur confèrent un avantage tel que les descendants de ces individus, porteurs par hasard d'une "variation génétique fortuite",

41. Richard Lewontin, *New York Review of Books*, 9 janvier 1997.

42. Voir Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, *op. cit.*, p. 78.

vont se répandre dans toute la population et supplanter la forme normale chez qui les callosités se forment en quelques mois ou en un an, par l'agenouillement constant des jeunes individus commençant à se nourrir par eux-mêmes. C'est totalement improbable.

Gould étant très intelligent, il sent bien que cela ne suffit pas. Il va donc faire une autre tentative. Cette fois il suggère que la callosité est "une adaptation non génétique", c'est-à-dire qu'elle résulte du frottement des genoux sur le sol mais qu'ensuite une mutation miraculeuse, "fortuite", va inscrire dans l'ADN ce caractère qui sera sélectionné par la sélection naturelle pour qu'il puisse se répandre parmi l'espèce.

Un ami m'a proposé l'histoire suivante : les couples qui font l'amour sur des matelas Dunlopillo ont plus de chances d'avoir des enfants car ils sont dans une position plus confortable. Cet avantage, pourtant minime, assure à ces couples un succès reproductif qui fait que, après quelques siècles, tous les enfants d'un pays proviendront de parents ayant des matelas Dunlopillo. A ce moment, une mutation aléatoire d'un gène de comportement provoquera l'achat, par les enfants, de matelas Dunlopillo. Ce n'est donc nullement par imitation de leurs parents (héritage des caractères acquis) que tout le monde se mettra, dans ce pays, à acheter des matelas Dunlopillo. Aussi stupéfiant que cela puisse être, c'est exactement le raisonnement de Gould.

Il est tout à fait étonnant de voir Gould qui, lui-même, lutte contre les "histoires" des adaptationnistes se livrer à ce type de raisonnement mais s'il le fait, c'est qu'un spectre abominable se profile à l'horizon, celui du lamarckisme, c'est-à-dire l'héritage des caractères acquis. Bien évidemment, devant l'histoire des matelas Dunlopillo, Gould serait le premier à dire que les enfants achètent de tels matelas parce que leurs parents en avaient et non parce qu'un gène de comportement a, par hasard, surgi chez eux et gravé dans leur ADN ce type de comportement. Mais face à une situation comme celle des autruches ou des phacochères, il n'en conclut pas moins : "Les callosités elles-mêmes ne sont pas transmises mystérieusement par l'hérédité des caractères acquis de

l'adulte au jeune⁴³. Il n'en sait rien, n'en a aucune preuve, mais il en est sûr car il *faut* que ce soit comme cela pour éviter d'ouvrir la porte à "l'hérésie".

Pour être complet (et honnête), il faut mentionner que Gould effectue une troisième tentative : l'habitude qu'ont les autruches de s'agenouiller favorise certaines caractéristiques (lesquelles ? Gould ne le dit pas, et c'est là le problème) qui vont être sélectionnées par la sélection naturelle. Les callosités seraient un "pendentif" et "suivraient le mouvement" sans avoir été sélectionnées pour elles-mêmes. Bien entendu, cela n'est guère plus crédible que la belle histoire selon laquelle les callosités apporteraient un avantage suffisant à celui qui les porte depuis la naissance pour qu'il puisse se reproduire avec plus de succès que ses frères. Car Gould n'essaie même pas de déterminer quelles pourraient être lesdites caractéristiques.

Pour comprendre pourquoi il a eu cette idée, il faut revenir à l'histoire tragique de Paul Kammerer, biologiste lamarckien des années 1920, qui obligeait des crapauds terrestres à se reproduire dans l'eau. Ces crapauds provenaient d'ancêtres aquatiques. Les mâles ancestraux avaient des coussinets sur les pattes pour ne pas glisser pendant leur accouplement. Les mâles actuels les ont perdus. Au bout de quelques générations de crapauds se reproduisant dans l'eau, des ébauches de coussinets ont réapparu. Hélas, pour rendre ces ébauches plus convaincantes, quelqu'un (Kammerer lui-même ou l'un de ses collaborateurs ? On ne l'a jamais su) injecta de l'encre dans les pattes du crapaud et Kammerer se suicida lorsque la fraude fut découverte⁴⁴.

Gould explique que Kammerer a exercé une très forte pression de sélection sur ces crapauds terrestres en les obligeant à vivre dans l'eau, encourageant ainsi la sélection de mutations survenant au hasard et pouvant permettre l'adaptation à la vie aquatique. Comme les ancêtres de ces crapauds étaient des animaux

43. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, op. cit., p. 78.

44. Cette histoire est racontée en détail par Arthur Koestler dans *L'Etreinte du crapaud*, Paris, Calmann-Lévy, 1972.

aquatiques, les mutations susceptibles de leur faire retrouver des caractères ancestraux peuvent très bien se produire aléatoirement. Une fois qu'ils sont réapparus chez un crapaud, ces gènes permettant l'adaptation au monde aquatique sont immédiatement sélectionnés, et voilà comment les crapauds se sont retrouvés avec des coussinets sur les pattes.

Contrairement à celle des autruches, cette histoire-là est plausible. En effet, les ancêtres de ces crapauds ont vécu dans l'eau et ont été porteurs des coussinets. Il est probable que d'autres caractéristiques, plus importantes que les coussinets, soient réapparues grâce à des mutations dues au hasard, et que les gènes qui en soient responsables permettaient aussi la fabrication des coussinets et des autres caractéristiques avantageuses dans l'eau.

Ce n'est pas du tout le cas des autruches, puisqu'il s'agit ici d'expliquer l'apparition, et non pas la réapparition, des callosités sur les genoux, et qu'on ne voit vraiment pas de quels ensembles de caractéristiques "facilitant l'agenouillement" ces callosités feraient partie.

En d'autres termes, en ce qui concerne les coussinets des crapauds, nous avons une histoire plausible, dont nous n'avons aucune certitude qu'elle soit vraie, car il se trouve que depuis quatre-vingts ans, personne ne s'est donné la peine de refaire les expériences de Kammerer, ni de chercher à vérifier l'étendue de la fréquence des mutations permettant à cette espèce de crapaud de retrouver les adaptations nécessaires pour la vie aquatique. Dans le cas de l'autruche comme dans celui du phacochère, nous avons, en revanche, une histoire totalement improbable; néanmoins, comme nous venons de le voir, des darwiniens, y compris ceux aussi ouverts que Gould, considèrent que l'affaire est réglée, à partir du moment où on peut tracer une analogie entre ce cas et un autre cas où il existe une histoire plausible (mais non prouvée!) qui pourrait fournir une explication darwinienne.

Si seulement il n'y avait que le phacochère et l'autruche. Mais quelle que soit la direction dans laquelle vous tournerez votre regard, vous trouverez dans la nature des cas identiques aux callosités présentes sur les genoux des phacochères et des

autruches, c'est-à-dire des organes ou des situations qui nécessiteront un joli conte de fées pour expliquer la façon dont, grâce à la seule sélection naturelle (même renforcée par le concept de pendentif de Gould), cet organe ou cette situation ont pu apparaître. Comme nous l'avons vu, il est facile d'expliquer pourquoi les fourmis se sacrifient pour les autres membres de la fourmilière. Ayant toutes la même mère et des pères pourvus d'un seul jeu de chromosomes, elles ont plus de gènes en commun avec leurs sœurs qu'elles n'en auraient avec leurs propres enfants (si elles en avaient). Mais voilà, les fourmis rousses ont parfois plus de 5 000 reines dans la même fourmilière et les ouvrières de ces fourmilières se sacrifient pourtant avec le même entrain que celles qui ont toutes la même mère.

Les chevaux, les papillons et les oiseaux entrent en scène

Nous avons tous appris l'exemple du cheval, merveilleuse illustration du darwinisme, nous dit-on. Au départ, l'ancêtre du cheval était un animal de petite taille avec cinq doigts. Il a évolué graduellement, grâce à toute une série d'intermédiaires dont nous avons retrouvé les traces, jusqu'au cheval actuel. Une des caractéristiques de cette évolution est la réduction progressive des doigts, de cinq jusqu'à un seul, pourvu d'un sabot. On nous explique que ce doigt unique pourvu d'un sabot rend le cheval plus apte à effectuer des courses rapides que ses ancêtres, et que c'est pourquoi, tout au long de son évolution, la réduction du nombre de doigts a été favorisée. Ce que l'on se garde bien de nous faire remarquer, c'est que l'antilope, bien plus rapide que le cheval puisqu'elle peut atteindre 100 km à l'heure, possède deux doigts au bout de chacune de ses pattes et non un seul et que le bœuf, dont l'aptitude à la course est loin d'être évidente, même si les taureaux peuvent être assez performants dans ce domaine, possède, lui aussi, un doigt unique pourvu d'un sabot, comme le cheval. Certes, me direz-vous, l'antilope n'en possède pas moins un sabot au bout de ses deux doigts, c'est donc le sabot, qu'il soit

unique ou double, qui donne la possibilité de courir rapidement. Mais il y a plus rapide encore que l'antilope : c'est le guépard qui court après elle pour la manger, avec des pointes à plus de 110 km à l'heure, effectuées sur des pattes qui ont conservé leurs cinq doigts comme les ancêtres du cheval. Alors, peut-on vraiment dire que l'évolution progressive d'un animal à cinq doigts vers le cheval actuel a eu lieu parce que cette réduction du nombre de doigts a systématiquement favorisé ceux qui en ont été porteurs en leur permettant de courir plus vite ?

De nombreux papillons imitent d'autres papillons, au point que deux espèces sont parfois prises l'une pour l'autre, même par des spécialistes, alors qu'elles sont en fait très éloignées l'une de l'autre sur l'arbre évolutif des papillons. Quand une espèce est comestible et que l'autre contient un poison qui empêche les oiseaux de la manger, l'explication, en termes darwiniens, est évidente : toute mutation augmentant la ressemblance de l'espèce comestible avec l'espèce incomestible, ne peut que favoriser la survie de la première et donc être sélectionnée, le processus amenant, finalement, l'espèce comestible à ressembler parfaitement à l'espèce incomestible. Mais il existe des espèces comestibles qui imitent parfaitement... d'autres espèces, elles aussi, comestibles. Puisque cette imitation ne présente aucun avantage pour une espèce comme pour l'autre, il faudrait imaginer, pour rester dans le cadre darwinien, que l'une des espèces était au départ incomestible et qu'elle soit, par la suite, devenue comestible. Mais une telle aberration est bien entendu improbable en fonction des raisonnements darwiniens eux-mêmes. Comment la sélection naturelle pourrait-elle avantager une mutation rendant une espèce comestible (même si par ailleurs, cette mutation avait d'autres aspects favorables), alors que cette espèce était au départ incomestible, ce qui est, bien entendu, le plus grand avantage possible pour un insecte. J'ai ici une anecdote très significative à raconter. En lisant un de mes articles qui listait les raisons pour lesquelles le darwinisme ne saurait se présenter comme une explication globale de l'évolution, l'un des plus grands spécialistes français de l'histoire de l'évolution écrivit dans la marge, face à cette

même histoire de papillons que je viens de vous raconter, comme on le fait sur la copie d'un mauvais élève : "Expliqué depuis 1875." Je me suis empressé d'aller vers lui pour lui demander quelle était cette explication connue depuis si longtemps et qui m'avait totalement échappé. Il me sortit le processus permettant à des papillons comestibles d'imiter parfaitement des papillons incommestibles : "Mais, attendez, lui dis-je, je parle de papillons comestibles imitant des papillons incommestibles. – Ah, oui, dit-il, en se grattant la tête, là, c'est vrai, c'est différent. Je vous ai lu un peu trop vite." On peut ainsi reconstruire presque "en direct" la pensée d'un darwinien dans ce cas précis : nous savons, bien sûr, que les non-darwiniens sont des ignorants. Nous avons un cas, dans le domaine concerné, qui est parfaitement explicable de façon darwinienne. Donc, le cas évoqué est explicable de façon darwinienne, ce n'est même pas la peine de chercher précisément de quoi il s'agit. C'est exactement le même raisonnement qui fait que Gould transpose une histoire plausible mais non prouvée : l'apparition des coussinets chez les crapauds terrestres de Kammerer, en une histoire totalement improbable : l'arrivée et, surtout, la sélection des callosités sur les genoux de l'autruche, bien que l'avantage apporté par ceux-ci soit bien trop faible pour qu'un succès reproductif de l'individu qui en est porteur puisse en découler.

Dawkins soutient la thèse qu'une vision ou une audition à 5 % valent mieux que pas de vision ou pas d'audition du tout. Si l'on peut le suivre sur ce point, on ne le suivra pas en ce qui concerne l'origine du vol. Voler nécessite un système particulièrement complexe et coordonné qui ne peut fonctionner même avec la moitié de ses éléments. Comme je l'ai démontré ailleurs⁴⁵, il existe un abîme entre le vol plané et le vol réel, celui où l'on bat des ailes. Pour l'origine du vol, il faut donc, avec Gould, faire appel au concept de préadaptation, c'est-à-dire au transfert de fonction. A quoi pouvaient bien servir les moignons d'ailes dont étaient pourvus les futurs insectes volants, bien avant que ceux-ci ne se transforment en ailes ? A évacuer la chaleur de son propriétaire !

45. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 294-298.

En effet, plus un objet est petit, plus il a du mal à évacuer sa chaleur interne. C'est d'ailleurs un problème-clé aujourd'hui dans la miniaturisation des composants électroniques. Gould cite une étude⁴⁶, dans laquelle des scientifiques ont exposé au soleil des insectes dont les ailes avaient été arrachées, et d'autres dont on avait découpé les trois-quarts des ailes, et qui ne pouvaient donc plus voler. Ces derniers ont survécu plus longtemps, donnant ainsi du poids à cette hypothèse. On peut ici accorder un point au darwinisme, même si les darwiniens sont loin d'avoir produit toutes les étapes intermédiaires, menant du moignon d'aile servant à la thermorégulation jusqu'à l'aile capable de faire décoller l'insecte. Mais surtout n'en déduisez pas que l'origine du vol chez les oiseaux est également expliquée. Les oiseaux, comme tous les animaux terrestres de même taille, sont beaucoup trop gros pour avoir des "problèmes de refroidissement". Il nous faut donc ici une autre explication, et les darwiniens ne vont pas manquer de revenir à leur péché mignon, à savoir la belle histoire.

Un jour, par mutation, un petit dinosaure bipède est né avec, sur ses pattes de devant, des plumes apparues par mutation, à la place des écailles. Au début, ses proches s'amusèrent et pour certains, admirèrent cette jolie parure. Mais il s'agissait d'une famille de dinosaures insectivores, et quand il fut grand, il se rendit compte qu'il pouvait, en courant après les insectes, s'aider de ses plumes pour les rabattre vers sa bouche et les attraper plus aisément. Aussitôt, les rires cessèrent et tout le monde l'envia. Bien entendu, cette mutation se répandit dans toute l'espèce.

A cause de l'avantage apporté par les plumes, tout accroissement de celles-ci obtenu par des mutations dues au hasard fut avantagé par la sélection naturelle. Finalement, les plumes furent assez grandes pour que, en battant très fort des bras, les descendants de notre petit dinosaure puissent s'envoler.

Une belle histoire comme celle-ci a bien été présentée par un paléontologiste tout ce qu'il y a de plus sérieux pour tenter

46. Matthew Douglas, "Thermoregulatory Significance of Thoracic Lobes in the Evolution of insects wings", *Science*, 211, 1981, p. 84-86.



Figure 3.3. Ancêtre hypothétique des oiseaux d'après J. H. Ostrom.
© Presses de la Renaissance.

d'expliquer l'origine du vol chez les oiseaux⁴⁷. La figure 3.3 vous montre la reconstitution qu'il a faite de cet ancêtre hypothétique. Ceci constitue une nouvelle illustration de la nécessité, pour les darwiniens, de recourir en permanence à de jolies histoires, et ce d'autant plus que, si l'on réfléchit un peu, attraper des insectes grâce à des plumes, est une adaptation *exactement opposée* à celle nécessaire au développement du vol. En effet, pour voler il faut que les plumes constituent une surface imperméable à l'air afin que l'aile puisse "prendre appui" sur l'air lorsque son possesseur bat des ailes. Toute personne qui a tenté d'écraser ou de capturer une mouche sait très bien qu'à l'inverse, il faut utiliser un objet qui laisse passer l'air, sinon l'insecte va être chassé avec l'air déplacé par l'objet. En d'autres termes, pour l'aider efficacement à attraper des insectes, les plumes de notre petit dinosaure hypothétique doivent laisser passer l'air, ce qui interdit bien sûr que de tels organes puissent, en s'améliorant, servir de précurseurs à des ailes capables de faire décoller l'animal.

47. J. H. Ostrom, "Bird flight: How did it begin?", *American Scientist*, 67, 1979, p. 45, 56.

Jusqu'ici, nous avons vu à quel point les darwiniens devaient recourir à des histoires souvent peu crédibles pour masquer un problème-clé, la portée limitée des mécanismes darwiniens qui, s'ils expliquent bien des choses, ne peuvent certes pas tout expliquer. Les deux exemples suivants sont, eux, de nature à démontrer directement l'existence d'autres forces qui s'exercent dans la nature.

Chez les reptiles, la mâchoire s'articule avec le crâne, grâce à l'intermédiaire de trois os, l'angulaire et l'articulaire, qui prolongent la mâchoire elle-même, et le carré qui est rattaché au crâne (voir figure 3.4 en bas). Chez les mammifères adultes, la mâchoire est directement articulée sur le crâne (voir figure 3.4 en haut) et les trois os, angulaire, articulaire et carré, qui étaient présents dans l'articulation de la mâchoire des reptiles, n'ont pas disparu, mais ils ont rapetissé et migré pour constituer désormais le marteau, l'enclume et le temporal de l'oreille interne (voir figure 3.4 en haut) ! Or, il existe un groupe dont la structure est intermédiaire, les reptiles thériodontes, qui possèdent une double articulation de la mâchoire : en haut, la mâchoire est directement en contact avec le crâne, en bas l'ancienne articulation "survit", même si sa taille est réduite (voir figure 3.4 au milieu).

On a ainsi la possibilité de prendre sur le vif un processus de macroévolution permettant le passage des reptiles aux mammifères. Ceci est magnifiquement confirmé par le fait que lors du développement embryonnaire de la mâchoire chez les mammifères, l'articulaire et l'angulaire sont encore rattachés à la mâchoire avant de "migrer" vers l'oreille (voir figure 3.4 en haut).

Notons, au passage, que cela constitue une magnifique preuve de l'évolution, qui devrait, à elle seule, convaincre n'importe quel créationniste, s'il était un tant soit peu honnête. Notons également qu'avant la découverte des reptiles thériodontes, un non-darwinien aurait pu se ridiculiser en affirmant que l'on était

STRUCTURES COMPARÉES : MANDIBULE, ARTICULATION, CRÂNE

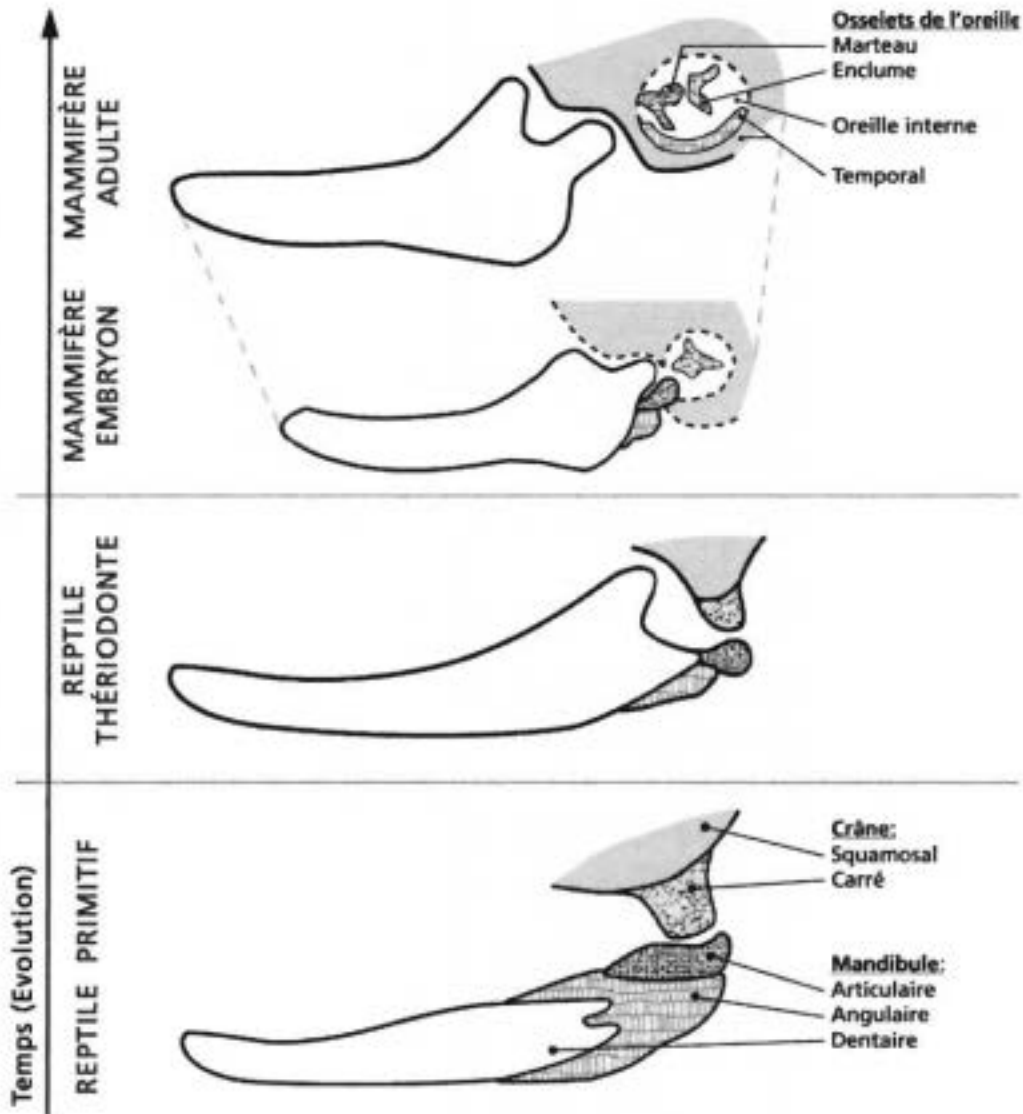


Figure 3.4. Les reptiles thériodontes, ancêtres des mammifères, un exemple d'évolution orientée ? © Presses de la Renaissance.

forcément passé en une génération et de façon non graduelle, de la mâchoire des reptiles à celle des mammifères puisqu'il était essentiel pour un animal d'avoir une mâchoire fonctionnelle et que donc les trois os de l'articulation de la mâchoire existant chez les reptiles n'avaient pu migrer de façon graduelle vers ce qui deviendrait l'oreille interne des mammifères.

Est-ce à dire que la découverte des reptiles thériodontes constitue un triomphe pour le darwinisme ? En aucune façon ! S'ils prouvent bien que l'évolution existe et que dans ce cas précis, elle

a été graduelle, les reptiles thériodontes n'en posent pas moins un problème redoutable au darwinisme.

En effet, quel peut être l'intérêt pour un animal de posséder une double articulation de la mâchoire ? Peut-être me répondrez-vous : "Pour pouvoir continuer à manger quand l'une des deux articulations est cassée" ? Mais en fait, un coup d'œil au dessin situé au milieu de la figure 3.4 vous convaincra qu'il est, dans des conditions naturelles, quasiment impossible qu'une des articulations soit cassée sans que l'autre le soit également. Il n'y a donc aucun avantage sélectif à avoir une double articulation de la mâchoire, et la meilleure preuve c'est qu'aucune autre famille de reptiles n'a développé cette curiosité. En revanche, plusieurs espèces de thériodontes l'ont fait, tout en accumulant également d'autres caractères mammaliens.

C'est un peu comme si les reptiles thériodontes avaient été, pendant des millions d'années, "poussés" vers le stade mammifère. Comme l'a dit Pierre-Paul Grassé : "On constate que les variations des thériodontes et des mammifères primitifs n'ont rien d'aléatoire ; elles s'additionnent, s'ajustent au cours du temps, sans avoir la moindre apparence pathologique. Aucun fait caractéristique de la mammalisation n'exige, pour être expliqué, un recours à la sélection⁴⁸." Ainsi, selon ce spécialiste de la question, d'un côté la sélection n'y est pour rien et de l'autre, cette accumulation des caractères mammaliens ne se fait pas de façon aléatoire. Comme nous le verrons dans les chapitres suivants, il n'y a rien de "mystique" à ce qu'un "type" se réalise dans la nature.

D'autres phénomènes indiquent qu'il existe bien des formes de coordination qui ne sont ni comprises ni encore reconnues, mais qui pourtant, existent. En voici une qui porte sur certaines protéines se retrouvant souvent chez un grand nombre d'êtres vivants. Ainsi, le cytochrome C, qui est une enzyme se situant dans les mitochondries, joue un rôle important dans la production d'énergie et se retrouve aussi bien chez les bactéries, les levures,

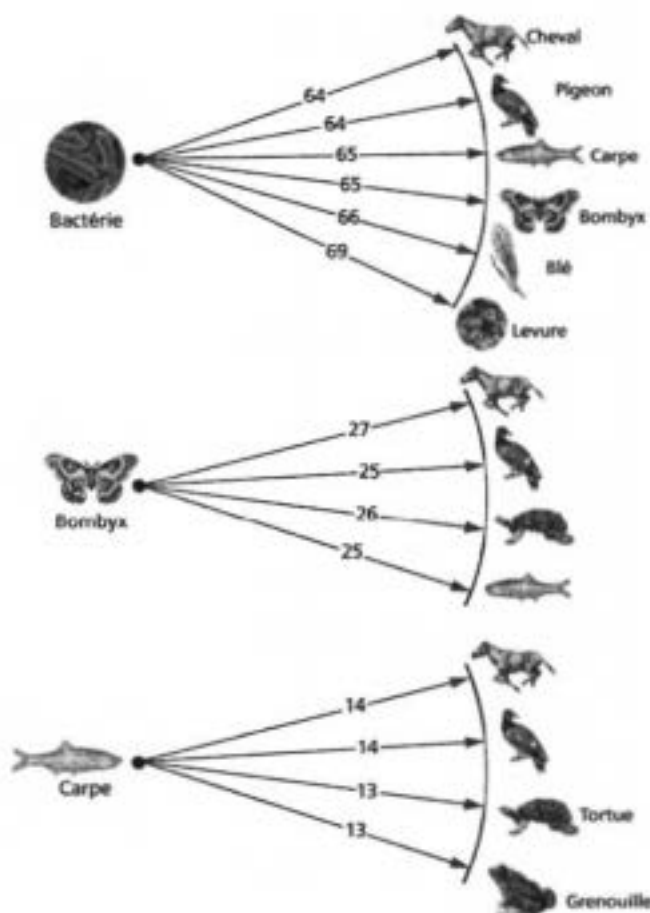
48. Pierre-P. Grassé, *L'Evolution du vivant*, Paris, Albin Michel, 1973, p. 93.

les insectes, les poissons, les batraciens, les reptiles ou les mammifères.

Il est donc possible de comparer les cytochromes C chez ces divers taxa, et de calculer les différences qui existent. Les résultats représentés sur la figure 3.5 sont très étranges. La différence existant entre le cytochrome C d'une bactérie et ceux d'êtres apparus plus récemment au cours de l'évolution est toujours à peu près de 65 %. Même chose pour un papillon comme le bombyx et tous les êtres apparus après lui au cours de l'évolution. Bien entendu, à chaque fois, les différences sont plus petites lorsque l'ancêtre commun est moins éloigné dans le temps.

Ainsi, l'ancêtre commun de la carpe (figure 3.5 C) et des autres êtres vivants apparus après elle, est-il beaucoup moins ancien que l'ancêtre commun de la bactérie, de la levure, du blé, de la carpe, du cheval, etc., comme le montre la figure 3.5 A. C'est pourquoi le taux de divergence entre les cytochromes C de ces différents êtres vivants est d'à peu près 65 % dans un cas et d'à peu près 13 % dans l'autre. Mais comment expliquer ce phénomène ? Nous avons bien vu, au chapitre 1, qu'il existe une dérive génétique neutre qui a donné naissance à la théorie neutraliste de l'évolution. La plupart des mutations étant neutres, elles s'accumulent régulièrement dans le génome et expliqueraient donc l'uniformité des différences. Mais là encore, nous sommes face à une fausse solution car la théorie neutraliste nous montre bien que le taux de mutation est à peu près constant par *génération*, alors qu'ici, pour expliquer un résultat comme celui de la figure 3.5 A, nous avons besoin d'un taux de mutation constant, *en fonction du temps astronomique*. En effet, si l'on regarde la figure 3.6 qui nous montre le chemin parcouru par chaque organisme depuis leur ancêtre commun, on se rend bien compte qu'il y a eu bien plus de générations dans les branches de droite de la figure, celles menant de l'ancêtre commun de tous ces êtres à la bactérie et à la levure, que dans la branche de gauche menant de l'ancêtre commun jusqu'à l'homme.

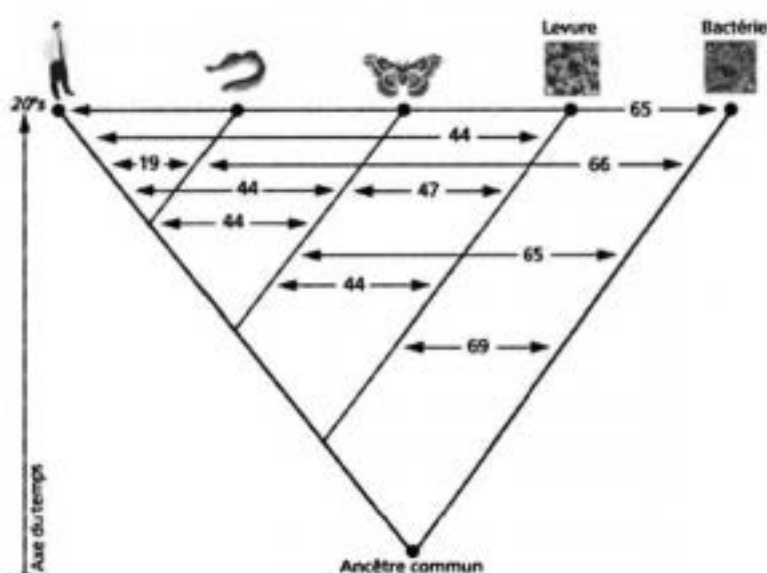
Et pourtant, la différence entre le cytochrome C de la bactérie et de l'homme est de 65 %, le même écart qui sépare



Pourcentages de différence entre les séquences d'acides aminés du Cytochrome C d'une espèce et d'autres plus évoluées

Figure 3.5. Pourcentages de différence entre les séquences d'acides aminés du cytochrome C d'une espèce et d'autres plus évoluées. A : Différence entre le cytochrome C d'une bactérie et celui d'êtres plus évolués. B : Différence entre le cytochrome C du Bombyx et celui d'êtres plus évolués. C : Différence entre le cytochrome C d'une carpe et celui d'êtres plus évolués. © Presses de la Renaissance.

le cytochrome C de la bactérie de celui d'un papillon comme le bombyx. Un simple calcul montre qu'en 4 millions d'années, il y a en moyenne un milliard de fois plus de chance qu'une mutation ait lieu dans un gène de mouche que dans le gène d'un homme codant pour la même protéine. Pourtant, depuis des centaines de millions d'années, les molécules des cytochromes C se sont modifiées au même rythme par rapport à celles existantes chez les bactéries, que ce soit dans la lignée menant aux mouches ou dans la lignée menant aux hommes !



Pourcentages de différence entre les séquences d'acides aminés du Cytochrome C de différentes espèces

Figure 3.6. Une étrange régularité dans l'évolution de certaines protéines. Différences entre la structure du cytochrome C chez l'homme, la lamproie, le ver à soie, une levure et une bactérie. © Presses de la Renaissance.

Ces phénomènes connus sous le nom "d'horloge moléculaire", n'existent bien sûr pas que pour le cytochrome C ; ils sont parfaitement documentés pour différentes classes de protéines (pas pour toutes bien sûr), mais il n'existe pas d'explication pour cette curieuse coordination⁴⁹.

49. En fait la situation est encore bien pire pour le darwinisme. Toute une série d'études montrent que les taux de mutations ne sont pas les mêmes par générations. Par exemple, il y a cent fois moins de mutations par génération dans un vers que dans une mouche. Cela rend encore plus extraordinaire cette stabilité des mutations par rapport au temps astronomique. Voir : Peter D. Keightley, Armando Caballero, "Genomic mutation rates for lifetime reproductive output and lifespan in *Caenorhabditis elegans*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 94 (8), 15 avril 1997, p. 3823-3827. Pour des informations plus détaillées, voir Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 284-298.

L'ensemble de ces faits autorise un certain nombre de scientifiques à mener une attaque frontale contre le darwinisme. Si celui-ci explique beaucoup de choses, il en expliquerait infiniment moins qu'on ne le prétend généralement. Ainsi, Pierre-Paul Grassé dont nous avons vu le travail provocant sur les reptiles thériodontes, résume ainsi ce que n'est pas l'évolution :

- L'évolution n'est pas un phénomène aléatoire.
- L'évolution n'est pas un phénomène continu.
- L'évolution n'est pas obligatoirement liée à une nécessité immédiate.
- L'évolution n'est pas le produit de la sélection naturelle.
- L'évolution et la mutation sont deux phénomènes séparés : en effet certaines espèces mutent énormément sans évoluer⁵⁰.

Il est difficile, je pense, de trouver une réfutation plus radicale du darwinisme sous la plume de l'un des plus grands spécialistes de l'évolution du XX^e siècle. Si nous reprenons ces propositions, cela implique que l'évolution est un phénomène prédictible (ce que l'on verra aux chapitres suivants), un phénomène discontinu, comme Gould et Goldschmidt l'ont affirmé, un phénomène capable de prendre en compte les besoins d'un organisme qui existera dans le futur et non immédiatement et enfin, un phénomène dont le moteur principal n'est pas la sélection naturelle.

En fait, c'est bien l'essence même du darwinisme dont on peut montrer les limitations :

- **La sélection naturelle est le moteur de l'évolution.** Nous avons vu les nombreuses histoires qu'il faut inventer pour affirmer cela. Mais surtout, il existe des exemples flagrants de son incapacité à faire évoluer certains animaux qui en auraient bien besoin. Ainsi, les tipules sont une famille de diptères possédant de très longues pattes. Rémy Chauvin, élève de Grassé et qui fut lui aussi professeur à la Sorbonne et grand spécialiste des

50. Pierre-Paul Grassé, *L'Évolution du vivant*, Paris, Albin Michel, 1973, p. 338.

insectes sociaux, rapporte une expérience de Rabaud montrant que si l'on coupe les pattes de la tipule, celle-ci en est grandement avantagée⁵¹. Or, si pendant des millions d'années le couple mutation au hasard-sélection naturelle n'a pas été capable de produire une tipule avec des segments de pattes plus courts, comment peut-on affirmer que le même couple, pendant la même période, est capable de produire des changements aussi fondamentaux que celui qui permet de passer de quelque chose qui ressemble à une souris (un lémurien) à l'homme ?

- **Les mutations sont les matériaux de base de l'évolution.** Pas du tout, nous disent Grassé et Chauvin. La meilleure preuve, c'est qu'il existe des animaux panchroniques, des animaux qui mutent en permanence, qui traversent les milieux les plus différents et pourtant sont quasi identiques à ceux qui existaient il y a cent millions d'années, comme c'est le cas avec les blattes, groupe qui en tant que tel est passé presque sans changement des grandes forêts de l'époque des dinosaures à nos égouts. Pire encore, l'animal favori des généticiens, à cause de sa grande capacité à muter, est la mouche drosophile. Or, on en a retrouvé des semblables à celles que nous connaissons, dans l'ambre de la Baltique, formé il y a cinquante millions d'années. N'est-ce pas une preuve éclatante qu'il faut séparer la mutagenèse, c'est-à-dire la capacité à muter, de l'évolution ? La capacité à muter ne *correspond* pas à la capacité à évoluer.
- **L'évolution n'est pas un phénomène orienté.** Jamais au cours de sa si longue histoire, l'évolution n'a permis à un mammifère de redevenir un reptile, à un reptile de redevenir un batracien, à un batracien de redevenir un poisson, à un poisson de redevenir un invertébré. L'évolution ne retourne jamais en arrière, c'est ce qu'on appelle la loi de Dollo. Comme le souligne Rémy Chauvin, les darwiniens expliquent que, l'évolution

51. Rémy Chauvin, *La Biologie de l'esprit*, Monaco, Editions du Rocher, 1992, p. 50-51.

reposant sur des mutations aléatoires sélectionnées par les modifications de l'environnement, il est extrêmement peu probable qu'une fois qu'une évolution s'est produite, on puisse trouver des conditions dans lesquelles l'évolution inverse soit sélectionnée. Pourtant, il paraît étonnant que les premiers mammifères qui ressemblaient à des souris puissent se transformer en baleines, en hommes, en tigres et en chauve-souris, mais qu'il leur soit impossible de se retransformer en reptiles thériodontes dont ils viennent "juste" (à l'échelle géologique) d'être issus. Si l'évolution n'a pas pu reconstruire un reptile à partir d'un mammifère, ni un batracien à partir d'un reptile, c'est qu'un mécanisme essentiel a disparu ou s'est définitivement bloqué. On peut ainsi parler de potentialités évolutives et dire que les reptiles ne font plus partie des potentialités qui s'offrent aux mammifères⁵². Ce qui nous ramène à l'idée qu'il existe bien une capacité à évoluer dans la nature que les organismes peuvent avoir ou peuvent perdre et qu'à cette capacité se superpose une directivité, celle qui interdit à l'évolution de revenir en arrière (sauf sous la forme particulière des parasites, mais cela n'est pas en contradiction avec la loi, car il s'agit d'une adaptation, non d'un retour en arrière).

- **Les adaptations complexes réalisées par les différents organismes sont à la base de l'évolution.** En fait, une bonne adaptation signifie souvent, à l'échelle de l'évolution... la mort ! C'est bien au contraire par la marge de sécurité que possède un organisme, par sa capacité à être un "généraliste", c'est-à-dire à survivre dans différents milieux, qu'il peut prétendre à la pérennité. Ainsi, une adaptation très poussée, comme celle du panda par exemple, qui servit de titre à l'un des livres emblématiques de Gould, *Le Pouce du Panda*, est-il le symbole même des animaux en voie de disparition à cause, justement, de son adaptation bien trop poussée ! Pire encore, certaines adaptations extrêmement complexes à mettre en place n'apportent

52. Rémy Chauvin, *La Biologie de l'esprit*, op. cit., p. 56.

aucun avantage à l'animal qui en est porteur, voire, le plus souvent, constituent un grave handicap. Les ouvrages de Rémy Chauvin fourmillent d'exemples de ce type⁵³. Voici l'exemple de la douve du foie. Ce parasite redoutable pour l'homme est, heureusement pour nous, très rare. Ceci est dû à son mode de reproduction. Ses œufs éclosent dans la cavité digestive d'un escargot et se reproduisent d'abord de façon asexuée, puis vont être évacués par la bave de l'escargot. Les larves de ce parasite forment alors ce que l'on appelle un cercaire. Ce cercaire va s'enkyster pour former un métacercaire lui permettant de survivre à l'air libre en attendant qu'une fourmi passe par là et l'avale. Il faut ensuite que la fourmi soit ingérée par un mouton pour que les métacercaires puissent devenir adultes, se développer et se reproduire dans les canaux biliaires du mouton. Les œufs pondus par les adultes sont alors évacués par les selles du mouton et il faut, pour que le cycle continue, que ces œufs soient avalés par un escargot se nourrissant des excréments du mouton. Cet invraisemblable cycle de reproduction est, bien sûr, non seulement totalement inutile mais en plus fortement handicapant, comme nous l'avons mentionné. La grande majorité des parasites (hélas pour leurs hôtes) se reproduisent tout simplement à l'intérieur de leur hôte et n'ont pas besoin de passer par trois hôtes aussi différents qu'un mouton, un escargot et une fourmi, pour survivre.

On peut en déduire ce que j'appellerai la "loi de Chauvin" : partout où un dispositif compliqué existe, on peut en trouver un autre plus simple chez une espèce très proche et qui fonctionne au moins aussi bien (voire beaucoup mieux). Comme les structures complexes se développent au cours de l'évolution à partir de structures simples, il est clair qu'un mécanisme comme celui de la reproduction de la douve du foie s'est développé à partir d'un ancêtre qui se contentait tout simplement de se reproduire et de

53. Rémy Chauvin, *La Biologie de l'esprit, op. cit.* ; *Dieu des étoiles, Dieu des fourmis*, Paris, Le Pré aux Clercs, 1988 ; *Le Darwinisme ou la fin d'un mythe*, Monaco, Editions du Rocher, 1997.

pondre des œufs à l'intérieur d'un hôte au sein duquel les œufs pouvaient tranquillement se développer à leur tour jusqu'à l'âge adulte. Pourquoi et comment la sélection naturelle aurait-elle donc permis que se développe, à partir d'un mécanisme simple marchant si bien, un mécanisme aussi sophistiqué mais extrêmement aléatoire ? Chauvin va jusqu'à affirmer que bien des réalisations dans la nature sont "de l'art pour l'art", qu'il y a une tendance générale dans la nature qui cherche à réaliser des structures de plus en plus complexes, que ce soit par exemple le développement du psychisme ou des cycles extravagants comme celui que nous venons de décrire.

Un autre grand axe de l'approche qu'a Chauvin de l'évolution est de montrer que la coopération entre organismes vivants l'emporte parfois sur la confrontation. Ainsi, il existe une espèce de poisson qui vit au cœur des anémones de mer. Si l'on donne à l'anémone de mer les restes de ce poisson réduit en bouillie, elle les mange sans difficulté, ce qui signifie qu'ils ne sont pas toxiques pour elle.

Pourtant, tant que le poisson est vivant, elle ne le mange pas. Mais quand un plus gros poisson, attiré par la présence du petit, s'approche pour le manger, l'anémone de mer mange le gros poisson. Ainsi le petit poisson est-il protégé de ses prédateurs et l'anémone de mer, qui ne peut bouger, voit ses repas livrés à domicile. Ce jeu gagnant-gagnant est le contraire de la confrontation darwinienne normale comme celle qui existe entre le lion et la gazelle.

Dans un schéma darwinien, le petit poisson aurait dû développer un poison, empêchant l'anémone de mer de le manger. L'anémone de mer aurait dû développer un contre-poison lui donnant un avantage concurrentiel en lui permettant de manger un espèce de poisson supplémentaire. Et le petit poisson aurait à son tour développé un superpoison empêchant les anémones de mer modifiées de le manger. Bien d'autres exemples de ce type existent et nous montrent l'importance de ces mécanismes de coopération⁵⁴.

54. Voir Rémy Chauvin, *La Biologie de l'esprit*, op. cit., p. 63 et 77.

Mais c'est quoi, être adapté ?

Chauvin lance une autre attaque. Le darwinisme serait, tout simplement, une tautologie et non une théorie scientifique. L'idée n'est pas de lui mais de Tom Bethell. Elle a été publiée pour la première fois sous le titre "L'erreur de Darwin"⁵⁵. L'argument est le suivant : Comme nous l'avons vu, la sélection naturelle est le concept central de la théorie darwinienne. Or, qu'est-ce que la sélection naturelle ? C'est "la survie des plus aptes". Mais qui sont les plus aptes ? Qu'est-ce que l'aptitude ? Eh bien, on la définit souvent comme la capacité à produire un plus grand nombre de descendants qui survivent que les autres membres d'une même espèce (produire de nombreux descendants ne suffit pas s'ils ne survivent pas et ne peuvent se reproduire à leur tour). Mais si l'on définit l'aptitude uniquement comme la capacité à produire des descendants qui survivent, la définition du concept clé de la théorie darwinienne, celui de sélection naturelle, devient "la survie de ceux qui survivent". C'est donc une simple tautologie !

Bien entendu, Darwin n'était pas si bête. Il s'était forcé de trouver une définition de l'aptitude autrement qu'à partir de la simple survie. Il a pour cela établi une analogie avec la sélection artificielle développée par les éleveurs. Le fermier est capable de reconnaître lors de la naissance d'un veau les caractéristiques qu'il souhaite voir se diffuser dans son troupeau. On peut donc déterminer, *a priori*, celles qui vont être sélectionnées par lui. Mais la nature n'est pas un éleveur. Justement, pour les darwiniens, la vie n'a pas d'objectif préétabli. On ne peut donc pas conclure quand on voit arriver un nouveau-né d'une espèce quelconque, qu'il est plus adapté à la survie que ses frères, et dans ce cas, on doit uniquement se rabattre sur le test empirique que constitue la survie de tel ou tel animal par rapport à tel ou tel autre pour déterminer *a posteriori*, celui qui était le plus adapté. Bethell conclue triomphalement : "On commence à voir maintenant que Darwin n'a

55. Tom Bethell, "Darwin's mistake", *Harper's*, février 1976.

rien découvert de plus que la propension victorienne à croire au progrès⁵⁶.”

L'alerte a été sérieuse pour les darwiniens. Gould consacra un article célèbre à réfuter cet argument⁵⁷. Gould concède que certains de ses collègues tombent (certes) sous le coup de la critique de Bethell : “Il ne faut pas se dissimuler que la critique de Bethell concerne une bonne partie de la littérature technique traitant de la théorie évolutionniste, en particulier la génétique mathématique abstraite qui ne voit l'évolution que comme un changement quantitatif et ignore ses aspects qualitatifs. Ce type de recherche ne prend effectivement en compte l'aptitude qu'en termes de capacité de survie⁵⁸.” Et bingo, une petite pique au passage en direction de Dawkins, Dennett et consorts. Mais, Gould va contre-attaquer avec vigueur en affirmant que Darwin avait raison de considérer la sélection naturelle et la sélection artificielle en élevage comme étant analogues. Il fait un parallèle dans lequel le “désir” de l'éleveur peut être comparé à un changement d'environnement. Certaines caractéristiques sont alors supérieures, *a priori*, que ce soit dans la nature vis-à-vis de la sélection naturelle, ou dans un élevage vis-à-vis des désirs de l'éleveur. Pour tenter d'emporter notre adhésion, Gould nous fait remarquer que tous ceux qui auraient vu apparaître par mutation un mammouth laineux en auraient déduit qu'il était particulièrement adapté au climat froid dans lequel il allait vivre⁵⁹.

Certes, on peut concéder à Gould qu'un mammouth né par hasard avec une toison laineuse est plus adapté à la survie dans une période glaciaire que ses frères qui en sont dépourvus. Mais cet exemple évident suffit-il à laver le darwinisme du soupçon de n'être qu'une tautologie ? Ce n'est pas sûr. Chauvin contre-attaque, à partir de l'expression employée par Gould, “certaines

56. Tom Bethell, “Darwin's mistake”, *art. cit.*

57. Stephen Jay Gould, “Une oraison funèbre prématurée”, dans *Darwin et les grands énigmes de la vie*, Paris, Seuil, 1984, p. 38-46.

58. *Ibid.*, p. 41.

59. *Ibid.*, p. 42.

caractéristiques" : car Gould parle de certaines caractéristiques qui seraient supérieures dans un environnement donné. Pour Chauvin, c'est l'organisme dans son ensemble qui peut être sélectionné et non un trait particulier. Il revient sur l'exemple selon lequel on ne peut pas dire que les sabots du cheval le rendent adapté à la course, mais que cette adaptation repose sur son système nerveux, son système respiratoire et bien d'autres choses encore. On ne peut pas sortir du piège tautologique, car on ne peut pas, en général, distinguer les caractères d'un animal qui sont adaptés à son environnement de ceux qui le seraient moins¹.

Je vous laisse libre de décider qui, de Gould ou de Chauvin, a raison concernant cette question. Mais même si Gould a raison et si le darwinisme n'est pas une tautologie, tout ce que nous venons de mentionner ici, ainsi que les démonstrations, faites chacune de leur côté, par les écoles de Gould et de Dawkins, de l'inconsistance de la version du darwinisme qui n'est pas la leur et que nous avons détaillées au chapitre précédent, font plus que démontrer l'urgence qu'il y a à chercher de nouvelles voies pour améliorer notre compréhension de l'évolution. C'est ce que nous allons faire dans le reste de cet ouvrage.

1. Rémy Chauvin, *Le Darwinisme ou la fin d'un mythe*, Monaco, Editions du Rocher, 1997, p. 67.

Chapitre 4

Les extraterrestres ont-ils la même tête que nous ?

Etre ou ne pas être... poppérien ?

Qu'est-ce qu'une théorie scientifique ? Le grand philosophe des sciences Karl Popper nous a fourni un critère très simple et très efficace. Pour être scientifique, une théorie doit être réfutable. On doit pouvoir imaginer une expérience ou une situation dans laquelle la théorie serait prise en défaut. En résumé, une théorie qui a une réponse pour toutes les situations n'est pas scientifique. Elle est "trop parfaite" pour être vraie. Popper a pointé du doigt la psychanalyse et le marxisme (qui, à son époque, prétendait être une théorie scientifique) comme étant incapables de satisfaire à ce critère. Même la chute du mur de Berlin n'a pas donné tort à Popper car, aujourd'hui encore, on trouve des marxistes-léninistes qui expliquent que l'échec des pays de l'Est est dû au fait qu'ils n'étaient pas assez marxistes et que s'ils avaient appliqué le vrai marxisme, tout aurait été pour le mieux dans le meilleur des mondes.

Comme nous venons de le voir, Chauvin et Bethell ont accusé le darwinisme de n'être pas poppérien. Cette accusation est sans doute excessive bien que certains darwiniens comme Dawkins donnent vraiment l'impression d'avoir réponse à tout. Il faut d'abord sortir d'un piège que, sans doute bien involontairement, Darwin a tendu au-delà des siècles à tous ses futurs adversaires. Il a en effet écrit : "S'il pouvait être démontré qu'un seul organe complexe ne pouvant absolument pas avoir été formé par la

succession d'un grand nombre de petites modifications existe, alors ma théorie s'effondrerait complètement²". Depuis 150 ans, les adversaires de Darwin se sont rués dans cette direction, cherchant à trouver le ou les organes qui, en obéissant à cette définition, réfuteraient le darwinisme. Comme nous l'avons vu, pour un certain nombre de darwiniens comme Dawkins, ces organes n'existent pas. Pour d'autres, comme Gould, ils existent mais ne remettent pas en cause le darwinisme car pour Gould, Darwin aurait fait une erreur en liant ainsi le sort de sa théorie au gradualisme. Toute la critique venant de l'*intelligent design* autour du concept de complexité irréductible vise également à trouver ce genre d'organes.

Tout cela nous conduit à des débats sans fin entre darwiniens gradualistes, darwiniens non gradualistes et antidarwiniens, créationnistes comme évolutionnistes. Darwin n'était certainement pas assez machiavélique pour avoir prévu une chose pareille. Néanmoins, les antidarwiniens qui partent à la recherche du "Graal" de l'organe irréductiblement complexe qui, à lui seul, réfuterait le darwinisme (car on ne pourra pas expliquer sa formation par les mécanismes darwiniens), ne se rendent pas compte qu'en faisant cela, ils obéissent à un programme de recherche fixé par Darwin lui-même ! Alors qu'il y a peut-être d'autres façons de réfuter le darwinisme sans se lancer tête baissée dans le défi que Darwin a proposé à ses opposants avec cette fameuse phrase. Mais quelle autre voie peut permettre de réfuter le darwinisme ?

L'évolution va-t-elle dans un mur ?

Une des affirmations centrales des darwiniens est celle-ci : l'évolution est imprédictible. On pourrait opposer à cela l'existence des grandes tendances dans l'évolution, comme la montée vers la complexité,

2. Charles Darwin, *Origin of Species*, 6^e édition, New York, New York University Press, 1988, p. 154.

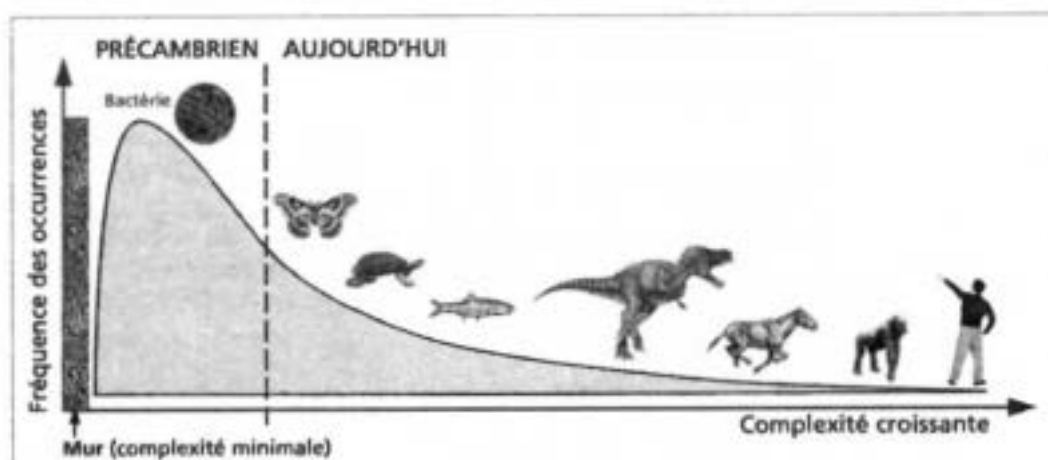


Figure 4.1. Le mur de la complexité minimale. © Presses de la Renaissance.

mais Gould a passé beaucoup de temps à essayer de nous convaincre que ceci était une illusion. Son argument repose sur l'existence d'un mur de la complexité minimale (voir figure 4.1).

Les bactéries sont assez proches de l'être vivant le moins complexe et le plus petit qui puisse théoriquement exister. Les bactéries ont toujours été la forme de vie dominante de la planète. Gould se lance dans une véritable ode aux bactéries, leur résistance (jusqu'à 150 °C et 10 kilomètres de profondeur), leur utilité, leur diversité, leur invincibilité (il est impossible de les faire disparaître de la planète)³.

"La vie ne pouvant aller vers la «gauche» à cause du mur, elle n'a pu qu'évoluer vers la droite, vers plus de complexité⁴." Mais cela ne signifie rien : "Le fameux progrès dans l'histoire de la vie est ainsi un mouvement aléatoire éloignant les organismes de leurs minuscules ancêtres et non une impulsion unidirectionnelle vers une complexité fondamentalement avantageuse⁵."

Gould lutte avec énergie contre toute attribution à l'homme d'une place particulière dans l'Univers (au sommet d'une pyramide de la complexité) : "L'aile droite devait certes exister, mais les créatures qui la composent sont le fruit d'un processus

3. Stephen Jay Gould, *L'Eventail du vivant*, Paris, Seuil, 1997, p. 215-241.

4. *Ibid.*, p. 213.

5. *Ibid.*

totale­ment imprévi­si­ble, par­tiel­le­ment aléa­toire et en­tiè­re­ment con­tingent et ne sont en rien pré­dé­ter­mi­nées par les mé­ca­nismes de l'évo­lu­tion. Re­com­men­cez le jeu de la vie au­tant de fois qu'il vous plaira, en dé­bu­tant près du mur de gauche et en lais­sant la di­ver­si­fi­ca­tion jouer son rôle d'ex­pan­sion, vous ob­ti­en­drez pres­que tou­jours une aile droite ; mais lors de cha­que nou­velle don­née, les oc­cu­pants de la zone de com­plexité ma­xi­male se­ront fan­tas­ti­que­ment dif­fé­rents et to­ta­le­ment inat­ten­dus et l'im­mense ma­jo­rité de vos ten­ta­tives ne pro­duira ja­mais une créa­ture con­sciente. L'être hu­main est un pur pro­duit du ha­sard et non le ré­sultat inéluctable de la di­rec­tion­na­lité de la vie ou des mé­ca­nismes de l'évo­lu­tion⁶."

Certes, tous les darwiniens ne sont pas d'accord avec Gould. Certains attribuent un peu moins de place au hasard et un peu plus à différents facteurs exerçant des contraintes sur l'évolution, mais tous les darwiniens sont d'accord sur un point clé : si l'évolution devait se produire sur une autre planète, elle pourrait là aussi se développer vers une complexité croissante (que ce soit à cause de l'existence du mur de la complexité minimale ou parce qu'il y a quand même quelques vraies tendances qui existent dans l'évolution), mais ce qui est sûr, c'est que les résultats du processus seraient radicalement différents de ceux que l'on connaît sur Terre.

En effet, à partir d'un même point de départ, la première cellule vivante, "l'espace des possibles" est tellement grand et le cheminement dans cet "espace des possibles" étant dû à des phénomènes contingents (les mutations au hasard et la sélection), la probabilité qu'on arrive à un résultat, disons un chien (ou même un canidé quel qu'il soit), n'a pu se réaliser qu'une seule fois dans l'Univers. La probabilité de voir apparaître par des processus darwiniens deux espèces identiques sur deux planètes différentes (même si les conditions climatiques sur ces deux planètes sont proches) est infiniment plus petite que la probabilité que vous puissiez gagner à la loterie deux semaines de suite ! C'est ce qui

6. Stephen Jay Gould, *L'Eventail du vivant*, op. cit., p. 216.

explique la réaction de Michel Morange, biologiste à l'Ecole normale supérieure, quand j'exposais devant lui que la nouvelle théorie de l'évolution prédit que quelque part dans l'Univers il existe des êtres semblables aux êtres existant sur Terre et qu'une simple photo envoyée par un extraterrestre totalement différent de nous mais qui tiendrait un chien dans ses bras, serait une réfutation du darwinisme. "Qu'un chien puisse exister sur une autre planète, c'est justement ce que je ne crois pas !" s'exclama Morange, ce qui est parfaitement logique puisque cela illustre l'essence de la position darwinienne comme nous venons de l'expliquer. Alors que justement, la position non darwinienne va prétendre l'inverse car elle repose sur l'idée que la biologie, à l'image des autres domaines scientifiques, n'échappe pas à l'existence de lois.

Le temps où les pommes étaient capables de voler

Tout au début de l'évolution des arbres fruitiers, les pommes, lorsqu'elles se détachaient de leur pommier, partaient dans une direction strictement aléatoire. Certaines partaient à la verticale et se perdaient dans l'espace, d'autres partaient à l'horizontale et finissaient au bout d'une longue période par tomber dans l'océan ou par s'écraser contre une montagne. D'autres tombaient légèrement en biais et pouvaient prendre racine. Mais le meilleur endroit pour qu'un pommier puisse se reproduire, c'est bien entendu à proximité de l'endroit où il y a déjà un pommier. C'est pourquoi, après des millions et des millions d'années de sélection, seules les pommes ayant comme caractéristique de tomber à la verticale ont survécu. Toutes les autres pommes qui, à cause de leurs caractéristiques, tombaient d'une autre façon, ont été peu à peu éliminées par la sélection naturelle, en commençant par celles qui partaient droit dans l'espace et en finissant par celles qui tombaient légèrement de biais au lieu de tomber à la verticale.

Bien évidemment, personne n'aura cru à ce qui pourrait faire un joli conte pour enfant parce que tous les lecteurs savent qu'il y a des lois dans la nature et que les pommes tombent à la

verticale à cause des lois de la gravitation et non d'un processus de sélection. Ce sont également des lois qui gouvernent les réactions chimiques, l'évolution des galaxies, le fonctionnement du cerveau, le fonctionnement des particules élémentaires, etc. Mais si vous demandez à un biologiste quelles sont les lois qui gouvernent l'évolution, il vous répondra que, justement, la grandeur de la biologie évolutionniste, ce qui la distingue de toutes les autres disciplines scientifiques, c'est que de telles lois n'existent pas ! Et il accusera le scientifique insatisfait de cette situation de n'avoir rien compris au problème.

C'est ce que fait Gould⁷. Il nous dit qu'il est fasciné par le caractère imprévisible des changements qui surviennent au cours de l'évolution au sein des différentes lignées. Il est conscient que cette caractéristique trouble un certain nombre de chercheurs et que ceux-ci ont tendance à minimiser, voire à nier, la contingence et à se concentrer sur des domaines où une éventuelle prédictibilité peut être trouvée, grâce à l'action des lois naturelles. Gould concède ainsi qu'à un niveau général on peut essayer de détecter des lois, comme par exemple la croissance de la complexité, même si lui n'y croit pas. Pour lui, ces chercheurs qui refusent d'admettre que la biologie de l'évolution ne repose pas sur des lois ne l'ont pas bien comprise. Il dit ici, en quelque sorte, à ce type de chercheurs : "Ne venez pas mettre vos pieds dans le pré carré des évolutionnistes. Ce qui fait la beauté de notre discipline c'est que, justement, elle n'est pas régie par des lois." Bien entendu, Gould et les autres darwiniens ne sont pas naïfs, ils reconnaissent que tout n'est pas possible (les forces de gravitation empêcheraient par exemple d'avoir des fourmis de deux mètres de long, car elles se casseraient sous leur propre poids). Mais pour eux il n'existe pas de loi générale qui pourrait éclairer certains aspects précis de l'évolution. Pourquoi devrait-on les croire, alors que, comme j'ai voulu le rappeler avec mon histoire de pommes, tous les autres phénomènes naturels que les sciences

7. Voir Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1714.

étudient sont, eux, gouvernés par des lois générales qui permettent d'expliquer l'essentiel, sinon toutes les constatations effectuées dans les domaines en question ? Ce que nous allons faire dans ce chapitre et les suivants, c'est justement tenter de voir dans quelle mesure on peut effectuer cette recherche de lois dont Gould voudrait nous décourager.

La science-fiction est-elle un complot antidarwinien ?

Comme beaucoup de gens de ma génération, j'ai grandi avec les univers de *Star Trek* et de *Star Wars*. Dans ces films de science-fiction, les héros rencontrent des dizaines voire des centaines d'espèces d'extraterrestres intelligents. Si certains peuvent prendre la forme exotique de nuages conscients ou d'êtres tentaculaires, 90 % au moins d'entre eux sont de bons vieux humanoïdes avec quelques appendices plus ou moins importants greffés par les spécialistes du maquillage. Cela veut dire que pour les auteurs de ces scénarios, l'évolution, sur de nombreuses planètes, a donné naissance à des êtres intelligents bâtis exactement sur le même schéma fondamental que nous. Pour les raisons que nous venons de commencer à expliquer et que nous allons détailler par la suite, c'est sans doute un des plus grands blasphèmes que l'on puisse faire contre le darwinisme. C'est pour cela que je m'étonne que Richard Dawkins et d'autres darwiniens "fanatiques" comme lui, ne se soient pas élevés contre cette "abominable" endoctrinement des enfants avec des idées non darwiniennes et n'aient pas fait moult pétitions pour dénoncer de telles productions. Car l'idée que sur de nombreuses planètes l'évolution donnerait des résultats analogues (qui plus est en ce qui concerne l'espèce la plus intelligente de la planète) est bien plus dangereuse à enseigner aux enfants que les idées créationnistes. En effet, les idées créationnistes tombent d'elles-mêmes à partir du moment où l'on étudie un peu sérieusement les faits existants dans le domaine de la biologie de l'évolution, alors que, justement, si l'évolution de la vie peut donner des résultats identiques sur des planètes

différentes, c'est qu'il y a des lois qui organisent cette évolution. Des lois qui ne sont pas encore connues, mais qui font partie des lois de l'Univers comme celles de la physique ou de la chimie. Et si cela est vrai, les mécanismes darwiniens de hasard et de sélection naturelle ne jouent plus qu'un rôle tout à fait secondaire dans l'évolution, de la même façon que les mutations aléatoires de la météo ne jouent qu'un rôle tout à fait secondaire en ce qui concerne la détermination de la température moyenne en France au cours d'une année, qui dépend elle de l'existence des saisons (*cf.* la métaphore de l'introduction). Voilà pourquoi les films de science-fiction sont bien plus dangereux que les créationnistes pour l'imaginaire darwinien. Tout le problème, c'est que nous n'avons pas reçu, malgré tous les efforts déployés depuis plus de quarante ans par des projets comme le SETI, le moindre signal en provenance d'une civilisation extraterrestre. Un tel signal peut certes arriver demain mais aussi dans deux cents ans, dans deux mille ans ou jamais. Faut-il attendre un hypothétique signal de ce genre pour pouvoir trancher entre les deux grandes alternatives que constituent l'évolution darwinienne livrée à la sélection naturelle et une évolution répétable dépendante de lois naturelles ?

Tous les chemins mènent à l'œil

C'est ici qu'entre en scène Simon Conway Morris, l'un des plus grands paléontologistes actuels. Il occupe la chaire de paléontologie de l'université de Cambridge et il est mondialement connu (et reconnu de tous les spécialistes) pour ses travaux sur la faune de Burgess, site canadien où l'on a retrouvé de nombreuses formes d'invertébrés datant de l'époque du Cambrien, c'est-à-dire d'environ 510 millions d'années. Il s'agit d'un moment crucial de l'évolution, que l'on appelle "l'explosion du Cambrien" et où il semble qu'en 10 millions d'années à peine, se soient mis en place les grands plans d'organisation actuels, les embranchements (on trouve même un ancêtre des vertébrés, *Pikaia*, dans cette faune). L'explosion du Cambrien est d'ailleurs souvent un argument

avancé par les non-darwiniens pour montrer qu'il manque quelque chose à notre compréhension de l'évolution. Pourquoi les grands plans d'organisation existant sur terre aujourd'hui se sont mis en place il y a si longtemps et pourquoi aucun nouvel embranchement n'est-il apparu depuis un demi-milliard d'années ?

L'ironie, c'est que la célébrité de Simon Conway Morris (non pas auprès des spécialistes mais pour le grand public) provient en grande partie de la "promotion" que lui a offerte Stephen Jay Gould dans son livre *La Vie est belle* où il "encense" le travail du paléontologiste. Or, ce dernier tirera de l'étude des documents paléontologiques des conclusions exactement opposées à celles de Gould. Malheureusement, le livre essentiel de Simon Conway Morris⁸ est paru un an après la mort de Stephen Jay Gould, ce qui nous a privés des importantes et passionnantes confrontations qu'ils auraient pu avoir sur ce point. Conway Morris nous dit : "Le consensus actuel est que chaque espèce est le résultat d'un processus dû au hasard et qu'il y a un grand nombre de possibilités, probablement bien plus que le nombre de planètes habitables dans la galaxie. Selon une telle conception, il est très improbable que les habitants d'une planète puissent ressembler à ceux d'une autre planète. Le phénomène de la convergence évolutionniste indique au contraire que le nombre d'alternatives est strictement limité⁹". Qu'est-ce que "la convergence évolutionniste" ? C'est la grande idée de Conway Morris, celle qui nous permettra peut-être de ne pas avoir besoin d'attendre l'arrivée d'une éventuelle photo en provenance d'une autre planète pour trancher la question de savoir si l'évolution est reproductible ou non. Les cas de "convergence évolutionniste" sont ceux où des organes ou des caractères analogues sont apparus indépendamment dans des lignées différentes, organes ou caractères que le lointain ancêtre commun de ces lignées ne possédait pas. Bien entendu, certains cas de convergence n'ont

8. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

9. *Ibid.*, p. 309.

rien d'extraordinaire. Ainsi, il est normal que les requins, les dauphins et les reptiles marins comme les ichtyosaures aient des formes identiques (pour pouvoir nager, il vaut mieux être profilé !). Il est beaucoup moins normal, en revanche, que le calamar et l'homme possèdent les mêmes types d'yeux. En effet, "l'œil caméra", comme on l'appelle, qui est celui de tous les vertébrés, est un organe ayant une structure très spécifique avec le cristallin, l'iris, la rétine. Il existe des types d'yeux très différents (pensez à l'œil à facettes des insectes, voir figure 4.5). Or, l'ancêtre commun des vertébrés et des calamars était dépourvu d'yeux. Si vous n'êtes pas convaincus, sachez que des yeux comme les nôtres se trouvent également, comme vous le montrera la figure 4.2, sur un escargot des mers ou sur une méduse (figure 4.3), et même sur une araignée (figure 4.4).

Cela est d'autant plus étonnant que les méduses n'ont pas de cerveau, que les araignées sont des arthropodes, lesquels possèdent habituellement des yeux incapables de faire des "mises au point" et qui fonctionnent très bien, et leur suffisent pour se développer avec succès, et qu'enfin, de tels yeux semblent bien trop perfectionnés pour l'usage que peut en faire le *Strombus*, le sympathique escargot des mers qui en est pourvu. Comme a pu le dire un spécialiste, "l'usage de ces yeux, pour autre chose que de simples réponses à un stimulus, tâche pour laquelle ils semblent trop perfectionnés, reste un mystère¹⁰". Dix ans plus tard, le mystère semble entier pour d'autres spécialistes : "Nous n'avons pas d'indice concernant la fonction de ces remarquables yeux¹¹".

On assiste ainsi à un complet renversement de perspective. Suivant (encore et toujours) Darwin, qui avait écrit que l'œil l'empêchait de dormir, des générations d'antidarwiniens se sont rués dans cette direction en expliquant que les mécanismes

10. M. F. Land, "Handbook of Sensory Physiology", *Invertebrate Visual Centres and Behaviour I*, vol. 7/6B, p. 471-492.

11. J. R. Cronly-Dillon, R. L. Gregory, *Evolution of the eye and visual system*, Macmillan, 1991, p. 376.



Figure 4.2. L'œil des vertébrés chez un escargot. © D. R.

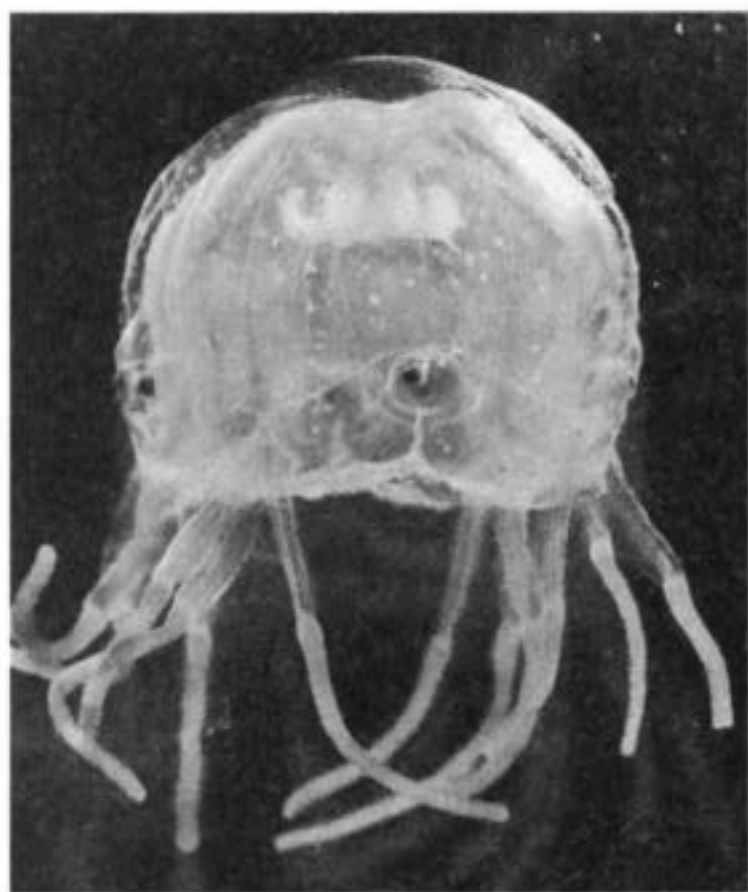


Figure 4.3. L'œil des vertébrés chez une méduse. © Anders Garm.

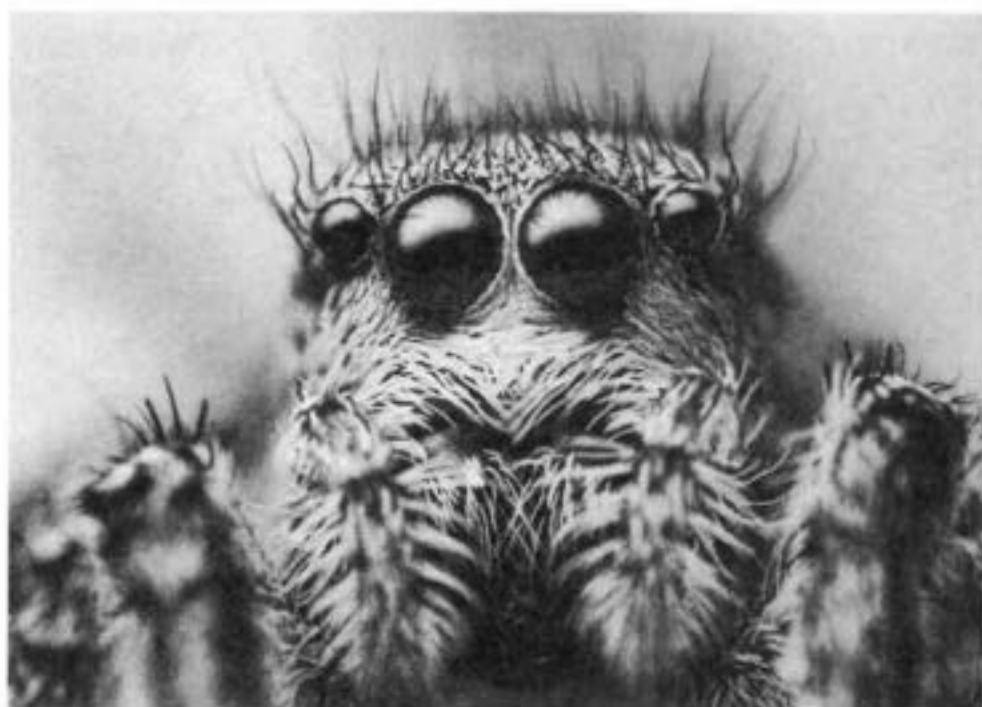


Figure 4.4. Un œil capable de faire des mises au point, comme le nôtre, chez une araignée. © Henri-Pierre Aberlenc.

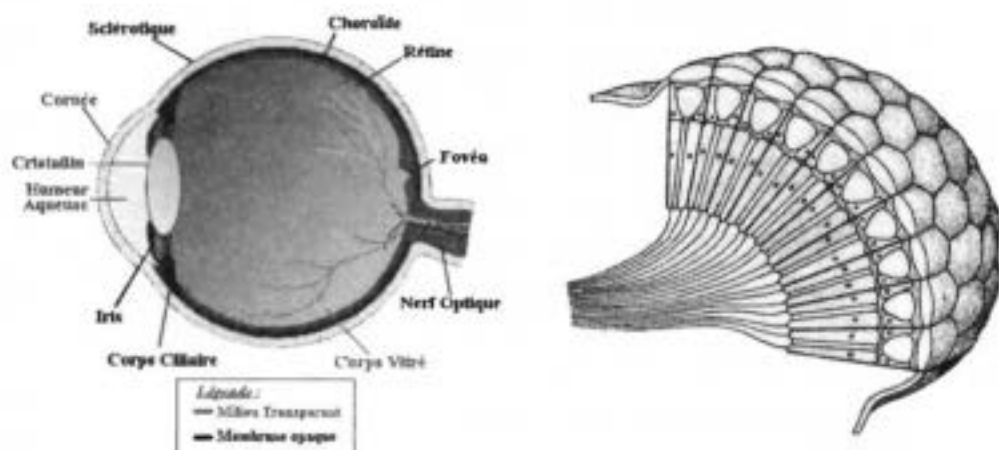


Figure 4.5. L'œil à facettes des insectes et l'œil des vertébrés dont de nombreuses versions sont réapparues indépendamment.
Image de gauche © D. R. Image de droite © Don Mackean.

darwinien ne pouvaient aboutir à la formation d'un organe aussi complexe que l'œil. Or, de nombreux darwiniens, à commencer par Richard Dawkins, n'ont pas eu de mal à montrer qu'il existait toute une série d'étapes intermédiaires entre des

êtres pourvus d'une seule cellule sensible à la lumière et des yeux comme les nôtres, en passant par des cavités remplies de telles cellules mais dépourvues de cristallins. Or ce n'est pas l'apparition de l'œil que la théorie darwinienne peine à expliquer, mais la multiplication des apparitions d'un œil perfectionné ayant la même structure que la nôtre, dans des lignées bien trop primitives pour avoir besoin de quelque chose d'aussi perfectionné. C'est comme si "quelque chose" dans la nature incitait la structure "œil de vertébré" à se manifester, même là où elle ne semble pas nécessaire, dans des phylums où il existe des ancêtres pourvus d'yeux différents donnant toute satisfaction.

La "mammalité" est dans la nature

Passons de l'œil à quelque chose de bien plus général : les mammifères dans leur ensemble. Nous avons tous appris à l'école que les mammifères se caractérisaient par la viviparité (c'est-à-dire le fait de mettre des petits au monde directement et non de pondre des œufs) et par le fait d'avoir le sang chaud. Or, selon certaines estimations, la viviparité est apparue indépendamment des centaines de fois, peut-être bien plus encore (l'inventaire de la biodiversité étant très incomplet, en particulier dans les groupes ovipares où la viviparité se manifeste sporadiquement), chez différentes espèces de poissons, de serpents, d'amphibiens, de scorpions, de coléoptères et de pucerons¹².

Le sang chaud ou endothermie existe également chez les oiseaux ainsi que chez certains poissons, y compris les requins, et même chez des insectes¹³. Il ne s'agit donc pas seulement des yeux à cristallins et rétines. Certains caractères mammaliens tendent eux aussi à se réaliser dans la nature.

12. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, op. cit., p. 220.

13. *Ibid.*, p. 223.

La convergence... dans toutes les directions

Si nous parcourons la biosphère, nous trouverons bien d'autres exemples de convergence. Ainsi, les taupes et les rats taupes ont convergé vers les mêmes formes et les mêmes adaptations, sur tous les continents. Cent cinquante genres différents ont convergé vers des solutions identiques à travers le monde¹⁴. Cela est d'autant plus intéressant que parmi ces cent cinquante genres se trouvent des taupes marsupiales dont l'ancêtre commun avec les taupes européennes ou américaines remonte à plus de 70 millions d'années et n'était, bien sûr, pas une taupe. Certes, cet exemple de convergence massive semble moins perturbant à priori pour le darwinisme classique que le fameux exemple des six apparitions indépendantes d'un œil ayant des structures analogues. C'est simplement l'adaptation, donc la sélection, nous diront les darwiniens, qui a provoqué, dans des conditions identiques l'apparition de résultats identiques. Mais c'est justement un des points que l'on peut opposer au darwinisme classique. Comme le dit Conway Morris "les routes de l'évolution sont nombreuses mais les destinations sont limitées"¹⁵. Une version évolutionniste du fameux "tous les chemins mènent à Rome" ! Si dans des conditions identiques, les mêmes solutions apparaissent partout et toujours, comment les darwiniens peuvent-ils continuer à prétendre que l'évolution est imprédictible et qu'elle est dominée par la contingence ?

Certes, les différentes écoles darwiniennes, de Gould à Dawkins, ne nient nullement l'existence de convergences. Nous avons cité la taupe marsupiale. La comparaison entre marsupiaux et mammifères permet de découvrir de très nombreux exemples de ce type, comme le loup marsupial dont le crâne est, selon les spécialistes, presque indiscernable du crâne d'un loup placentaire vivant dans nos contrées, ou encore le tigre à dents de sabre (marsupial) qui vivait en Amérique du Sud et qui a développé la

14. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, op. cit., p. 139, 141.

15. *Ibid.*, p. 145.

même adaptation que le félin placentaire à dents de sabre qui terrorisait nos ancêtres en Europe. Mais on peut ne voir là qu'une simple convergence de forme bien trop anecdotique pour être porteuse d'une nouvelle vision de la vie. C'est pourquoi il est intéressant de se tourner vers des systèmes extrêmement spécifiques. Personne ne nie que l'écholocation, qui permet aux chauves-souris de voler dans le noir et de repérer leur proie en vol, soit une adaptation tout à fait extraordinaire. On sait que les cétacés ont développé également des mécanismes d'écholocation, même s'ils sont différents. Mais on ignore généralement qu'un oiseau, la salangane, un cousin asiatique éloigné du martinet, a lui aussi développé un système d'écholocation pour pouvoir circuler dans les grottes obscures où il vit.

Le fait que certaines anguilles puissent émettre un courant électrique pour se défendre d'un prédateur est une curiosité de la nature. De telles anguilles proviennent d'Amérique du Sud, mais il existe un poisson d'Afrique, le mormyrid, absolument pas apparenté aux anguilles, qui a convergé avec un système tout à fait différent (il émet un courant de façon alternatif alors que celui de l'anguille est continu) vers la même extraordinaire capacité.

Dans l'Arctique, les morues ont besoin de synthétiser une protéine particulière pour empêcher la formation de cristaux de glace dans leurs cellules, étant donné les eaux extrêmement froides dans lesquelles elles vivent. Mais en Antarctique, un groupe de poissons différents, les *Notothenioides*, produisent les mêmes protéines anti gel, et cela alors que les gènes responsables de la production de ces protéines sont complètement différents.

L'équilibre des vertébrés est possible grâce à un système très sophistiqué, celui des canaux semi-circulaires de notre oreille interne. Mais certains crabes ont également développé de tels canaux, leur permettant de garder l'équilibre lors de déplacements rapides (il s'agit de crabes qui nagent et qui ont besoin de s'orienter en trois dimensions).

Le comportement peut lui aussi donner lieu à de telles convergences. Tout le monde a entendu parler de l'extraordinaire

fonctionnement des colonies d'insectes sociaux, fourmis, termites ou abeilles, divisés en castes effectuant des tâches spécifiques (ouvriers, soldats) et regroupés autour d'une reine, seule autorisée à avoir une descendance¹⁶. Quelle ne fut pas la surprise des scientifiques de découvrir, dans les années quatre-vingt, qu'une espèce de rats taupes nus, le *Heterocephalus*, avait le même comportement, que l'on appelle l' "eusocialité". Là aussi, les colonies sont regroupées autour d'une reine, avec différentes castes dont celles des travailleurs qui effectuent des travaux coordonnés pour creuser les terriers. Cette espèce de rats taupes vit en Somalie mais à des milliers de kilomètres de là, en Namibie, une autre espèce de rats taupes, les *Bathyergides*, a développé le même comportement¹⁷. Mieux encore, une espèce de crevettes, dans les récifs coralliens australiens, a également développé le même comportement, que l'on pensait propre aux insectes.

La convergence peut également permettre à une fonction d'en suppléer une autre, si celle-ci vient à manquer. La plupart des taupes sont aveugles, mais il existe une espèce de taupes qui a développé un extraordinaire nez en étoile constitué de vingt-deux tentacules portant au total près de vingt-cinq mille micro-récepteurs. Cet organe extraordinaire ne sert pas à la taupe pour sentir mais pour "voir". La preuve en est que les zones du cortex contrôlant cet organe chez la taupe sont parallèles aux zones qui correspondent à la vision chez les mammifères. Les moustiques, eux, peuvent "entendre avec leurs antennes". Enfin, il est envisageable que le fameux rat taupe nu, dépourvu de moustaches, puisse "voir"... avec ses dents. En effet, une partie importante de son cerveau, normalement utilisée pour la vision, est reliée à ses dents proéminentes qui sortent de sa bouche et dont la sensibilité pourrait lui servir de détecteur, lui qui est également aveugle.

16. Comme je l'ai mentionné au chapitre 3, certaines colonies peuvent avoir de nombreuses reines.

17. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, op. cit., p. 142, 144.

L'apparition de l'homme était-elle inévitable ?

Toutes ces belles histoires de convergence sont certes fascinantes, mais ne forment-elles pas un ensemble disparate ? En quoi peuvent-elles nous aider à mieux comprendre la nature profonde de la vie et de l'évolution ? En fait, elles sont essentielles car ce sont elles qui vont permettre de renverser les conceptions classiques exprimées par tant de darwiniens, et particulièrement par Stephen Jay Gould, qui écrit : "La vie ne peut en aucune façon avoir eu pour sens de préparer notre venue. Nous ne sommes peut-être qu'un rajout imprévu, une sorte d'accident cosmique, une babiole sur l'arbre de Noël de l'évolution¹⁸."

Qu'est-ce qu'un homme ? C'est un être vivipare, à sang chaud, bipède, pourvu d'un gros cerveau, intelligent, ayant le concept de "soi" (capable de se reconnaître dans la glace), faisant des vocalisations et les utilisant pour communiquer grâce à un langage ou pour faire de la musique, utilisant par ailleurs des outils, ayant également développé l'agriculture et acquis le concept de "jeux", c'est-à-dire de distractions n'ayant pas de but utilitaire. Toutes ces caractéristiques réunies dans un même individu, n'est-ce pas le signe d'une situation extraordinaire qui, selon les critères darwiniens, n'a pu apparaître que par un invraisemblable concours de circonstances ?

Regardons encore une fois autour de nous. Nous avons déjà vu que la viviparité et l'endothermie étaient apparues maintes fois en dehors des mammifères.

La bipédie

Si nécessaire pour pouvoir manier des outils, cette caractéristique n'est pas le propre de l'homme. Les kangourous, certains dinosaures dont le terrible tyrannosaure, ainsi qu'un autre mammifère placentaire, le rat kangourou de Fresno en Californie, en sont la preuve. Certes, tous ces animaux n'ont pas développé de mains, mais contrairement aux oiseaux dont les membres

18. Stephen Jay Gould, *La Vie est belle*, Paris, Seuil, 1991, p. 41.

antérieurs se sont “noyés” dans les ailes, les membres antérieurs de tous ces animaux sont potentiellement “disponibles” pour une future évolution.

Un gros cerveau

Certes, notre cerveau est de loin le plus gros (par rapport à la taille de notre corps) de tous les êtres vivants. Mais sait-on que jusqu'à à peu près 1,5 millions d'années, c'est le dauphin qui avait le plus gros cerveau par rapport à la taille de son corps ? Il a en effet fallu attendre l'apparition de *l'Homo erectus* pour que la branche de l'évolution qui mène à nous conquière la première place dans ce domaine. On constate une “poussée” vers un gros cerveau, non seulement chez les primates et chez les cétacés, mais aussi dans de nombreuses autres classes que les mammifères. Ainsi, les pieuvres ont-elles un très gros cerveau par rapport aux autres mollusques. C'est également le cas de certains poissons comme notre poisson électrique, le mormyrid, ou de certains oiseaux. Bref, une tendance à aller vers les gros cerveaux existe également dans la nature.

L'intelligence

Le fait que cette tendance soit accompagnée d'un progrès de l'intelligence n'est pas une surprise. Ainsi, les pieuvres sont-elles capables d'effectuer des actions sophistiquées, comme ouvrir le couvercle d'un bocal avec leurs tentacules pour en extraire une proie, mais surtout elles ont la capacité d'apprendre. Une pieuvre qui mettra douze minutes pour sortir d'un labyrinthe n'en mettra plus qu'une à la deuxième tentative. Elle peut aussi apprendre en regardant une autre personne effectuant un geste, par exemple ouvrir un bocal. Le développement de l'intelligence collective chez les insectes sociaux est également un cas de convergence fascinant. Mais cela va au-delà car, comme l'a montré le prix Nobel de médecine von Frisch, une abeille *individuelle* est capable de donner des indications extraordinairement précises sur les fleurs qu'elle vient de découvrir. Elle est capable d'indiquer la direction, en montrant l'angle par rapport au soleil, la distance en

fonction de la fréquence de sa danse, et même la qualité du nectar (sa richesse en sucre) qu'elle vient de découvrir. En la suivant dans son vol, les autres abeilles s'imprègnent de l'information et peuvent à leur tour partir directement effectuer la récolte au lieu de se lancer dans une longue et incertaine quête aléatoire.

Concept de soi

Les chimpanzés et les dauphins sont capables de reconnaître leur image dans une glace. Comment le sait-on ? Tout simplement en appliquant une tâche de couleur sur leur tête. Lorsque ceux-ci se revoient dans la glace, ils comprennent tout de suite que "quelque chose ne va pas".

Vocalisation et musique

Certes, personne ne peut prétendre que les oiseaux apprécient la musique qu'ils font, néanmoins la complexité de cette musique en termes d'inversion, de relations harmoniques, de changement de clé dans une mélodie, présentent de très nombreuses similarités avec la musique humaine. Des similarités existent également au plan neurologique en ce qui concerne les zones du cerveau consacrées à ces activités. Plus étonnant encore, non seulement les baleines sont capables de chanter (des chants d'ailleurs inférieurs en complexité à ceux des oiseaux et des humains) mais, chose extraordinaire, on a observé des changements culturels dans le chant des baleines. En effet, l'arrivée d'une baleine en provenance d'une autre partie de l'océan a modifié les chants d'une communauté de baleines vivant au large de l'Australie, un phénomène qui jusqu'ici n'avait été observé que chez l'homme¹⁹.

Le langage

Alex : "Tu es bonne avec moi." Irene : "Je t'aime." Alex : "Moi aussi, je t'aime, seras-tu là demain ?" Irene : "Oui, je serai là demain."

19. Michael J. Noad, Douglas H. Cato, M. M. Bryden, M.-N. Jenner, Curt S. Jenner, "Cultural revolution in whale songs", *Nature*, 408, 537, 30 novembre 2000.

Malheureusement le lendemain, Alex était mort, mettant fin à une histoire d'amour qui avait duré plus de trente ans. Il fut autopsié et la cause de sa mort resta inexplicquée. Irène ne se remit jamais de la mort de son perroquet. Je parle d'Irene Pepperberg, célèbre psychologue de l'université de Harvard, et d'Alex, un perroquet gris africain surdoué. Le dialogue ci-dessus est authentique, car Alex avait un vocabulaire de cent cinquante mots et comprenait de nombreux concepts. Il savait compter jusqu'à 6, additionnant les nombres avec son bec, et était en train d'apprendre le concept de 7 quand il est mort. Loin de répéter "comme un perroquet", il montrait clairement qu'il était capable de comprendre ce qu'il disait et pouvait répondre à des questions portant sur la différence entre deux objets pour indiquer celui qui était le plus gros ou le plus petit et s'ils étaient identiques ou différents. Irene Pepperberg estimait que son intelligence était proche de celle d'un enfant de 5 ans. Son exemple nous montre qu'il n'y a pas que les chimpanzés et les dauphins auxquels l'homme peut apprendre différentes sortes de langage. Ce cas est encore plus extraordinaire car chimpanzés et dauphins ne peuvent pas vocaliser comme nous tandis qu'ici, l'expérimentatrice était confrontée à un perroquet qui, lorsqu'il était fatigué, pouvait la regarder en lui disant "Je veux rentrer"²⁰.

Le jeu

Certes, nous avons tous vu des chats jouer avec une pelote de laine et quelques autres objets, mais je vous conseille vivement de regarder une vidéo disponible sur Internet²¹. On y voit des dauphins dans un aquarium jouer à créer des bulles d'air en forme de chambres à air et non de simples bulles et se mettre à jouer avec ces bulles lorsqu'elles se propagent dans l'eau. C'est

20. Si vous voulez en savoir plus sur ce cas extraordinaire, vous pouvez aller sur le site de la fondation dédiée à la mémoire d'Alex, <http://www.alexfoundation.org>. Sa mort fut annoncée dans de grands journaux internationaux, à la page habituellement réservée aux décès de personnalités.

21. <http://www.youtube.com/watch?v=TMcf7SNUb-Q&hl=fr>.

un comportement de jeu infiniment plus évolué que celui d'un chaton ou d'un chiot.

L'usage des outils

Bien entendu, l'homme est totalement inégalable dans ce domaine, mais de nombreux travaux ont montré que les chimpanzés et les bonobos pouvaient mettre en place des stratégies sophistiquées utilisant des outils, telles que casser un caillou pour le rendre tranchant, puis couper avec le caillou la corde retenant la nourriture pour que cette dernière tombe par terre et puisse être mangée. Au vu des performances d'Alex, vous ne serez sans doute pas surpris d'apprendre que certains corbeaux sont capables de fabriquer et de se servir de crochets pour effectuer des tâches correspondant aux tâches les plus complexes dont sont capables les chimpanzés.

L'agriculture

Si je vous parle de l'agriculture chez les fourmis, vous allez croire que j'exagère. Et pourtant les fourmis *Atta* effectuent toutes les tâches d'un fermier classique. Tout d'abord, elles vont collecter des morceaux de feuilles beaucoup plus gros qu'elles et les ramener au nid. Cela nous vaut des images étonnantes de sols recouverts d'un tapis de feuilles qui bougent. Mais ces feuilles, les fourmis ne les mangent pas. Elles vont les utiliser pour cultiver un champignon qui va pousser dessus. Pour cela, les feuilles doivent être préparées, la couche externe retirée, puis elles sont lacérées, ce qui permet ensuite au champignon de se développer et de digérer la cellulose, ce que les fourmis ne peuvent faire. Elles se nourriront ainsi du champignon, mais pour cela, une maintenance sévère est nécessaire : non seulement se débarrasser des parties des plantes qui seraient infectées, mais plus encore, appliquer des fertilisants sous la forme d'excréments, et surtout des antibiotiques naturels équivalant à une forme d'herbicide qui permet de lutter contre les parasites qui pourraient détruire leurs cultures. Je ne décris ici que de façon très partielle la complexité des activités de ces fourmis, qui incluent également l'application d'autres produits

chimiques sécrétés par les fourmis elles-mêmes. Il est à noter, alors que les fourmis pratiquent ces cultures depuis des millions d'années, que les antibiotiques naturels dont elles se servent sont toujours efficaces, alors que les antibiotiques que nous utilisons deviennent inefficaces en quelques décennies, parfois moins, car les bactéries développent une résistance envers eux. Nous aurions peut-être quelque chose à apprendre de la façon dont ces fourmis ont réussi à conserver pendant aussi longtemps l'efficacité de leurs antibiotiques. Peut-être en usent-elles avec beaucoup plus de parcimonie que nous ?

On pourrait aussi parler d' "élevage" à propos de la façon dont certaines fourmis utilisent des pucerons.

Ne vous méprenez pas sur mes propos. Je ne cherche pas à vous démontrer que l'homme est un animal juste un peu amélioré. Bien entendu, les réalisations de l'humanité sont absolument uniques. Mais ce que nous montre cette analyse, c'est que toutes les différentes composantes que l'on retrouve ensemble chez l'être humain et uniquement chez lui, ont une très forte probabilité d'apparition puisqu'elles sont convergentes.

A partir du moment où, comme nous l'avons vu, la viviparité, le sang chaud, la bipédie, les gros cerveaux, l'intelligence, la capacité de faire de la musique, la capacité de se reconnaître dans la glace, le développement d'un langage, voire même d'un langage parlé comme le nôtre, la confection d'outils rudimentaires et le développement de l'agriculture (si vous n'avez pas été convaincu par mon exemple des fourmis, sachez que les termites ont également développé une telle agriculture), sont apparus plusieurs fois, on ne voit vraiment pas au nom de quoi on pourrait, comme le font Gould et les autres darwiniens, affirmer que l'être humain ou "quelque chose" présentant des caractéristiques analogues, n'aurait aucune chance de réapparaître si l'on devait recommencer l'évolution sur une planète équivalente à la nôtre. Les arguments en faveur de cette répétitivité de l'évolution sont incroyablement nombreux, et nous n'en avons développé ici qu'une partie, la moins technique. Prenons, par

exemple, l'affirmation de George Beadle : "Même la probabilité de voir un organisme évolué avec un système nerveux comme le nôtre est, je pense, extrêmement faible étant donné le grand nombre des alternatives²²." Un élément important de notre système nerveux est la pompe à sodium qui fournit la polarisation membranaire nécessaire à la propagation des potentiels et donc à la transmission du signal le long du nerf. On dit généralement que ce mécanisme extrêmement sophistiqué de la pompe à sodium est unique chez les animaux, étant d'abord apparu chez les invertébrés comme les méduses, avant d'évoluer chez les animaux supérieurs. Pourtant, le système de la pompe à sodium est également apparu chez les éponges, des animaux dépourvus de système nerveux. Le transport de sodium a également été trouvé dans des bactéries où il joue divers rôles. En d'autres termes, l'existence d'un composant essentiel du système nerveux est convergent, et a été "disponible" avant l'apparition du système en question.

Les êtres vivants comme "propriétés biologiques" de la nature

Bien entendu, cela ne veut pas dire que *tout* converge vers l'homme. Le même raisonnement que nous avons développé pour l'homme peut aussi s'appliquer, de façon moins détaillée, aux insectes. Ainsi, l' "insectitude" comme la "mammalité" sont des caractéristiques prévisibles de la nature, des propriétés biologiques pourrait-on même dire. Mais cela renverse complètement la vision classique si répandue, selon laquelle, si une énorme météorite ne s'était pas écrasée sur Terre il y a soixante millions d'années, contribuant à faire disparaître les dinosaures, nous ne serions jamais apparus. En effet, il aurait suffi d'attendre quelques millions d'années pour qu'une période glaciaire se développe, favorisant des petits animaux vivipares à sang chaud, qui

22. George Beadle, *The Place of Genetics In Modern Biology*, Boston, MIT Press, 1959, p. 20.

auraient un jour fini par évoluer vers un être bipède à gros cerveau, etc. Comme le dit Simon Conway Morris, "si nous n'avions pas émergé en tant qu'espèce cérébrale, à un certain moment de l'évolution et, probablement, plus tôt que nous ne l'imaginons, une autre espèce l'aurait fait. En ce sens, les humains sont une propriété biologique de la nature, inhérente depuis au moins la période du Cambrien, si ce n'est avant²³". Il est tout à fait extraordinaire de voir un paléontologiste de ce niveau affirmer que, d'une certaine façon, quelque chose comme nous était prédictible depuis le Cambrien et continuer en disant : "Les mammifères et les singes (ou toute autre entité biologique) sont apparus par le biais de trajectoires historiques spécifiques, mais dans ces cas (et dans beaucoup d'autres), les convergences variées en direction des mammifères et les singes, que nous avons rassemblés ici, indiquent que si chaque histoire est nécessairement unique, les formes complexes que l'on trouve au bout de ces processus, ne sont pas simplement le résultat d'événements locaux et aléatoires. Sur toute autre planète aux caractéristiques équivalentes, je suggère que nous trouverons des animaux très proches des mammifères, et des mammifères très proches des singes. Non pas identiques, mais similaires, peut-être étonnamment similaires²⁴." Ou, comme le dit de façon plus simpliste Robert Bieri : "Si jamais nous réussissons à communiquer avec d'autres êtres intelligents à travers l'espace, ce ne seront pas des sphères, des pyramides, des cubes, ou des crêpes. Selon toute probabilité, ils auront l'air aussi affreux que nous-mêmes²⁵."

Nous voyons donc que nous pouvons répondre positivement à la question posée par ce chapitre. Finalement, derrière le manque d'imagination ou de moyens des scénaristes de science-fiction, se cache sans doute une grande vérité. Il est probable que maints extraterrestres, s'ils existent, ont la même tête que nous

23. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, *op. cit.*, p. 260.

24. *Ibid.*, p. 308.

25. Robert Bieri, "Humanoids on Other Planets?", *American Scientist*, vol. 52, 1964, p. 452-458.

ou presque. Pour arriver à cette conclusion, nous n'avons pour le moment rien fait de révolutionnaire. Nous n'avons pas postulé d'autres mécanismes que les mécanismes darwiniens. Nous avons simplement regardé des faits connus concernant la nature, sous un autre angle, et nous sommes parvenus à un renversement complet de perspective. Cela est d'autant plus étonnant que nous n'avons, pour l'instant, utilisé que la paléontologie ou l'anatomie comparée. Dans les deux chapitres suivants, la chimie et la biochimie vont nous permettre d'aller encore beaucoup plus loin.

Chapitre 5

Dieu joue aux dés... parce qu'il est sûr de gagner

L'apparition de la vie était-elle inévitable ?

L'origine de la vie est l'un des plus grands mystères auquel la science ait à faire face. C'est une illustration typique du problème de savoir qui était le premier, de l'œuf ou de la poule. La vie est basée sur des acides nucléiques, l'ADN et l'ARN, capables de se répliquer. Mais une telle réplication nécessite l'existence de protéines. Or, les protéines ne peuvent se répliquer que parce que leur séquence d'acides aminés est codée dans l'ADN. Alors, comment est-on passé des composants disponibles dans la nature à un premier système capable de s'autorépliquer ? En 1953, on a cru qu'un pas important avait été franchi par Stanley Miller et Harold Urey. Ils ont enfermé de l'eau, du méthane, de l'ammoniaque, de l'hydrogène dans un ballon stérile qui fut chauffé et dans lequel des électrodes permettaient d'envoyer des chocs électriques. Ils obtinrent facilement la majorité des acides aminés qui sont utilisés pour fabriquer des protéines dans les cellules des organismes vivants. Mais il y avait deux failles importantes dans cette expérience. Tout d'abord, l'atmosphère primitive de la Terre était très riche en gaz carbonique et dans une telle atmosphère, l'expérience de Miller ne marche pas. Par ailleurs, il y a un gouffre entre obtenir des acides aminés et obtenir un acide nucléique comme l'ADN, par des processus naturels.

On se concentra alors sur l'ARN car Thomas Cech a démontré que certains ARN pouvaient avoir quelques capacités catalytiques,

c'est-à-dire qu'ils pourraient aider à leur propre réplication. Cech obtint le prix Nobel de médecine en 1989, et les scientifiques se passionnèrent pour l'existence d'un "monde de l'ARN" composé de molécules d'ARN capables de s'autoréplicuer, système qui se serait par la suite "amélioré" avec l'arrivée des protéines permettant de catalyser de façon plus efficace la réplication des ARN primitifs ; puis serait apparu le système actuel dans lequel le double brin d'ADN se réplique grâce à l'ARN et aux protéines. Néanmoins, un tel schéma pose, là aussi, un double problème : celui de la formation de la première molécule d'ARN, puis celui de la réplication de l'ARN, la très grande majorité des ARN n'étant pas doués de propriétés catalytiques utiles.

Toute une série d'hypothèses ont été proposées. Certains, comme Alexander Cairn-Smith, ont proposé que le support physique ayant servi à l'apparition de la vie était en fait l'argile, qui est un bon catalyseur. Gunther Wächtershäuser propose, lui, un sulfure de fer, la pyrite, comme origine. Pour Christian de Duve, prix Nobel en 1974 pour ses travaux sur la structure de la cellule, ce sont les thioesters (composés de soufre) qui auraient permis d'obtenir les premiers ARN. Il n'entre pas dans le but de cet ouvrage de faire un point complet sur cette épineuse question. Le lecteur intéressé se reportera à l'ouvrage de Robert Shapiro : *L'Origine de la vie*¹. Il découvrira alors à quel point le problème est complexe et loin d'être résolu.

Les lecteurs de ce livre comprendront aussi pourquoi un homme aussi rationaliste que Francis Crick, prix Nobel de médecine, codécouvreur de l'ADN, est allé jusqu'à proposer sérieusement une théorie de la panspermie dirigée, selon laquelle les premières cellules vivantes sur Terre auraient été déposées par un vaisseau extraterrestre, peu de temps après la formation de notre planète. Bien entendu, cela ne fait que reculer le problème car cela ne dit pas comment la vie est apparue sur la planète des extraterrestres qui l'ont, par la suite, envoyée sur la terre. Mais il

1. Robert Shapiro, *L'Origine de la vie*, Paris, Flammarion, coll. "Champs", 1999.

est symptomatique qu'un homme connu pour son rationalisme ait pu soutenir une telle hypothèse.

En effet, la Terre est âgée d'à peu près 4,5 milliards d'années et n'était à ses débuts qu'un magma en fusion. Les roches les plus anciennes sont datées de 3,85 milliards d'années. Or, les premières traces de vie bactérienne remontent à 3,55 milliards d'années. Même si 300 millions d'années peuvent sembler une durée immense à l'échelle humaine, c'est beaucoup trop court pour que se produise par hasard un événement comme l'apparition de la première molécule d'ARN. Ainsi, certains scientifiques comme Jacques Monod postulent que l'origine de la vie est due à un hasard incroyable, un événement quasi miraculeux qu'il a résumé dans une phrase célèbre : "L'Univers n'était pas gros de la vie²." D'autres, à commencer par les tenants de l'*intelligent design*, diront que puisqu'il faut postuler un miracle, autant attribuer ce miracle à l'action d'un créateur ayant "arrangé" les rencontres nécessaires entre les molécules pour que la première cellule vivante apparaisse. Il existe une autre voie que détaille Christian de Duve.

On peut certes imaginer qu'un événement totalement improbable se produise un jour par hasard. Par exemple, vous jouez au bridge pour la première fois de votre vie, vous distribuez les cartes et une donne "miraculeuse" apparaît : tous les cœurs étant entre les mains d'un joueur, tous les carreaux entre les mains d'un autre, le troisième ayant tous les trèfles et le dernier, tous les piques. Mais le problème, c'est que quels que soient les scénarios élaborés pour l'origine de la vie, ce n'est pas d'un événement extrêmement improbable dont on a besoin, mais de toute une série, l'apparition de la vie nécessitant, quel que soit le scénario considéré, une longue succession d'étapes. Cela signifie que chacune des étapes qui ont existé doit avoir été très probable, c'est-à-dire que la probabilité qu'elle se produise était très importante dès que les conditions nécessaires existaient. Et cela d'autant plus que les processus en cause sont de nature chimique et que les

2. Jacques Monod, *Le Hasard et la Nécessité*, Paris, Seuil, 1970, p. 161.

phénomènes chimiques sont hautement déterministes et reproductibles. C'est pour que de Duvé considère "la vie comme ayant dû obligatoirement naître dans les conditions physico-chimiques qui ont entouré son émergence"³. Reste bien entendu à déterminer quelles sont ces réactions si "pratiques" qu'elles doivent s'enchaîner pour que la vie puisse apparaître à l'arrivée. Christian de Duvé a fait, dans divers ouvrages, des efforts méritoires pour proposer des chemins possibles⁴. Mais, comme nous l'avons vu, il n'est pas le seul et il sait bien qu'il ne s'agit là que d'hypothèses. S'il existait un processus si "évident", comment se fait-il qu'on ne puisse pas le trouver avec nos moyens actuels, sachant que, par définition, les matériaux de base ayant servi à générer les composants de la vie étaient forcément relativement simples dans la soupe primitive des océans de l'époque prébiotique ?

Petit intermède sur l'intelligent design

L'autre hypothèse que fait de Duvé, c'est que la vie s'explique uniquement de façon naturelle. C'est une hypothèse très raisonnable, mais ce n'est qu'une hypothèse. Et de Duvé, contrairement à bien d'autres scientifiques, en est conscient, comme le montre le passage suivant : "La science est fondée sur le naturalisme, notion selon laquelle toutes les manifestations ayant cours dans l'Univers sont explicables par l'intermédiaire des lois connues de la physique et de la chimie. Cette notion représente la pierre angulaire de l'entreprise scientifique. Et nous pouvons fermer nos laboratoires si nous n'y souscrivons pas ! Si nous partons de l'hypothèse selon laquelle ce que nous étudions n'est pas explicable, nous éliminons la recherche scientifique en elle-même. Contrairement à l'opinion exprimée par certains scientifiques, cette nécessité logique n'implique pas que le naturalisme doive être accepté comme un *a priori* philosophique, une doctrine ou

3. Christian de Duvé, *A l'écoute du vivant*, Paris, Odile Jacob, 2002, p. 74.

4. *Ibid.*, p. 75, 105 ; *Poussières de vie*, Paris, Fayard, 1996, p. 47-102.

une croyance. Tel qu'employé en science, il s'agit d'un postulat, une hypothèse de travail souvent qualifiée de naturalisme méthodologique par des philosophes pour cette raison, postulat que nous devrions être prêts à abandonner si nous étions confrontés à des faits ou à des événements qui défient chaque tentative d'explication d'ordre naturaliste⁵." De Duve est un grand adversaire de l'*intelligent design* mais sur un certain plan, il donne raison à Michael Behe... et à Darwin. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, l'essentiel de l'œuvre de Darwin consistait à tester deux hypothèses : les espèces sont apparues en dérivant les unes des autres de façon naturelle, ou les espèces ont été créées séparément par un concepteur intelligent. Et bien entendu, Darwin conclut en faveur de la première hypothèse. Michael Behe⁶, la figure de proue de l'*intelligent design*, pose exactement la même question en ce qui concerne l'origine de la cellule et des mécanismes biochimiques sur lesquels repose son fonctionnement. Il affirme tout d'abord que ces mécanismes sont d'une "complexité irréductible". Un système est irréductiblement complexe s'il est composé de plusieurs éléments et qu'il ne peut plus fonctionner si l'on retire l'un d'entre eux. La rotation du flagelle d'une bactérie qui fait appel à un véritable rotor et le processus de la cicatrisation sanguine, sont deux des exemples favorisés de Behe. A partir du moment où ces systèmes sont irréductiblement complexes, ils n'ont pas pu apparaître par un mécanisme darwinien de mutation et de sélection se déroulant, étape par étape, sur de longues périodes. Mais puisqu'il est impossible qu'un tel système complexe se mette en place "d'un bloc", par hasard, il faut alors postuler qu'un concepteur intelligent l'ait produit. Encore une fois, il s'agit de la même question que posait Darwin, mais la réponse, à un autre niveau, celui de la biochimie, est en faveur de la deuxième hypothèse.

5. Jean Staune (dir.), *Science et quête de sens*, Paris, Presses de la Renaissance, 2005, p. 55.

6. Michael Behe, *La Boîte noire de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009.

Inutile de vous dire que cet ouvrage créa un énorme scandale et des débats qui, treize ans après sa parution, enflamment encore l'Amérique. Les darwiniens réagirent en ressortant leur argument "magique", le "transfert de fonction", l'idée étant que si un système complexe est composé de vingt éléments différents mais que l'on trouve dans d'autres organismes vivants un système composé de douze de ces éléments et un autre système composé des huit éléments restants servant tous deux à d'autres fonctions, il est logique de penser que ces deux systèmes ont un jour fusionné par hasard pour produire le système à vingt éléments dont Behe et les tenants de l'*intelligent design* soutiennent qu'il est irréductiblement complexe. Mais pour que la démonstration soit convaincante, il faut bien sûr aussi expliquer comment se sont formés les systèmes à huit et à douze éléments qui, eux non plus, ne fonctionnent pas si l'on retire un ou deux des éléments qui le composent.

On peut dire que d'une certaine façon, les darwiniens doivent beaucoup à Michael Behe, car son livre a produit un véritable électrochoc, les poussant à multiplier les recherches dans ce domaine. Ken Miller est l'un de ceux qui a le plus travaillé à démonter (au propre et au figuré) les systèmes irréductiblement complexes de Behe⁷. C'est un débat extrêmement technique, et je n'ai pas les compétences nécessaires pour trancher dans chacun des cas. Les darwiniens ont certainement raison en différentes occasions, mais ce que nous avons vu au chapitre 3 doit nous amener à la prudence, comme dans le cas du crapaud accoucheur, où l'explication darwinienne est crédible, et du phacochère et de l'autruche, où l'explication darwinienne ne l'est pas du tout. Ce n'est pas parce que les darwiniens ont expliqué, de façon crédible, l'apparition d'un système biochimique, que tous les systèmes biochimiques sont apparus par des processus darwiniens. Pour d'autres systèmes, il est presque certain que les darwiniens ont recours à leur péché mignon, c'est-à-dire à la belle histoire.

7. Voir son ouvrage *A la recherche du Dieu de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009, chapitre 5.

Mais si je parle des tenants de l'*intelligent design*, ce n'est pas pour essayer de déterminer lesquels des systèmes qu'ils mettent en avant peuvent être apparus par des processus darwiniens et quels sont ceux qui n'ont pas pu apparaître ainsi. Nous avons vu, au chapitre 3, à quel point on pouvait trouver des limites à la valeur explicative des processus darwiniens et dans certains cas, les tenants de l'*intelligent design* ne font que reprendre les critiques avancées... par l'école non darwinienne française, c'est-à-dire par Grassé, Chauvin, Dorst et Schutzenberger ! Si j'en parle ici, c'est pour montrer en quoi ils se trompent dans leur déduction. Le raisonnement de l'*intelligent design* est le suivant :

- 1) Il y a toute une série de systèmes complexes ou d'organismes vivants dans la nature qui ne peuvent pas avoir été formés, étape par étape, par des processus darwiniens d'essais et d'erreurs (je suis tout à fait d'accord, même si la liste exacte de ces systèmes reste à définir, ce qui constitue d'ailleurs un intéressant programme de recherches pour les futures générations de biologistes).
- 2) Pour que ces systèmes aient pu se former, il a fallu qu'une coordination existe dans la nature, qu'un non-hasard se manifeste puisque les processus basés sur le hasard et la sélection ne peuvent pas tout expliquer (je suis parfaitement d'accord).
- 3) Donc, cela implique qu'un concepteur intelligent soit à l'origine de ces systèmes. (Je ne suis pas du tout d'accord avec ce dernier point, car ici on se trouve en face de la même confusion que celle qui est faite par les tenants de "l'*intelligent climate*" sur l'hypothétique planète dont j'ai parlé en introduction. Certes, sur une année – en temps de la planète en question – l'évolution de la température sur une planète n'est pas due au hasard, mais le fait qu'il y ait quelque chose qui coordonne le climat n'implique en aucune façon que cette coordination soit due à l'action directe d'une intelligence.)

En fait, les tenants de l'*intelligent design* et les néodarwiniens font exactement la même erreur, celle de croire que l'on

connaît l'ensemble des lois de la nature qui régissent l'évolution des êtres vivants. Or, il y a seulement cinquante ans que la découverte fondamentale permettant de commencer à comprendre les mécanismes du vivant, celle de l'ADN, a été effectuée. On pourrait donc dire que la biologie est dans la situation équivalente à celle où se trouvait l'astronomie cinquante ans après la parution des *Principia* de Newton. Comme nous le savons, deux cents ans après Newton, tout a changé et une vision incroyablement différente, plus complexe et plus subtile, s'est imposée avec la relativité d'Einstein. Comment ne pas imaginer que dans cinquante ou cent ans, il sera également possible de faire une découverte qui bouleversera nos conceptions de la vie ? Il est bien présomptueux de prétendre que cinquante ans seulement après le véritable début de notre compréhension des mécanismes moléculaires du vivant, nous sommes certains qu'un bouleversement comparable à celui qu'ont connu l'astronomie mais également la physique (avec la physique quantique), ne va pas se produire. Et ce d'autant plus que les nombreux faits que nous avons décrits jusqu'ici parlent tous en faveur de l'existence de "quelque chose" d'autre, d'un niveau de coordination plus profond qui pourrait par exemple expliquer l'apparition de la vie ou les phénomènes de convergence quand ils prennent des proportions trop importantes pour résulter de la simple sélection naturelle. Or, c'est pourtant la position des tenants de l'*intelligent design*, quand ils constatent l'existence d'une telle coordination, ils y voient la preuve de l'action d'un designer. C'est également la position des néodarwiniens : persuadés que nous connaissons l'ensemble des lois qui régissent le vivant, ils refusent absolument d'envisager que les lois actuelles soient insuffisantes pour expliquer l'apparition de la vie et son évolution. C'est pour cela qu'ils refusent, avec une constance remarquable, de prendre en compte tous les signaux faibles que leur donne la nature, exactement comme les tenants du système de Ptolémée avant Copernic, les disciples de Newton avant Einstein ou les physiciens classiques au moment de l'avènement de la mécanique quantique.

Mais il faut souligner que si, pour les raisons que nous venons de voir, les tenants de l'*intelligent design* se trompent en allant trop vite vers leur conclusion, la question qu'ils posent est, contrairement à ce que l'on entend en général, parfaitement légitime.

Comme le montrait très bien la citation de Christian de Duve, nous pouvons parfaitement, en théorie, être confrontés à une situation où nous devrions être obligés de reconnaître que le naturalisme ne s'applique plus. Des scientifiques ont donné des exemples théoriques de telles situations⁸. Les gens de l'*intelligent design* pensent que nous sommes dans un tel cas. Nous avons vu qu'il est bien trop tôt pour le dire, et nous allons voir qu'il existe de nombreux indices selon lesquels ce sont des lois de la nature encore à découvrir qui sont responsables de ce phénomène, et non un agent surnaturel.

Le hasard n'exclut pas l'inévitabilité

En attendant la découverte de telles lois, nous pouvons déjà montrer que le hasard subit des contraintes importantes. Si vous lancez une pièce, elle a une chance sur deux de tomber sur pile. Mais si vous la lancez dix fois, la probabilité qu'elle soit tombée au moins une fois sur pile et au moins une fois sur face est de 99,9 %. Prenez maintenant un dé à 6 faces. Si vous le lancez 38 fois, vous avez une probabilité de 99,9 % qu'il soit tombé au moins une fois sur chaque face. La même probabilité de 99,9 % sera atteinte en ce qui concerne la sortie de chaque numéro de la roulette si vous jouez 250 fois, etc.

Comme l'écrit Christian de Duve : "Le hasard n'exclut pas l'inévitabilité. La probabilité d'un événement, si improbable soit-il, peut devenir proche de la certitude si on lui offre un nombre suffisant d'occasions de se produire⁹." Pour l'apparition de

8. Voir l'article de S. Hsu et A. Zee, "Message in the sky", <http://arxiv.org/abs/physics/0511135>, 6 décembre 2005.

9. Christian de Duve, *A l'écoute du vivant*, op. cit., p. 210.

la vie, on ne peut rien dire car faute de connaître le mécanisme de façon détaillée, on ne peut calculer les probabilités. Mon intuition est qu'il faut faire appel à des lois encore inconnues, comme je l'expliquais ci-dessus. Mais dans d'autres domaines, les probabilités sont connues et comme nous le montre de Duve, cela conduit à des situations intéressantes : "Tenant compte uniquement des erreurs de réplication dont on sait qu'elles ont lieu avec une fréquence d'environ une base insérée de façon erronée sur 1 milliard, on calcule aisément que la probabilité de trouver une mutation ponctuelle donnée dans un clone de cellule provenant d'une seule cellule, par divisions successives, atteint 99,9 % après 34 générations, soit moins d'un jour pour les bactéries et à peu près un mois pour les cellules animales¹⁰." Certes, cela est d'un intérêt limité en ce qui concerne l'évolution, car les mutations ponctuelles ne jouent probablement pas un grand rôle au niveau de la macroévolution. Néanmoins, cela nous montre que la métaphore du dé ou du tirage à pile ou face peut également s'appliquer dans la nature.

Et ces contraintes qui s'exercent sur le hasard ne cessent de croître au fur et à mesure que les organismes se complexifient. De Duve utilise ici une métaphore automobile. A partir d'une Ford T, on peut concevoir une jeep, un break, un coupé ou un cabriolet. A partir d'une Ferrari, beaucoup moins de transformations sont possibles. En termes concrets : "Cela veut dire qu'il existe moins d'options génétiques susceptibles de propulser l'évolution dans la direction verticale qu'il y en a pour la faire avancer horizontalement. La difficulté augmente, et donc le nombre d'options génétiques diminue, au fur et à mesure que la complexité s'accroît¹¹." De Duve oppose ici l'évolution horizontale, terme qu'il utilise pour décrire la microévolution (telle que le développement d'une nouvelle espèce de mouches ou d'une bactérie résistante aux antibiotiques), à l'évolution verticale, qui est l'évolution vers plus de complexité. Autant le hasard règne en

10. Christian de Duve, *A l'écoute du vivant*, op. cit., p. 211.

11. *Ibid.*, p. 216.

maître dans l'évolution horizontale, autant l'évolution verticale, évolution vers plus de complexité (ou macroévolution) est, elle, canalisée. Il y a, pour de Duve, un certain degré d'inévitabilité dans l'évolution verticale et comme pour l'exemple de la Ferrari, ce degré augmente au fur et à mesure que différents niveaux de complexité sont atteints. De Duve n'hésite pas à affirmer que la direction que peut prendre l'évolution peut être essentiellement indépendante de l'environnement, comme dans le cas de l'évolution vers des systèmes nerveux de plus en plus complexes, car ceux-ci sont, *a priori*, avantageux, quel que soit le milieu dans lequel évolue l'animal¹². Par une toute autre voie, puisqu'il part de la génétique, Christian de Duve retrouve exactement les idées de Simon Conway Morris qui, lui, en partant de la paléontologie, arrivait également à cette idée de canalisation des trajectoires évolutives. Qu'est-ce que cela signifie exactement ? C'est ce que va nous dire la figure 5.1.

Illustrations des nouveaux concepts : canalisation, convergence, paysages adaptatifs

Si nous lâchons des billes en haut d'une colline, nous ne pouvons prédire à l'avance l'ensemble des trajectoires qu'elles sont susceptibles d'emprunter pour atteindre le bas de la colline. Etant donné que les billes vont s'entrechoquer entre elles et rebondir sur les différents obstacles qui se trouvent sur leur route, il n'est pas possible de prédire à l'avance combien de billes arriveront à tel endroit. Il est tout à fait possible, comme le montre également la figure 5.1, qu'aucune bille n'arrive dans un endroit où elles auraient pu théoriquement arriver.

Ceci nous paraît une bonne illustration du déroulement d'une évolution canalisée. A partir du haut de la colline, c'est-à-dire d'un ancêtre commun, les différentes formes de vie s'engendrant les unes les autres, "dévalent" la colline le long des canaux ou routes

12. Christian de Duve, *A l'écoute du vivant*, *op. cit.*, p. 216.

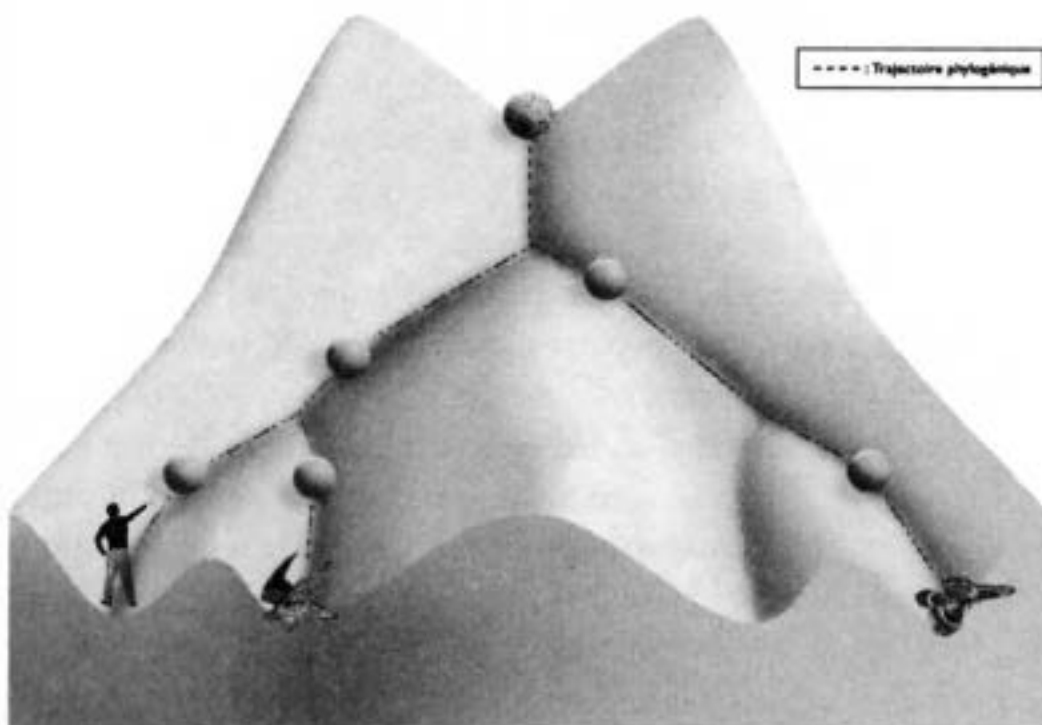


Figure 5.1. Illustration du concept d'évolution canalisée : un déterminisme global associé à une contingence au niveau local.

préexistant sur le flanc de celle-ci. Les différents canaux mènent aux différentes formes d'êtres vivants existant actuellement sur Terre, et les canaux qu'aucune bille n'a parcourus représentent des formes qui potentiellement auraient pu exister mais dont les différents événements aléatoires qui se sont déroulés dans l'histoire de la Terre, ont empêché l'apparition. Par exemple, le chemin vide sur la figure 5.1 aurait pu amener à des dinosaures bipèdes intelligents qui auraient pu exister si une grosse météorite n'avait pas contribué à la fin de cette lignée il y a soixante millions d'années.

Bien évidemment, certains chemins peuvent être barrés par des obstacles et certaines boules être bloquées définitivement à flanc de colline. Cela correspond au cas des animaux "panchroniques" dont nous avons vu qu'ils ne semblent plus avoir aucune capacité à évoluer, quelles que soient les mutations qu'ils connaissent et les changements d'environnement qu'ils traversent. Ainsi, nous voyons à l'aide de cette figure comment une certaine forme de déterminisme peut, alliée à des événements contingents, constituer le schéma général d'une évolution

prédictible dans ses grandes lignes (croissance de la complexité, développement de systèmes cérébraux toujours plus importants) mais pas pour les événements particuliers qui restent soumis aux aléas de la contingence.

Mais de quoi est constitué ce paysage préexistant ? Comment se sont formés ces canaux susceptibles d'amener l'évolution vers des résultats en partie prédictibles ? Essayer de le comprendre (au moins partiellement) est l'un des objectifs principaux de cet ouvrage. Notons tout d'abord que pour Christian de Duve, les connaissances qui sont actuellement les nôtres sont suffisantes pour expliquer cette canalisation et affirmer la véracité et la scientificité d'une nouvelle vision de l'évolution. Le raisonnement de de Duve¹³ peut se résumer ainsi :

- Tout d'abord, les mutations ne sont pas totalement dues au hasard, certaines parties du génome mutant plus facilement que d'autres (de Duve va ici jusqu'à parler des mutations adaptatives que nous évoquerons au chapitre 9).
- Tous les changements génétiques n'ont pas le même impact sur l'organisme. Les mutations qui permettent une vraie évolution impliquent des réarrangements, des transpositions, des inversions, des duplications de gros morceaux d'ADN.
- Les mutations sur certains gènes, tels que les gènes de régulation, peuvent avoir un impact infiniment plus important que des mutations dans les gènes "ordinaires".
- Les plans corporels préexistants limitent les possibilités de mutation viables. Une fois qu'une direction est prise, le champ ouvert aux mutations à venir rétrécit, et il rétrécit encore davantage à chaque étape importante de l'évolution (on retrouve là l'argument de la Ferrari par rapport à la Ford T).

De Duve oppose ainsi deux visions de l'évolution, celle d'un arbre avec tous ses rameaux et ses feuilles partant dans toutes les directions (voir figure 5.2), et celle du même arbre dont on a coupé toutes les branches pour ne laisser subsister que le tronc nu (voir figure 5.3). La première figure correspond à la vision

13. Christian de Duve, *Poussière de vie*, op. cit., p. 486, 492.

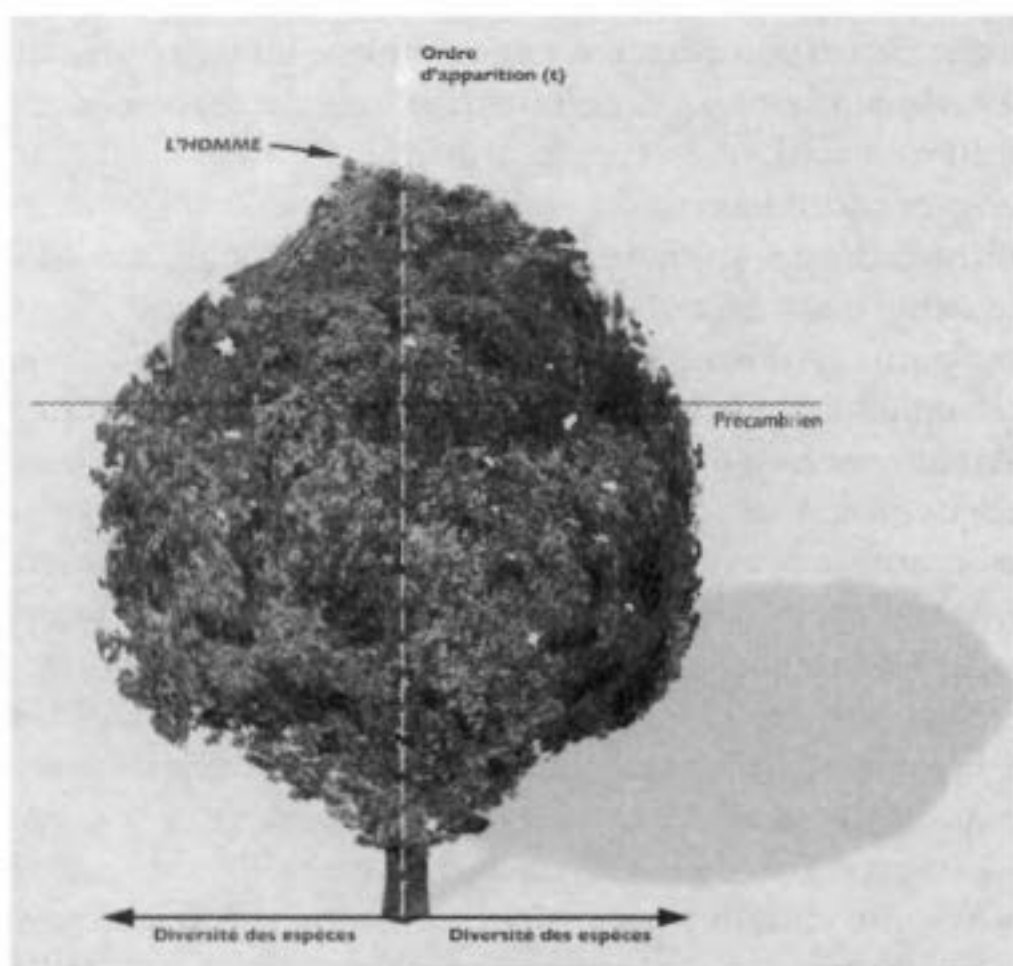


Figure 5.2. L'évolution paraît avoir un caractère buissonnant : comme un arbre, ses branches partent dans toutes les directions.

que l'on nous donne actuellement de l'évolution. Même si nous occupons le sommet de l'arbre, nous ne sommes qu'un rameau parmi tous les autres, et nous ne pouvons pas nous prévaloir d'une importance particulière, contrairement à ce que notre position au faite de l'arbre pourrait laisser penser. Tout est différent lorsqu'on enlève les branches : on voit alors que l'évolution a bel et bien été canalisée dans une direction précise.

Comme pour de Duve les mutations ne peuvent être dues qu'au hasard, l'évolution est ainsi amenée à s'arrêter pour attendre la "bonne" mutation qui lui permettra de continuer sa progression vers le haut¹⁴. Ainsi de Duve "récupère" les idées de Gould concernant le caractère irrégulier du changement évolutif

14. Christian de Duve, *Poussière de vie*, op. cit., p. 489.

(les équilibres ponctués) pour nous dire que la macroévolution, ou évolution verticale, ne pouvant aller que dans un nombre très limité de directions, cela explique pourquoi il y a parfois de longues périodes d'immobilité évolutive (ou stases), car l'évolution doit attendre que se produise, par hasard, la mutation nécessaire qui, seule ou presque, lui permettra de continuer son chemin vers le haut. Ainsi, on voit que, pour Christian de Duve, nous n'avons pas besoin de découvrir des lois nouvelles pour défendre une vision de l'évolution porteuse de sens : "Un objectif majeur de ce livre a été de dénoncer la fausseté de cet évangile de la contingence que l'on prêche au nom de la science. Cette doctrine repose, comme j'ai tenté de le montrer, sur des prémisses scientifiques incorrectes. Non pas, comme le voudraient certains, parce qu'il y a « autre chose » qui façonne la direction de l'évolution, mais parce que les contraintes naturelles au sein desquelles le hasard s'exerce sont, et ont toujours été, que l'évolution vers une complexité croissante devait presque obligatoirement se produire, du moment que l'occasion lui en était donnée. Le hasard, comme je l'ai souligné, n'exclut pas l'inévitabilité¹⁵."

Situation que de Duve résumera d'une formule géniale. Prenant le contre-pied d'Einstein, il affirme : "Dieu joue aux dés parce qu'il est sûr de gagner." Il est important de comprendre que c'est pour des raisons scientifiques que de Duve se permet cette conclusion : "J'ai opté en faveur d'un Univers signifiant et non vide de sens. Non pas parce que je désire qu'il en soit ainsi mais parce que c'est ainsi que j'interprète les données scientifiques dont nous disposons¹⁶." Cela amène de Duve à postuler fort logiquement que non seulement la vie, mais aussi la vie intelligente, est largement répandue dans le cosmos (si toutefois les conditions requises sont réunies, ce dont doute Simon Conway Morris, qui pense que les conditions nécessaires sont excessivement rares) : "Selon la théorie que je défends, il est dans la nature même de la vie d'engendrer l'intelligence

15. Christian de Duve, *Poussière de vie*, op. cit., p. 350.

16. *Ibid.*, p. 494.

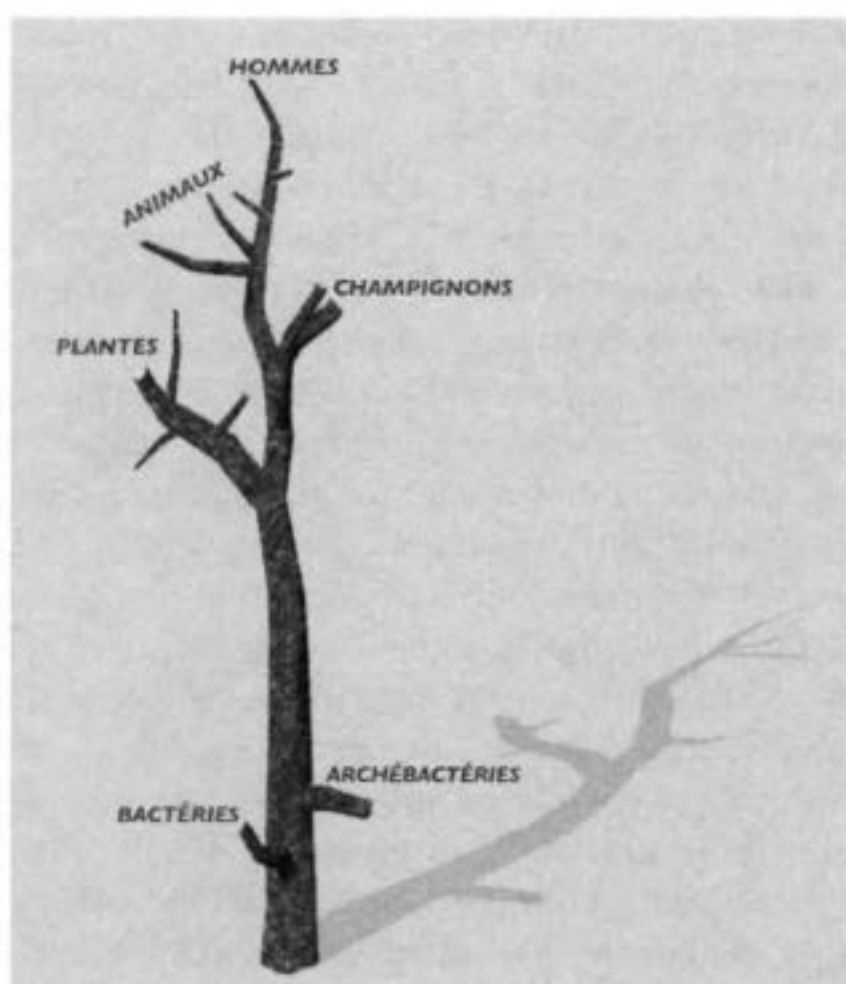


Figure 5.3. Le caractère buissonnant de l'évolution est une illusion si l'on regarde sa structure interne.

partout où (et dès que) les conditions requises sont réunies. La pensée consciente appartient au tableau cosmologique, non pas comme un quelconque épiphénomène propre à notre biosphère, mais comme une manifestation fondamentale de la matière. La pensée est engendrée et nourrie par le reste du cosmos¹⁷." Bien entendu, de Duve n'imagine pas que tous les arbres de la vie sont identiques sur de nombreuses planètes. Mais certaines directions pourraient comporter des avantages si importants qu'il est fort probable que l'évolution les a suivies sur différentes planètes¹⁸.

17. Christian de Duve, *Poussière de vie*, op. cit., p. 493.

18. *Ibid.*, p. 492.

De Duve pense qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à autre chose pour expliquer cette canalisation de l'évolution que nous avons illustrée avec la figure 5.1. On peut mettre en doute ce point précis de son raisonnement pour trois raisons :

- Nous ne connaissons ni les probabilités concernant l'origine de la vie, ni les probabilités concernant l'évolution verticale dont parle de Duve, car pour cela il faudrait connaître le nombre de chemins existants et montrer que ceux-ci sont suffisamment peu nombreux pour que la pièce finisse par tomber sur "face" ou que le 6 apparaisse lors du lancement d'un dé, pour reprendre les analogies de de Duve avec lesquelles nous avons commencé ce chapitre. Or, c'est loin d'être le cas. Bien qu'il existe des travaux cherchant à démontrer que, contrairement à la vision darwinienne classique, le nombre d'alternatives possibles est vraiment très limité¹⁹, on est loin du consensus sur ce point.
- Le chapitre 3 nous a montré que l'existence d'autres mécanismes que les mécanismes darwiniens, ou d'autres forces susceptibles de s'exercer sur l'évolution que celles actuellement connues, étaient relativement probables étant donné l'existence de toute une série d'indices allant dans ce sens.
- Enfin, comme nous l'avons mentionné, il paraît un peu naïf de croire que cinquante ans après la découverte de l'ADN, nous avons déjà en main toutes les cartes nécessaires pour comprendre les mécanismes de l'évolution.

Simon Conway Morris, lui, va plus loin. Partant de la même idée, celle d'une canalisation de l'évolution, qui, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, s'appuie sur les phénomènes de convergence (les convergences sont une autre façon d'affirmer que l'évolution est canalisée en direction d'un nombre limité de solutions particulières. Comme le montre la figure 5.4, il s'agit d'une canalisation qui, contrairement à la figure 5.1, amène des trajectoires différentes à aboutir au même point). En effet,

19. La plus aboutie étant celle de Michael Denton dans son ouvrage *L'Évolution a-t-elle un sens ?*, Paris, Fayard, 1997, que nous commenterons dans les chapitres suivants.

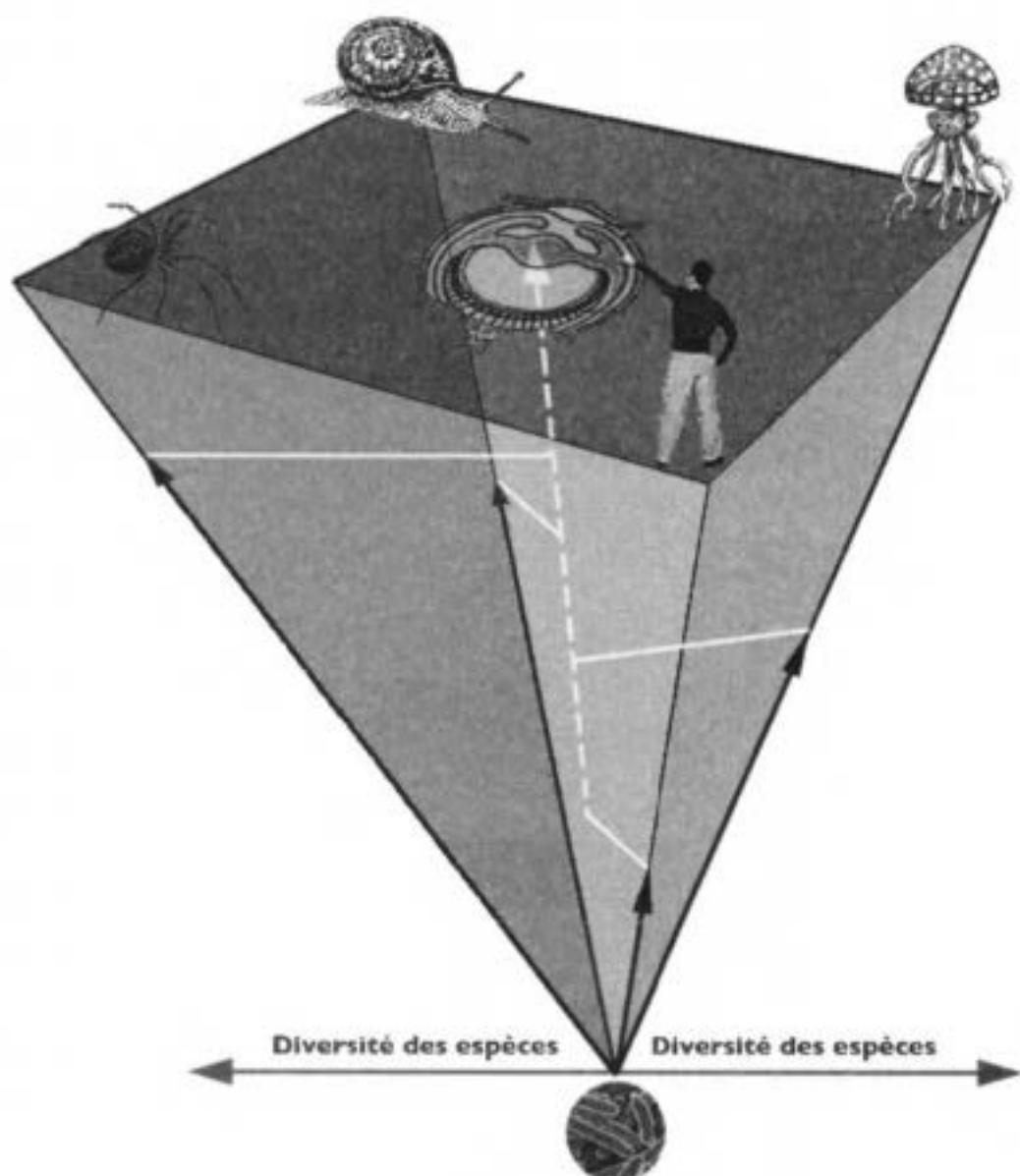


Figure 5.4. Illustration de la convergence de différents chemins d'évolution vers une même solution. Les traits blancs horizontaux indiquent le moment où un œil comparable à celui que nous possédons a fini de se former dans différentes lignées dont l'ancêtre commun n'avait pas cet organe.

Conway Morris n'hésite pas à affirmer que "cela suggère que la façon dont l'évolution «navigue» vers une solution fonctionnelle particulière peut fournir la base d'une théorie plus générale de la biologie. Cette approche postule l'existence de quelque chose d'analogue à des «attracteurs» par lesquels les trajectoires évolutionnistes sont canalisées vers des formes fonctionnelles

stables²⁰. Il affirme ici que pour comprendre cette canalisation que nous avons constatée au cours de l'évolution, une théorie plus générale de la biologie est sans doute nécessaire, ainsi que de nouveaux outils. Ainsi, les phénomènes que nous avons décrits ici et au chapitre précédent ne nous amènent pas seulement à interpréter différemment les données, actuellement existantes mais à rechercher une nouvelle théorie plus globale permettant de comprendre les raisons de cette canalisation. En effet, bien peu de darwiniens sont, à ma connaissance, prêts à souscrire à l'affirmation suivante de Simon Conway Morris : "Mon opinion est qu'un tel programme de recherche pourrait révéler un niveau plus profond de la biologie dans lequel l'évolution darwinienne resterait un concept central, mais où les formes fonctionnelles possibles sont prédéterminées depuis le Big Bang²¹."

Je ne crois pas avoir lu de proposition plus provocante sous la plume d'un des plus grands spécialistes actuels de l'évolution que cette idée selon laquelle les types fondamentaux dont nous constatons l'existence dans la nature (primates, canidés ou félins, ou si l'on veut se situer à un niveau supérieur, vertébrés tétrapodes ou arthropodes), existent à l'état potentiel depuis le Big Bang. C'est pourtant une conclusion logique si l'on accepte les figures 5.1 et 5.4, elles-mêmes basées sur les très nombreux faits décrits au chapitre précédent. Si l'évolution est prédictible dans ses grandes lignes, en ce qu'elle se dirige vers un certain nombre de types fondamentaux, ces types fondamentaux doivent bien être inscrits dans les lois de la nature. Ainsi, le "sol" de la figure 5.1 serait une façon de représenter l'existence de lois de la nature encore à découvrir et qui orienteraient l'évolution. Bien évidemment, ces lois feraient partie de notre univers depuis son commencement.

Mais de quoi sont constituées ces formes et comment l'évolution navigue-t-elle de l'une à l'autre au cours des temps géologiques ? C'est ici qu'intervient la notion de "paysages adaptatifs". Un paysage adaptatif représente en abscisse les différentes formes

20. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, *op. cit.*, p. 309.

21. *Ibid.*, p. 309-310.

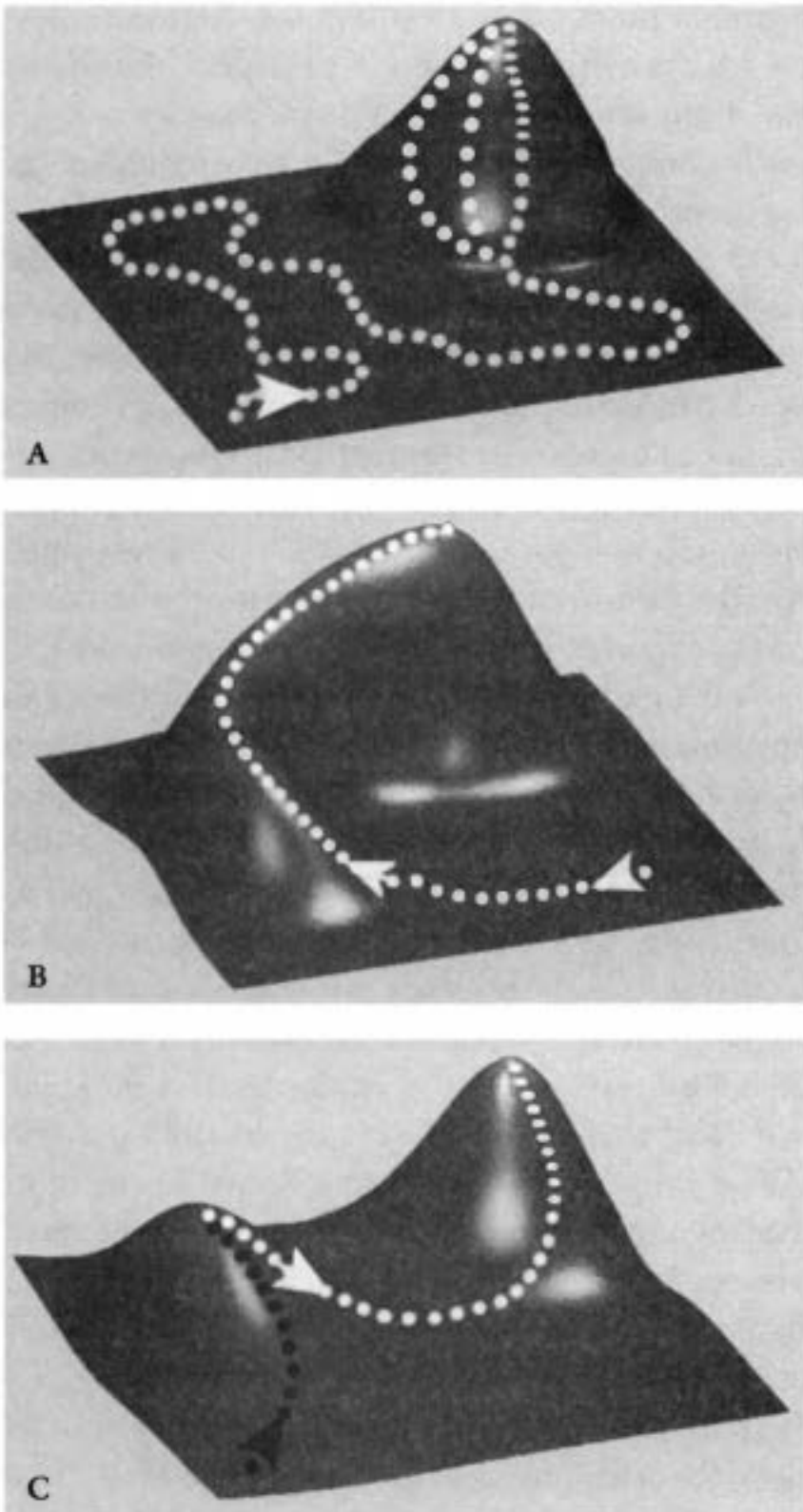


Figure 5.5 A : Evolution darwinienne normale. B : Evolution darwinienne canalisée. C : Evolution non darwinienne nécessitant l'intervention d'autres mécanismes (pointillés en blanc, les pointillés noirs montrant une évolution normale comme celle de la figure 5.5A).

d'êtres vivants possibles et en ordonnée, les formes les mieux adaptées à leur environnement. Un paysage adaptatif sera donc constitué d'une série de plaines et de montagnes où évolueront des espèces sous l'influence de la sélection naturelle. La figure 5.5 nous montre de tels paysages. Dans le cas de la figure 5.5A, nous avons une espèce qui connaît un grand nombre de mutations neutres correspondant à un déplacement aléatoire, sans qu'aucun progrès ne survienne (un exemple de mutations neutres inspiré par Motoo Kimura), puis soudain, au cours de son cheminement, l'espèce rencontre le pied d'une montagne. Toute mutation favorisant l' "ascension" de cette montagne sera favorisée par la sélection naturelle puisque l'espèce sera ainsi mieux adaptée à son environnement. L'espèce finit par arriver au sommet d'un pic représentant la meilleure situation possible pour elle, et cela d'autant plus facilement qu'elle a le choix entre plusieurs chemins. La figure 5.5B illustre une évolution darwinienne où le hasard est contraint (c'est-à-dire une conception comme celle de de Dube). Il n'y a ici qu'un seul chemin possible pour atteindre le sommet de la montagne, tous les autres sont impraticables, car ce sommet est entouré de falaises verticales, à l'exception du chemin qui est représenté. Ainsi, après avoir longuement erré dans la plaine, nous sommes certains qu'un jour (même s'il est impossible de savoir quand) l'espèce va par hasard rencontrer l'entrée du seul chemin possible et va se mettre à gravir la montagne. C'est ainsi que de Dube peut affirmer que les montagnes préexistantes seront forcément gravies un jour ou l'autre, grâce aux seuls mécanismes que l'on connaît actuellement.

La figure 5.5C recèle un défi fondamental pour le darwinisme. Ici, une espèce a gravi une première montagne et est arrivée au sommet (pointillés noirs) mais pour continuer son chemin évolutif, elle doit descendre des hauteurs qu'elle avait atteintes et retourner dans la vallée pour regrimper sur un autre pic. Bien entendu, un tel parcours est extrêmement improbable en ayant recours aux seuls mécanismes darwiniens. Il faut en effet que l'espèce se désadapte de l'optimum qu'elle avait atteint, sans savoir qu'un autre optimum est possible. Comment la sélection

naturelle va-t-elle favoriser cette désadaptation ? Certains darwiniens prétendent que ceci est possible, sur la base de modèles extrêmement simplifiés n'ayant que peu de rapports avec la réalité de l'évolution biologique²². Or, un article récent portant sur les paysages adaptatifs confirme que ce n'est pas le cas.

Il est temps maintenant de faire référence à ces articles techniques portant sur des points très précis et qui paraissent dans des revues accessibles aux seuls spécialistes. Si, comme l'a fait Darwin lui-même, les livres sont le seul endroit où l'on peut développer une vision globale de l'évolution, la science se fait par l'accumulation de ces articles publiés dans des revues à référés (c'est-à-dire que les articles sont évalués par des spécialistes avant d'être publiés). C'est pourquoi un test important pour notre démarche est que les propositions qui y sont avancées puissent rencontrer les thèses d'au moins quelques-uns de ces articles, car si ce n'était pas le cas, cela voudrait dire que la théorie développée ici ne correspond pas à la direction dans laquelle se dirige la science actuelle.

Un article de Nature parle d'évolution prédictible

L'article dont je vais parler, intitulé "Les paysages adaptatifs empiriques révèlent des chemins d'évolution accessibles", est paru dans *Nature*²³, l'une des deux plus grandes revues scientifiques mondiales, avec *Science*. Il est, comme toujours ou presque

22. C'est une tendance lourde chez les néodarwiniens les plus extrêmes que de prétendre résoudre des problèmes qui s'opposent à leur théorie grâce à des simulations qui ne prouvent pas grand-chose. Ainsi, Richard Dawkins fait-il évoluer de vagues formes vivantes appelées les "biomorphes", pour montrer comment la nature peut générer différentes formes par hasard. Cela l'amène à aller d'une fleur à un insecte, en passant par une grenouille et une chauve-souris ! Je ne plaisante pas, cette vision particulière de l'évolution se trouve dans *L'Horloger aveugle*, *op. cit.*, p. 78.

23. Frank J. Poelwijk, Daniel J. Kiviet, Daniel M. Weinreich, Sander J. Tans, "Empirical fitness landscapes reveal accessible evolutionary paths", *Nature*, 445, 383-386, 25 janvier 2007.

dans ce domaine, basé sur des présupposés darwiniens. Il vise à montrer la possibilité d'une évolution darwinienne dans les systèmes moléculaires (une réponse parmi d'autres aux thèses de l'*intelligent design*). L'article commence par étudier comment une bactérie peut devenir résistante à un nouvel antibiotique. Cent vingt chemins possibles existent en direction de cette résistance, mais seulement dix-huit sont possibles dans un processus se déroulant étape par étape. Même si ici, plus de 80 % des chemins ne peuvent être empruntés, nous sommes encore dans le cas de la figure 5.5A où plusieurs chemins vers le sommet existent. Mais les auteurs nous disent que "le puzzle évolutionniste devient plus complexe à un plus haut niveau d'organisation cellulaire. Dans le réseau des interactions et des régulations entre les ligands, les protéines et l'ADN, les composants sont fortement interdépendants, ce qui suggère que leur évolution est sévèrement contrainte²⁴." Néanmoins, pour ces systèmes plus complexes, les auteurs de l'article vont montrer qu'il existe au moins un chemin évolutionniste pouvant mener au sommet de la montagne. Nous sommes ici dans le cas 5.5B, où un seul chemin darwinien existe. L'étude de ces chemins d'évolution des systèmes moléculaires amène les auteurs à conclure : "Le fait qu'il n'existe qu'un petit nombre de chemins favorables implique que l'évolution doit être plus reproductible que ce qui est communément perçu, ou peut-être même qu'elle est prédictible²⁵." C'est une confirmation des idées de Christian de Duve : dans un certain nombre de cas, nous pouvons démontrer que les évolutions de type darwinien sont fortement contraintes, au point que l'on puisse envisager que l'évolution soit prédictible.

Mais cet article produit un autre résultat qui doit être souligné. Dans de très nombreux cas, les auteurs se heurtent à un système contenant deux ou plusieurs sommets séparés par une

24. Frank J. Poelwijk, Daniel J. Kiviet, Daniel M. Weinreich, Sander J. Tans, "Empirical fitness landscapes reveal accessible evolutionary paths", *art. cit.*, p. 385.

25. *Ibid.*, p. 386.

vallée, comme dans la figure 5.5C. Or, confrontés à une nécessité de faire évoluer des systèmes moléculaires “réels”, les auteurs de l'article contredisent à maintes reprises les simulations simplistes de certains darwiniens, selon lesquelles de tels chemins seraient accessibles par des processus darwiniens : “Le long de la ligne en pointillés blancs [il s'agit d'un commentaire de la figure 5.5B], l'adaptation décroît, ce qui diminue de façon drastique la probabilité que l'évolution emprunte ce chemin. La ligne en pointillés noirs est entraînée par la sélection dans une mauvaise direction ou dans un cul-de-sac évolutionniste²⁶.” Ou encore : “Le paysage évolutionniste qui en résulte contient une dépression ou une vallée, ce qui rend les trajectoires passant à travers lui inaccessibles à la sélection²⁷.” Ainsi, les auteurs de l'article confirment indirectement les affirmations de nombreux non-darwiniens concernant les limitations des processus darwiniens pour passer d'un type à un autre. Certes, les auteurs nous montrent que même dans des cas complexes, il peut exister des chemins darwiniens. Néanmoins, comme nous le verrons dans les deux chapitres suivants, ce n'est pas un passage entre deux pics qu'il faut pouvoir expliquer mais entre des dizaines de pics, si l'on veut présenter un mécanisme crédible de la façon dont l'évolution peut se dérouler pour produire, à partir d'un ancêtre commun, tous les êtres vivants actuellement connus. C'est pour cela que l'on ne peut qu'être d'accord avec Conway Morris lorsqu'il nous dit que si l'on comprend comment l'évolution navigue vers une solution fonctionnelle particulière (c'est-à-dire passe d'un pic à un autre en descendant dans la vallée), on pourra probablement élaborer une théorie plus générale de la biologie que celle dont nous disposons actuellement.

26. Frank J. Poelwijk, Daniel J. Kiviet, Daniel M. Weinreich, Sander J. Tans, “Empirical fitness landscapes reveal accessible evolutionary paths”, *art. cit.*, p. 384.

27. *Ibid.*

Un autre article publié, lui, dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences américaine, doit être cité ici : "Accroissement de la complexité morphologique dans de multiples lignées parallèles de crustacés²⁸". Les auteurs de l'article ont étudié l'évolution des crustacés sur une très grande période de temps. Ils ont sélectionné un certain nombre de caractéristiques comme la différenciation et la complexification des pattes et ont montré qu'une croissance de la complexité se manifestait au cours du temps, et ce non pas dans une lignée de crabes mais dans de nombreuses lignées parallèles. Pourquoi cela peut-il être important ? Cela ne concerne certes qu'un tout petit domaine de l'évolution, mais les articles scientifiques qui analysent des questions précises ne peuvent porter que sur de tels domaines et non sur de grandes questions globales. Nous avons vu, au début du chapitre 4, comment Gould réfutait que la croissance vers la complexité soit une véritable tendance lourde de l'évolution. Il n'y voyait qu'un simple épiphénomène dû à l'existence d'un "mur de la complexité minimale" (voir figure 4.1). Ses idées étaient entre autres basées sur une étude concernant l'évolution des coquilles de certains mollusques. L'étude mentionnée ici aboutit à une conclusion inverse. Partant du postulat darwinien classique, selon lequel l'évolution serait un processus contingent et pouvant rarement être prédit et que les différentes lois, comme la loi de Cope (qui concerne l'accroissement régulier de la taille des individus dans certaines lignées), sont en général peu convaincantes, ils arrivent au résultat inverse : "Ces résultats fournissent une démonstration rare d'une tendance se déroulant sur une grande échelle et probablement dirigée, qui se produit dans de multiples lignées indépendantes et qui influence aussi bien la forme que le nombre des

28. Sarah J. Adamowicz, Andy Purvis, Matthew A. Wills, "Increasing morphological complexity in multiple parallel lineages of the Crustacea", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, no. 12, 25 mars 2008, p. 4786-4791.

espèces, à des époques anciennes comme à l'époque actuelle²⁹." L'étude montre que cette tendance ne peut résulter d'une illusion, c'est-à-dire d'un phénomène aléatoire qui ne ferait que donner l'impression d'être dirigée sans l'être réellement. Plus encore, les extinctions elles-mêmes semblent contribuer à cette tendance. Lorsqu'un type nouveau apparaît, il est plus divers et plus complexe que celui qu'il remplace.

Nous voyons donc que différents articles scientifiques récents, sans s'écarter du cadre du darwinisme, confirment deux grandes idées essentielles développées au cours de ce chapitre et du précédent : oui, l'évolution est, au moins en partie, prédictible ; non, l'accroissement de la complexité au cours de l'évolution n'est pas un épiphénomène, mais une donnée essentielle du processus. Cela pourrait paraître suffisant pour nous fournir une nouvelle vision de l'évolution, mais il reste encore une question essentielle : Comment les nouvelles espèces peuvent-elles, sous une forme potentielle, préexister depuis le Big Bang ? Etudier cette question va nous amener, au cours des deux chapitres suivants, à une autre composante, peut-être encore plus essentielle, de cette nouvelle vision de la vie.

29. Sarah J. Adamowicz, Andy Purvis, Matthew A. Wills, "Increasing morphological complexity in multiple parallel lineages of the Crustacea", *art. cit.*

Chapitre 6

Préférez-vous les cristaux de neige ou le cou de la girafe ?

Le grand match entre la structure et la fonction

Quand on prend un peu d'altitude pour observer l'histoire de la biologie de l'évolution, on se rend compte que le débat fondamental qui la traverse est celui qui oppose la structure et la fonction. On appellera structuralistes (à ne pas confondre avec l'école en sciences humaines qui porte le même nom) ceux qui insisteront sur le premier terme, et fonctionnalistes ceux qui mettront l'accent sur le second. Observez les cristaux de neige de la figure 6.1. Les divers aspects qu'ils prennent sont extrêmement différents. Mais qu'ont-ils tous en commun ? Regardez bien. Vous avez trouvé ? C'est ça, ils ont tous six branches. Quel que soit l'aspect extérieur qui est le leur, la structure sous-jacente est la même. Dans les cristaux de neige, il ne fait donc aucun doute que la structure constitue le caractère essentiel. Il existe une loi de la nature présidant à la formation des cristaux de neige qui fera que, aussi diverses que soient les conditions de leur formation, ils auront toujours six branches.

Prenez maintenant le cou d'une girafe. C'est une structure unique dans l'histoire de l'évolution de la vie. Il est clair que c'est sa fonction qui a permis son apparition. Les girafes nées par hasard avec un cou plus long ont pu manger plus de feuilles que leurs congénères dans les périodes de sécheresse, et ont été sélectionnées par la sélection naturelle. Le cou de la girafe représente une étonnante adaptation de celle-ci et certainement pas un type où

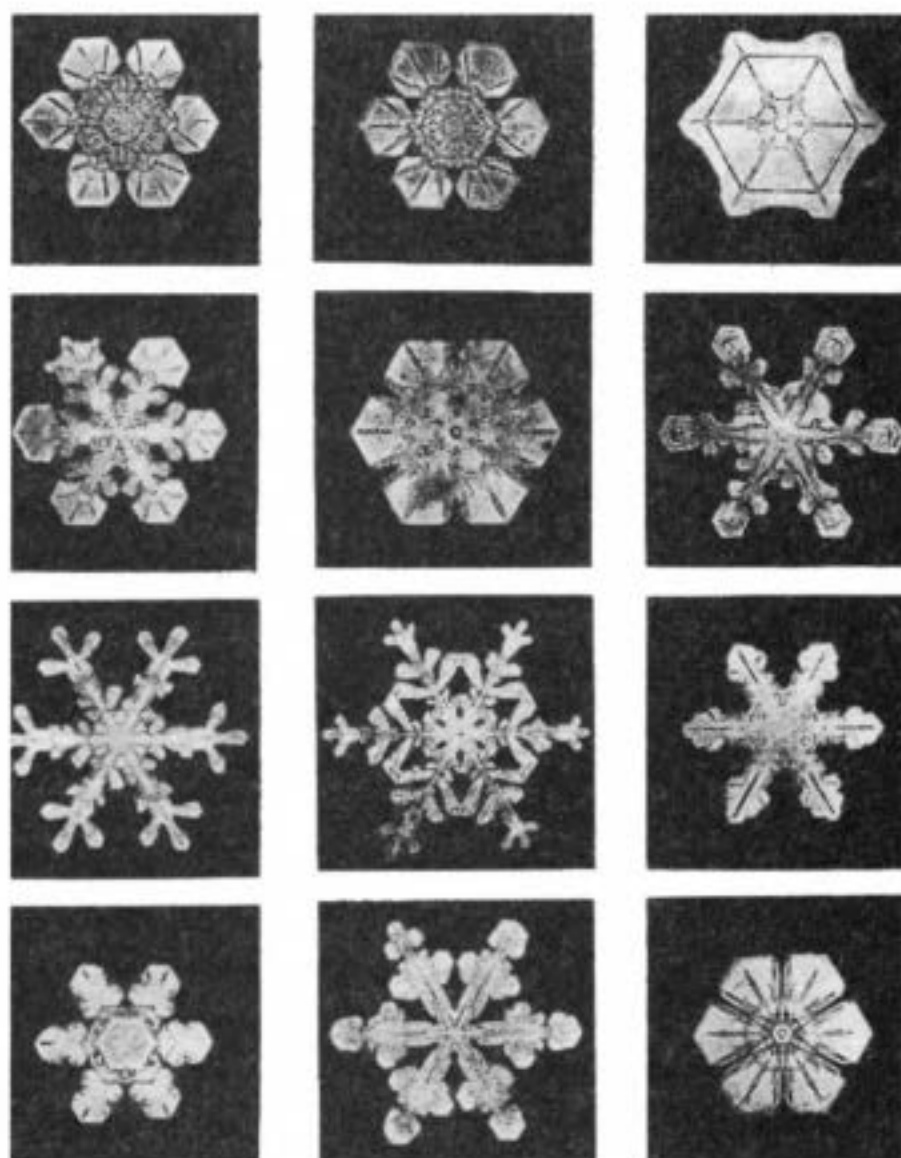


Figure 6.1. La structure des cristaux de neige est toujours la même quelle que soit leur forme. © D. R.

un archétype fondamental de la nature. En d'autres termes, le cou de la girafe n'existait pas, même sous forme potentielle, lors du Big Bang. Son apparition sur Terre est un événement contingent et imprédictible. A l'inverse, la structure inhérente aux cristaux de neige, elle, est bel et bien inscrite dans les lois de l'Univers. On peut donc dire qu'elle existe potentiellement depuis le Big Bang.

Toute la grande question concernant l'évolution va donc être de savoir si la structure fondamentale des êtres vivants est plus proche des cristaux de neige que des cous de girafe. Ceux qui, comme Conway Morris, pensent que les formes fonctionnelles

préexistent depuis le Big Bang, vont bien évidemment choisir la première option. Ceux qui, comme Richard Dawkins, pensent que l'adaptation est toute-puissante, choisiront la deuxième. Beaucoup d'autres biologistes occuperont des positions intermédiaires, en étant plus ou moins structuralistes ou plus ou moins fonctionnalistes. Avant d'essayer de voir quelle est la position qui correspond le mieux aux données scientifiques actuelles, il nous faut d'abord nous plonger dans l'histoire pour étudier les racines du structuralisme, qui sont antérieures au darwinisme.

Les structuralistes vont considérer que, comme les cristaux de neige, les animaux appartenant à une classe ou à un embranchement, reposent tous sur un seul archétype (on parle également d'unité du type) qui définit les caractéristiques fondamentales de tous les animaux pouvant dériver de lui. L'archétype, c'est-à-dire la structure, est premier par rapport à l'adaptation, c'est-à-dire la fonction. Les différentes adaptations sont vues comme des modifications secondaires de ce plan d'organisation fondamental qu'est l'archétype. L'archétype ne représente pas forcément un ancêtre mais une forme générale abstraite, un schéma directeur ; on pourrait dire avec Aristote, une "cause formelle", ou avec Platon, une "idée" (un certain nombre de fondateurs du structuralisme se référeront d'ailleurs explicitement à Platon et aux idées platoniciennes).

L'un des plus célèbres structuralistes est Etienne Geoffroy Saint-Hilaire, l'un des grands naturalistes du XIX^e siècle, ayant fait partie de la génération qui a précédé Darwin (il est mort en 1844). Comme nous l'avons brièvement mentionné au chapitre 2, Geoffroy Saint-Hilaire était un évolutionniste. Pour lui, il ne faisait aucun doute que les espèces descendaient les unes des autres. Il commença à travailler sur les vertébrés, et même s'il eut quelques difficultés avec les poissons, il lui fut relativement facile de montrer que tous les vertébrés possédaient un même plan d'ensemble. Mais il alla plus loin en affirmant que les vertébrés et les arthropodes partageaient eux aussi un même plan d'ensemble ! Pour lui, l'élément fondamental du vertébré est (comme son nom l'indique d'ailleurs !) sa vertèbre. L'arthropode, lui, est divisé en un grand nombre de segments. L'idée maîtresse de

Geoffroy Saint-Hilaire est que d'une certaine façon, segments et vertèbres sont en correspondance.

Il alla encore plus loin quand, constatant que nous avons notre structure nerveuse principale, la moelle épinière, sur notre dos, tandis que les chaînes nerveuses principales des arthropodes courent sur leur face ventrale, et que ceux-ci ont un squelette situé à l'extérieur de leur corps alors que le nôtre est à l'intérieur, il n'hésita pas à dire qu'en fait, les vertébrés et les arthropodes se rattachent au même archétype fondamental, mais de façon inversée. Ainsi, les insectes marchent sur leurs côtes et vivent à l'intérieur de leur colonne vertébrale ! Ils sont donc doublement "inversés" par rapport à nous. Leur dos correspond à notre ventre et notre extérieur à leur intérieur. Cette idée audacieuse fut ridiculisée, lors d'un célèbre débat ayant eu lieu en 1830 à l'Académie des sciences, par son grand ennemi Cuvier, un des principaux paléontologistes du XIX^e siècle qui était résolument fixiste et fonctionnaliste (ne croyez pas que cela soit contradictoire : avant Darwin, les adaptations des animaux étaient conçues comme des créations divines, ce qui faisait que de nombreux créationnistes pouvaient être fonctionnalistes).

Un autre grand paléontologiste du XIX^e siècle, Richard Owen, était, lui aussi, un structuraliste et soutenait les idées de Geoffroy Saint-Hilaire. Il aidera Darwin au début de la carrière de ce dernier, inventera un terme destiné à un bel avenir, celui de "dinosaur", et s'opposera à Cuvier et à Darwin en prétendant avec force que les homologues constatées entre les organes de différents animaux ne pouvaient s'expliquer par une fonction commune à ceux-ci, mais bien par la référence à un type fondamental.

Avant Geoffroy Saint-Hilaire et Owen, une autre personnalité avait développé le structuralisme et l'avait tout particulièrement appliqué aux plantes. Il ne s'agit pas d'un biologiste mais du célèbre poète Johann Wolfgang von Goethe.

Bien qu'étant, à juste titre, passé à la postérité pour son œuvre littéraire, Goethe était considéré par Geoffroy Saint-Hilaire lui-même comme le fondateur et le théoricien en chef de l'école

de morphologie structuraliste (c'est d'ailleurs lui qui fonda le terme de "morphologie"). Il défendit, pour les plantes, une position équivalente à celle de Geoffroy Saint-Hilaire pour les vertébrés. Si l'on peut, chez les vertébrés, tout ramener à un élément de base, la vertèbre, on peut, chez les plantes, tout ramener à la feuille qui représente une forme archétypale, à partir de laquelle les organes de la plante vont se développer : "Bien que paraissant être dissemblables, les différents organes d'une plante en train de fleurir proviennent tous d'un organe unique, nommément la feuille¹."

Les idées de Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, Owen et des autres structuralistes, appelés parfois également "morphologistes rationnels", peuvent se résumer ainsi : la forme (terme qui pour eux désigne la structure) possède la priorité sur la fonction, à la fois au plan logique et au plan temporel. L'unité de type ou l'archétype vient en premier, et il exerce des contraintes, des limitations très fortes sur les futurs développements des différentes espèces qui seront basées sur lui. Ainsi, il "canalisera" les modifications possibles qui, elles, seront le résultat d'adaptations.

Mais voici qu'en 1859, "l'ouragan Darwin" va traverser le monde biologique. Nous avons vu que le fonctionnalisme, qui deviendra plus tard l'adaptationnisme, n'allait pas forcément avec l'évolutionnisme. Néanmoins, Darwin prendra clairement le parti du fonctionnalisme. C'est logique et pourtant Gould ira jusqu'à parler de la "décision fatidique" de Darwin² (fatidique en ce que, selon Gould, elle va complètement éclipser – à tort – le structuralisme). Darwin nous dit : "On admet généralement que la formation de tous les êtres organisés repose sur deux grandes lois : l'unité de type et les conditions d'existence. Dans ma théorie, l'unité de type s'explique par l'unité de descendance. Les conditions d'existence font partie du principe de la sélection naturelle [...]. Par conséquent, la loi des conditions d'existence

1. Cité par Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 401.

2. *Ibid.*, p. 355, 368.

est de fait la loi supérieure puisqu'elle comprend, par l'hérédité des adaptations antérieures, celle de l'unité de type³."

Le raisonnement de Darwin est le suivant. Puisque, par exemple, tous les vertébrés descendent d'un ancêtre commun, il est normal qu'ils possèdent une structure commune. Mais cette structure commune a été, à l'origine, façonnée par une longue série d'adaptations des ancêtres de cet ancêtre commun, chacune d'entre elles ayant été sélectionnée parce qu'elle apportait quelque chose à l'organisme qui la possédait. Ainsi, la notion d'archétype et d'unité de type est-elle purement et simplement balayée de l'histoire des sciences. Il s'agit d'un concept préscientifique qui n'a plus de raison d'être, la fonction l'emporte désormais sur la forme puisque les organismes sont des ensembles de sous-structures assemblées en fonction des aléas de leur histoire. Plus le temps passera, et plus cette conclusion sera confortée par l'évolution de nos connaissances.

La découverte de l'ADN et le développement de la biologie moléculaire s'accompagnent d'un puissant courant réductionniste qui ne pourra que considérer avec mépris les idées "romantiques" de Goethe et de Geoffroy Saint-Hilaire, avec leur vision des archétypes fondamentaux. Il est important de bien comprendre pourquoi le néodarwinisme prédit que des archétypes fondamentaux ne peuvent exister. Les darwiniens ne parlent pas d'archétypes mais d'homologies. Ernst Mayr, le principal fondateur de la synthèse néodarwinienne, raisonne ainsi en 1963 : à partir du moment où la sélection naturelle est l'agent primordial de l'évolution, les traits des êtres vivants, y compris leurs traits fondamentaux, comme l'a dit Darwin, sont le résultat d'une très longue série d'adaptations. Il ne peut en aucune façon exister de structure commune, car, en étant confrontés à des environnements très différents les uns des autres au cours de très grandes périodes de temps, les descendants dont l'ancêtre commun remonte à 500 millions d'années n'ont plus grand-chose en commun, à part leur code génétique, bien sûr⁴.

3. Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, op. cit., p. 268.

4. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1494.

Ceci découle logiquement de la "décision fatidique" de Darwin : le rejet de l'archétype au profit de l'hérédité des adaptations antérieures qui doit, elle et elle seule, expliquer l'unité des différents types (vertébrés, arthropodes, etc.) qui existent actuellement sur Terre. Mayr n'hésite pas à affirmer : "Une grande partie des connaissances acquises sur le fonctionnement des gènes montre que la recherche de gènes homologues est à l'évidence tout à fait vaine, en dehors des organismes étroitement apparentés⁵." Comme l'explique très bien Gould lui-même⁶, si l'on observait des homologies plus importantes entre organismes lointainement apparentés, cela conduirait à soupçonner que l'on ne peut plus tenir pour vrai le principe fondamental du darwinisme orthodoxe, à savoir que le contrôle et l'orientation de l'évolution est uniquement déterminé par la sélection naturelle. S'il est bien entendu logique que nous ayons des gènes en commun avec des chimpanzés, voire même (en bien plus petit nombre) avec les oiseaux ou les poissons, il serait contraire aux conceptions darwiniennes et néodarwiniennes que nous ayons des gènes en commun avec des mouches ou des araignées, voire (idée inconcevable !) une structure commune avec eux, comme l'avait affirmé ce rêveur de Geoffroy Saint-Hilaire. Tout semblait pour le mieux dans le meilleur des mondes darwiniens possibles, et le fonctionnalisme menait 1-0 contre le structuralisme.

Où des découvertes récentes confirment d'anciennes intuitions

L'un des caractères les plus excitants de la science, c'est que celle-ci fournit parfois des révolutions extraordinaires là où on les attend le moins. Et comme en science, ce sont les faits qui comptent, ceux-ci finissent toujours par s'imposer, même s'il leur faut

5. Ernst Mayr, *Animal species and evolution*, Cambridge, Harvard University Press, 1963, p. 609.

6. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1494.



Figure 6.2. Goethe avait raison : une fleur entièrement composée de feuille.
© Elliot Meyerowitz.

parfois, pour faire reconnaître leur existence, violer quelque peu l'orthodoxie dominante. A partir de 1992, les chercheurs commencèrent à analyser la formation des fleurs et pour cela se livrèrent aux habituelles manipulations que permet la génétique moderne en faisant muter ou en inhibant l'action de certains gènes. En 1994, Weigel et Meyerowitz apportèrent un résultat incroyable. En inhibant totalement l'activité de trois gènes, ils obtinrent une fleur dont tous les composants étaient transformés en feuilles !

La figure 6.2, tirée de leur article⁷, illustre sans doute l'un des pas en avant les plus extraordinaires dans l'histoire des progrès de notre compréhension du vivant. A gauche, il s'agit de la fleur normale de l'espèce *Arabidopsis*, à droite il s'agit de la même fleur, après inhibition des gènes ABC. Non seulement les pétales sont transformés en feuilles (ce qui, intuitivement, pouvait être envisagé, car après tout, les formes d'une feuille et d'un pétale sont proches), mais *tous* les éléments de la fleur, y compris ceux qui, comme le pistil ou les étamines, ne ressemblent en aucune façon à une feuille, ont bel et bien été transformés en feuille. Or,

7. D. Weigel, E. M. Meyerowitz, "The ABCs of floral homeotic genes", *Cell*, 1994, 78, p. 203-209.

c'est exactement ce que Goethe avait prédit. Tous les composants de la fleur étaient, pour lui, des modifications d'un archétype fondamental, la feuille.

En 2001, un article publié dans *Nature*⁸ commence tout simplement par les mots suivants : "Goethe avait raison en proposant que les fleurs étaient des feuilles modifiées." Ainsi, un poète qui avait souffert de son vivant même du fait que ses travaux en biologie n'étaient pas pris au sérieux parce qu'il ne s'agissait pas de son domaine principal d'activités, et qui aurait encore été bien plus triste s'il avait vécu, de voir comment ses conceptions scientifiques ont été méprisées et ridiculisées en étant considérées comme "romantiques", c'est-à-dire à l'opposé, dans l'esprit de ses détracteurs, de ce qui est rationnel et sérieux, se trouve être à la base de l'une des découvertes les plus inattendues des vingt dernières années, dans le domaine de la biologie de l'évolution. Il n'y a rien à dire, sauf à changer le score : fonctionnalisme-structuralisme, 1 partout⁹.

Mais le match est loin d'être terminé. Si spectaculaire que soit sa confirmation, la théorie de Goethe concernait uniquement un archétype influençant une seule et unique entité, la fleur. Nous avons brièvement mentionné au premier chapitre les gènes Hox ou Homeobox comme l'une des grandes découvertes récentes. Ces gènes ont d'abord été découverts chez les insectes et chez l'animal favori des généticiens, le drosophile. Comme je l'ai expliqué, ils permettent de produire des pattes à la place des antennes ou de multiplier les yeux. En bref, ils contrôlent la façon dont se

8. Gunther Theiben et Heinz Saedler, "Plant biology: floral quartets", *Nature*, 409, 26 janvier 2001, p. 469-471.

9. Le lecteur pourra penser que ma façon de compter les points est quelque peu puérile, mais en fait je me réfère à l'ouvrage de Ken Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, Presses de la Renaissance, 2009. Miller, dont j'apprécie beaucoup certaines idées et que j'apprécie au plan personnel, tout en étant loin de partager toutes ses positions, m'avait quelque peu énervé en "comptant les points" au cours de son livre et en attribuant toujours les points au darwinisme, sans en attribuer aucun à ses opposants. Sans prétendre à l'objectivité, car personne ne peut être totalement objectif, j'essaie de mettre en lumière dans cet ouvrage les qualités du darwinisme, même si j'en souligne les défauts.

spécialisent les divers segments de l'insecte. En 1984, une première équipe tenta d'identifier l'équivalent du gène *antennapedia* (celui qui fait apparaître une patte à la place de l'antenne chez la mouche) chez un vertébré, un crapaud. A cause de la vision dominante dans le darwinisme orthodoxe qui régnait à l'époque (cf. les propos de Gould et Mayr), les auteurs racontent que certains de leurs collègues refusèrent de participer à l'expérience tant elle leur semblait vaine¹⁰. Or, non seulement ces gènes furent trouvés, mais avec eux toute une série d'autres qui montrèrent une homologie entre les gènes Hox qui contrôlent la différenciation des différentes parties situées dans l'axe antéropostérieur (de la tête à la queue) chez les insectes comme chez les vertébrés, et qui sont situés dans le même ordre sur les chromosomes¹¹ !

Mais les choses ne s'arrêtent pas là. Comme nous l'avons déjà mentionné, un gène de souris contrôlant la formation de l'œil peut être inséré dans le génome de la mouche où il va susciter la formation d'un œil de mouche, pourtant totalement différent de celui de la souris.

Comme Gould l'explique de façon détaillée¹², cela constitue une revanche de Geoffroy Saint-Hilaire. En effet, il est désormais incontestable qu'il existe de profondes homologies entre des phylums différents et que ces homologies concernent non seulement les gènes régulateurs fondamentaux du développement mais montrent aussi qu'il y a conservation des plans d'organisation fondamentaux.

"Il semble à présent presque inévitable d'admettre la réalité d'une certaine homologie entre les segments des arthropodes et ceux des vertébrés¹³". Les scientifiques commencent à prendre

10. A. E. Carrasco, W. MacGinnis, W. Gehring, E. M. de Robertis, "Cloning of an *X. laevis* gene expressed during early embryogenesis coding for a peptide region homologous to *drosophila* homeotic genes", *Cells*, 37, 1984, p. 409-414.

11. Voir Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1542.

12. *Ibid.*, p. 1549, 1553.

13. *Ibid.*, p. 1550.

conscience, parfois à reculons et en différentes étapes, que la théorie de Geoffroy Saint-Hilaire était bel et bien une clé pour comprendre la nature, à condition, bien entendu, de la réinterpréter en termes modernes (comme le darwinisme l'a été, lui aussi, après qu'eurent été découverts les fondements de la génétique) : "Cette hérésie qui a été la plus tournée en ridicule et qui est si contraire, dans ses fondements, aux prédictions du strict darwinisme épousé par la synthèse moderne, et qui avait été largement rejetée en tant qu'illusion romantique jusqu'il y a peu, a maintenant refait surface, sous une forme bien entendu révisée¹⁴." Structuralisme 2, fonctionnalisme 1.

Vous rappelez-vous la dernière idée absurde de Geoffroy Saint-Hilaire, celle selon laquelle les vertébrés seraient des arthropodes "retournés" ? Dans le milieu des années 1990, on découvrit qu'un gène qui intervient dans la formation du tube nerveux et de la face dorsale d'un crapaud, avait pour homologue chez la mouche drosophile un gène qui façonne la face ventrale de la larve en cours de développement et dont l'action induit la formation de la chaîne nerveuse ventrale (l'équivalent de la moelle épinière chez tous les vertébrés)¹⁵.

Deux autres découvertes portant sur des gènes qui, chez les vertébrés, contrôlent l'élaboration du dos, alors que leurs homologues contrôlent l'élaboration de la face ventrale chez les arthropodes, ont "conduit à envisager comme une certitude la conclusion étonnante que suggéraient ces recherches¹⁶".

Une victoire que l'on se garde d'ébruiter

Ainsi, les trois théories de Goethe et Geoffroy Saint-Hilaire, qui, comme nous l'avons vu, furent si longtemps décriées et

14. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1562-1563.

15. *Ibid.*, p. 1567.

16. *Ibid.*

considérées comme des rêveries romantiques, sont aujourd'hui devenues des certitudes scientifiques. Structuralisme 3, fonctionnalisme 1.

Bien entendu, les mécanismes proposés par Goethe et Geoffroy Saint-Hilaire ne correspondent en rien aux mécanismes qui ont permis de valider leurs intuitions. Comment pourrait-il en être autrement ? Darwin, lui non plus, ne connaissait rien des mécanismes moléculaires du vivant et nul ne saurait le lui reprocher. Mais cela l'a amené à écrire lui aussi des énormités. Envisageant l'hérédité sous forme de gemmules qui circulaient dans le corps pour s'introduire dans les cellules reproductrices, il suggéra que si, dans les vieux couples, l'homme et la femme finissent par se ressembler quelque peu, cela pourrait être dû à la circulation fréquente et répétée des gemmules venant de l'homme dans le corps de la femme. On ne peut aujourd'hui que sourire à cette idée. Cela n'empêche nullement de reconnaître que Darwin est un grand nom de l'histoire des sciences, qu'il a non seulement permis la compréhension de nombreux phénomènes grâce à la sélection naturelle, mais aussi qu'il a eu, comme nous l'avons vu, l'intuition, bien que très indirecte, de grandes révolutions à venir, telle que la dérive des continents ou les caractères récessifs en génétique. Alors pourquoi aujourd'hui n'y a-t-il pas des colloques, des articles, des livres entiers sur les conceptions biologiques de Goethe et de Geoffroy Saint-Hilaire, pourtant confirmées par des découvertes génétiques effectuées dans les vingt dernières années ? On touche là à mon sens à un problème d'ordre idéologique, sur lequel je ne veux pas trop m'étendre, mais que je souhaite tout de même brièvement aborder.

Les adaptationnistes sont extraordinairement... adaptables ! Normal, me direz-vous ? Non, car cela contredit tous les usages habituels de la science. Quand une théorie scientifique amène à des prédictions inexactes, il en résulte toujours une forme de mise en question. Même si par ailleurs cette théorie explique beaucoup de choses et n'est pas rejetée, on se doit de mentionner avec force ses limites lorsqu'elle s'est trompée. Or, nous avons vu comment le darwinisme et le néodarwinisme ont été amenés

à faire des prédictions fausses sur l'existence de gènes homologues chez des espèces séparées, à cause de la priorité donnée par le darwinisme à la sélection naturelle par rapport à la structure et aux archétypes. Si Gould a, comme nous l'avons vu, qualifié de "funeste" cette décision de Darwin, c'est bien parce que cela a amené plus tard les néodarwiniens à faire une erreur remarquable à défaut d'être remarquée.

Mais, vous ne trouverez pas chez les néodarwiniens de mea culpa ni de remises en cause suite à ces découvertes (Gould n'a pas à en faire, bien au contraire, lui qui a toujours été un avocat du rééquilibrage de l'importance de la structure par rapport à la fonction dans la théorie de l'évolution, comme le montre son ouvrage *Ontogénie et phylogénie* paru en 1977, soit bien avant toutes les découvertes dont nous parlons ici). Le moins que l'on puisse dire, c'est que Gould est énervé par "la fréquente attitude des darwiniens stricts qui maugréent en disant souvent quelque chose du genre : Mais on sait tout cela, et je le dis là, dans la note en bas de la page 582 de mon article de 1967 ; vous n'apportez rien de nouveau, rien qui puisse modifier l'approche existante de l'évolution¹⁷." Cette réaction de type "adaptatif" est quasiment systématique chez les darwiniens, que vous parliez du structuralisme, de la convergence, des équilibres ponctués ou du rythme de l'évolution (à condition, bien entendu, qu'on n'aille pas jusqu'au monstre prometteur, et encore). Comme le dit la philosophe Marjorie Greene : "C'est ce que nous avons toujours dit, s'écrient-ils ; et pourtant, je le jure, je les ai entendus, et vus, soutenir absolument l'exact contraire et de façon répétée. Pas de changements soudains et pas de changements non adaptatifs, disaient-ils auparavant. Alors qu'à présent ils demandent, tout réjouis, pourquoi pas la stase, le changement soudain et des mutations neutres partout, sauf quelques innovations adaptatives ici ou là, de temps en temps ! On a toujours su que c'était comme cela, il n'y a rien de réellement nouveau, pas de révolution

17. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1433.

ici¹⁸.” Enervé d’entendre John Maynard Smith employer ce type de stratégie dans un grand colloque, un collègue de Gould lui lança : “Certes, John, tu avais peut-être bien la bicyclette [le structuralisme] mais tu n’es jamais monté dessus !”

Reste le cas Gould.

Gould : un Moïse qui n’a pas voulu voir la Terre promise ?

Tout en rendant en permanence hommage à Darwin et en admirant son intelligence et son intuition, Stephen Jay Gould n’en a pas moins modifié les trois grands piliers du darwinisme, tout en continuant à se définir lui-même comme darwinien. La sélection naturelle était pour Darwin le principal facteur dirigeant l’évolution. Pour Gould, le structuralisme est aussi important que le fonctionnalisme, comme le montre un sous-chapitre de plus de cent cinquante pages dans l’ouvrage qui nous sert de guide pour ce chapitre (“Vers le rééquilibrage harmonieux de la structure et de la fonction dans la théorie de l’évolution”). Darwin envisageait le changement comme un processus lent et graduel ; Gould l’envisage comme un processus irrégulier pouvant être rapide et discontinu. Enfin, pour Darwin, la sélection se faisait au niveau des individus (comme pour Malthus), alors que pour Gould, elle se fait aussi, et peut-être surtout, à un niveau supérieur, celui de l’espèce. Bref, tout en respectant la statue du père fondateur, Gould a proposé une forte remise en cause de son modèle, et on peut comprendre qu’il ait trouvé particulièrement blessante la critique que certains lui ont adressée, selon laquelle il n’aurait rien inventé de nouveau !

Son livre testament de plus de deux mille pages a pour principal objectif, comme nous l’avons vu, de réhabiliter le structuralisme. Même si Gould met une limite à cette réhabilitation en déclarant un “match nul” entre le structuralisme et le fonctionnalisme

18. Cité par Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l’évolution*, op. cit., p. 1434

et en affirmant qu'on ne reviendra pas à l'époque où le structuralisme était dominant, il n'en critique pas moins fortement Darwin pour avoir passé sous silence tout un vaste pan de la biologie¹⁹. Gould dit expressément qu'il veut aider ses collègues à comprendre l'intérêt qu'il y a pour la théorie de l'évolution à mieux prendre en compte l'influence des contraintes structurelles et des lois de la physique²⁰.

Voilà donc un ouvrage où pendant plus de mille pages sur deux mille, Gould va réhabiliter, au moins en partie, tous les tenants du structuralisme, tous ces grands oubliés de l'histoire de l'évolution, en insistant sur les notions de lois et de contraintes, et ce pour annoncer triomphalement, page 1714, qu'il n'y a justement pas de lois et que la contingence (c'est-à-dire l'absence d'une quelconque logique) est le mot-clé pour comprendre l'évolution ! Comment un homme aussi intelligent peut-il se contredire autant ? On ne peut, hélas, lui demander d'explications puisque cet ouvrage a été publié à titre posthume. On peut néanmoins envisager quelques hypothèses. La première, c'est que Gould était guidé par une recherche honnête de la vérité et se basait sur des faits, mais d'un autre côté refusait de laisser tomber une certaine dimension idéologique dans son raisonnement (l'amour de la contingence et du caractère imprédictible de l'évolution).

On peut aussi penser qu'ayant réalisé le caractère funeste des deux grandes erreurs de Darwin (le fait que la nature ne fasse pas de saut et que la fonction, c'est-à-dire l'adaptation, était beaucoup plus importante que la structure dans l'évolution), il a voulu réformer le darwinisme de l'intérieur pour éviter à celui-ci un rejet qui aurait pu être violent. Néanmoins, Gould est conscient du paradoxe de sa démarche, et il ébauche une réponse, entre autres en mentionnant le débat naissant qui l'a opposé à Conway Morris et qui fut interrompu par sa mort précoce. Il

19. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 363.

20. *Ibid.*, p. 78.

pose ainsi un choix qui lui semble fondamental : soit ces fameux types, ces plans d'organisation existent en nombre limité, représentant des structures optimales qui doivent apparaître quelle que soit l'action de la sélection ; soit ils représentent seulement une solution possible parmi de nombreuses formes remarquablement différentes, chacune susceptible de conduire à une histoire de l'évolution de la vie sur Terre unique en son genre²¹.

Conway Morris, de Duvé et tous les structuralistes que Gould réhabilite pendant des centaines de pages, tous, sans exception, choisiraient la première affirmation. Gould choisit, lui, la seconde, comme le feraient tous ceux qui donnent la priorité à la fonction sur la structure. On peut véritablement dire qu'il se tire ici une balle dans le pied. Ce qu'il essaie de dire, c'est que les lois de la nature permettent un grand nombre de formes ou de structures fondamentales ayant chacune des logiques différentes, et qu'au tout début de l'évolution, une sorte de tirage aléatoire a eu lieu, une loterie qui a déterminé les structures et les formes gagnantes qui allaient se développer, figeant ainsi l'évolution dans une voie particulière. On peut bien sûr postuler cela, mais alors on se retrouve dans le camp antistrukturaliste, celui où l'ensemble des êtres vivants et des formes possibles est extrêmement grand à défaut d'être illimité et où, donc, les lois de la nature, les structures et les contraintes ne jouent qu'un rôle secondaire.

Comme Gould comprend bien que ce n'est pas suffisant, il va insister sur un concept que nous avons déjà rencontré : "le changement imprévu de fonction". L'évolution serait globalement imprédictible parce que la plupart des organes changent plusieurs fois de fonction au cours de celle-ci. Mais, en poursuivant cet argument et en l'appliquant aux débats que Darwin a eus avec l'un de ses principaux opposants, Saint George Mivart, il note que cela l'amène à rejeter... le structuralisme de Mivart. On ne saurait mieux démontrer que, si bien évidemment il existe de nombreux cas de transfert de fonction qui ne peuvent être

21. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1621

niés et peuvent jouer occasionnellement un rôle important dans l'évolution, en faire un principe majeur de celle-ci conduit de nouveau à nier au structuralisme un rôle de premier plan, c'est-à-dire à détruire tous les efforts mis en œuvre par Gould au cours des mille sept cents pages précédentes.

Pour ce concept si important pour lui de transfert de fonction, Gould a même forgé un mot nouveau. En effet, le terme habituel est "préadaptation". Mais Gould fulmine contre ce terme qui lui paraît porteur d'un crime abominable, l'idée de prédestination. Il va donc appeler "exaptation" un caractère qui occupe une nouvelle fonction dans un organisme. Gould n'a certainement pas envisagé une seconde que dans certains cas, le terme préadaptation puisse être pris au pied de la lettre. Pourtant, avec les reptiles thériodontes et les analyses de Grassé, nous avons vu un cas où cela pouvait sembler crédible. Par ailleurs, dans une vision où l'évolution est canalisée par des contraintes, des formes, des structures et des archétypes, il n'est pas si scandaleux et irrationnel que certains organes puissent s'incarner, et se développer, parce qu'ils seront utiles à des formes qui doivent apparaître plus tard, étant donné le canal dans lequel s'est engagée l'évolution de l'organisme en question. Il ne s'agit pas ici de la finalité classique, tellement scandaleuse pour la plupart des biologistes, mais tout simplement de l'idée selon laquelle certaines routes évolutives amènent certains organes à se manifester, comme par exemple, l'œil de vertébrés sur six routes différentes, comme nous l'avons vu au chapitre 4.

Gould se comporte ici un peu comme un nouveau Moïse qui aurait amené son peuple vers la Terre promise, celle d'une nouvelle compréhension de l'évolution, en réhabilitant, tout en leur donnant une interprétation moderne, des conceptions anciennes que l'on croyait enterrées à jamais, mais qui aurait au dernier moment détourné le regard et fermé les yeux, refusant de voir, ne serait-ce qu'un instant, cette Terre promise. Mais laissons Gould à ses contradictions pour aborder une nouvelle étape dans ce renouveau du structuralisme.

Quatre ans après la mort de Gould est paru dans *Science* un article qui a fait pas mal de bruit : "Réseaux de régulation génétique et évolution des plans d'organisation des animaux²²". Les auteurs, Eric Davidson et Douglas Erwin, sont des spécialistes confirmés de l'évolution, le premier étant un expert dans le nouveau domaine de l'évolution développement (évo-dévo), dans la célèbre université de Caltech en Californie, le second étant un chercheur du Muséum national d'histoire naturelle américain.

L'article étudie des réseaux constitués de ces fameux gènes de régulation dont nous avons vu l'impact qu'ils peuvent exercer sur les organismes. Les auteurs identifient des composants de ces réseaux qu'ils appellent les "kernels" et dont on pourrait dire qu'ils constituent le cœur du système, car, à cause de leur rôle dans le développement de l'organisme et de leur structure interne, il est presque impossible de les modifier, tout changement conduisant à une catastrophe qui stoppe le développement de l'organisme. De ce fait, certaines parties de ces réseaux de gènes de régulation n'ont probablement pas changé depuis le Cambrien. Ils seraient comme un écho biochimique des archétypes expliquant la stabilité des différents plans d'organisation.

Bien entendu, la question de leur apparition se pose. Si le moindre changement dans le cœur de ces réseaux conduit à des organismes non viables, comment ont-ils pu s'engendrer les uns les autres sur des périodes de temps courtes, au moment du Cambrien ? On retrouve là le fameux problème de l'explosion du Cambrien, grand sujet de débats entre darwiniens et anti-darwiniens, ces derniers faisant remarquer que l'apparition en dix ou vingt millions d'années des grands plans d'organisation qui régulent encore les êtres vivants d'aujourd'hui ne semble pas explicable par des mécanismes darwiniens. La découverte

22. Eric H. Davidson, Douglas H. Erwin, "Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans", *Science*, 10 février 2006, vol. 311, 5762, p. 796-800.

des kernels ne ferait que renforcer ce problème. C'est d'ailleurs pourquoi cet article a parfois été accusé d'aider indirectement les thèses de l'*intelligent design*, bien que cela ne fit nullement partie des objectifs des auteurs. Ils écrivent néanmoins que "la théorie classique de l'évolution, basée sur la sélection de petits changements, a l'espoir de fournir des explications grâce à une extrapolation effectuée à partir des schémas d'adaptation actuellement observés. De leur côté, les théories de la macroévolution ont largement invoqué une sélection se situant à des niveaux multiples, les espèces comme les clades [les auteurs font ici probablement référence aux thèses de Gould et de ses collaborateurs], mais aucun de ces deux types d'explication ne peut fournir une explication de l'évolution, en termes de changement dans la régulation des programmes génétiques de développement des plans d'organisation, alors que c'est là que l'évolution se situe²³." C'est une façon polie de dire ce que j'ai développé à la fin du chapitre 2 : aucune des deux grandes écoles darwiniennes actuelles, ni celle de Gould ni celle de Dawkins, ne nous fournit une bonne explication de l'évolution.

En dehors du cadre feutré de la revue *Science*, les deux auteurs ont été plus loin. Erwin a publié dans le *New York Times* un article intitulé "Darwin est toujours dominant mais certains biologistes rêvent d'un changement de paradigme²⁴". Il y montre à quel point leur découverte confirme les visions structuralistes que nous avons analysées tout au long de ce chapitre : "Une fois que le kernel est formé, il enferme le développement dans un certain chemin. Ces événements, petits ou grands, limitent l'éventail des possibilités sur lesquelles la sélection naturelle peut agir. Les questions concernant ce mécanisme n'ont même pas été posées par la synthèse moderne [le néodarwinisme]. L'échec de la synthèse moderne à expliquer comment la diversité a pu

23. Eric H. Davidson, Douglas H. Erwin, "Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans", *art. cit.*, p. 796.

24. Douglas H. Erwin, "Darwin still rules, but some biologists dream of a paradigm shift", *The New York Times*, 26 juin 2007.

croître représente un défaut encore plus troublant.” Erwin attaque ensuite l’idée selon laquelle les mécanismes qui se déroulent actuellement permettraient de comprendre le passé. Cette idée, appelée également “uniformitarisme”, provient de la géologie et avait profondément inspiré Darwin et ses successeurs actuels, comme Ernst Mayr. Mais, fait-il remarquer, lorsqu’une rivière creuse son lit, elle limite les options futures que peut prendre le cours de cette rivière par la suite. Ainsi, certains organismes peuvent eux-mêmes limiter leurs possibilités d’évolution (on retrouve l’argument de la Ferrari). Davidson va, lui, encore plus loin lorsqu’il ose confier à un journaliste que “le néodarwinisme est mort²⁵”.

Des structures qui réapparaissent encore et toujours

Plus récemment encore, le biologiste moléculaire Uri Alon a publié dans *Nature* un article intitulé “La simplicité en biologie²⁶”. L’auteur étudie également les réseaux de gènes de régulation, et il retrouve quelque chose qui s’apparente aux kernels et qu’il appelle les “motifs”. Ces motifs apparaissent, encore et encore, dans de nombreux réseaux, et il semblerait que ces réseaux biologiques soient bâtis ou reposent sur un petit nombre seulement de tels motifs. L’auteur s’étonne de trouver derrière l’extraordinaire complexité des machines biologiques un tel degré de simplicité car, dit-il, les cellules ont évolué pour survivre et non pas pour permettre aux scientifiques de les comprendre. Ce fonctionnalisme naïf aurait fait sourire Goethe et Geoffroy Saint-Hilaire qui n’auraient nullement été surpris, eux, d’une telle découverte. L’auteur insiste sur le fait que ce petit nombre de motifs semble être le résultat de contraintes strictes et que, ayant été découverts dans les bactéries, ces motifs ont

25. Fred Heeren, “A little fish challenges a giant of science”, *The Boston Globe*, 30 mai 2000.

26. Uri Alon, “Simplicity in biology”, *Nature*, 446, 20 mars 2007, p. 497.

également été trouvés “dans les réseaux des gènes de régulation à travers différents organismes, incluant les plantes et les animaux. L'évolution semble avoir redécouvert les mêmes motifs encore et toujours dans différents systèmes²⁷.” L'auteur parle alors d'évolution convergente et pense que ces motifs spécifiques se répètent encore et encore parce qu'ils ont été sélectionnés à cause de leurs propriétés.

L'auteur, qui est probablement un darwinien classique, étant donné qu'il ne semble nullement conscient de la façon dont ses travaux contribuent à confirmer le renouveau du structuralisme, imagine, en constatant que l'on redécouvre encore et encore dans la nature des systèmes identiques, que cette convergence est due à la sélection naturelle. Des systèmes efficaces ont été sélectionnés de nombreuses fois, et cela a mené à des résultats identiques.

Mais d'autres découvertes mettent en doute le fait que la sélection naturelle y soit pour quelque chose. Ainsi, le généticien Jean-François Moreel a récemment présenté le cas de la thimidilate synthetase²⁸. Cet enzyme qui réalise une synthèse importante se trouve sous sa forme dite A dans 80 % des êtres vivants. Mais il existe une forme X qui réalise la même synthèse en utilisant une autre réaction chimique et en étant composée de sous-unités n'ayant rien en commun avec la forme A. Les deux formes sont retrouvées dans tous les règnes, embranchements et classes du vivant, et leur répartition, selon Jean-François Moreel, “échappe à toute hypothèse phylogénétique”. Il veut dire par là que l'on ne peut pas imaginer que la forme A soit le système normal et qu'ensuite elle ait muté, donnant pour 20 % des êtres vivants la forme X. Car les formes A et X sont incroyablement mélangées. Par exemple, la souris possède la forme A, alors que le rat possède la forme X. Il faudrait alors imaginer que la forme A a muté des dizaines de fois pour produire la forme X. Mais, la probabilité d'obtenir un tel système est d'une chance sur 8×10^{17} ,

27. Uri Alon, “Simplicity in biology”, *art. cit.*, p. 497.

28. A l'Université interdisciplinaire de Paris, conférence du 13 mai 2009, voir <http://www.uip.edu>.

soit une chance sur 800 millions de milliards. Bien évidemment, il est complètement impossible qu'un tel événement se produise des dizaines de fois au cours de l'évolution.

Et la thimidilate n'est pas la seule dans ce cas. Une autre enzyme, la triptophane, effectue, elle aussi, une synthèse importante pour les êtres vivants. Elle existe, elle aussi, sous deux formes, A et B. Là encore, les formes sont mélangées dans l'arbre du vivant de telle façon qu'on ne puisse pas imaginer que l'une soit la forme normale et que l'autre soit une forme mutante qui en est issue, mais cette fois-ci, la probabilité de constitution d'une de ces formes est de $1:10^{48}$.

Bien évidemment, ce n'est pas grâce à la sélection naturelle que de telles structures sont apparues de façon répétée au cours de l'évolution. C'est pourquoi on peut penser que les motifs qui apparaissent encore et encore dans les gènes de régulation de différents êtres vivants, comme l'a noté Uri Alon, ne sont pas, eux non plus, apparus uniquement grâce à la sélection naturelle. Notons que nous avons ici également un argument contre l'*intelligent design*. En effet, si c'est grâce à l'action ou à l'influence d'un designer que ces structures apparaissent encore et encore dans l'évolution, on peut vraiment penser qu'un tel designer aurait du temps à perdre ! Il est beaucoup plus logique de penser que si ces différentes structures (les deux enzymes citées par Moreel et les motifs dont parle Alon) apparaissent encore et encore, c'est parce qu'elles correspondent à des structures fondamentales et que l'évolution moléculaire est canalisée de telle façon que des convergences se produisent encore et encore.

Ce chapitre nous a permis de faire de grands progrès explicatifs. Nous avons vu que l'idée que des structures, des lois, des archétypes exercent des contraintes qui amènent l'évolution à être canalisée, est réhabilitée par toute une série de faits récents qui, tout en confirmant d'anciennes intuitions des penseurs structuralistes ou romantiques, nous donnent une nouvelle vision de la vie, dans laquelle celle-ci correspond à l'émergence répétée d'un certain nombre de structures fondamentales. Nous pouvons ainsi beaucoup mieux comprendre pourquoi l'évolution est canalisée,

comme le montrent les figures 5.1 et 5.4 du chapitre précédent. Il nous reste à mieux comprendre l'origine de ces structures elles-mêmes et des formes qui leur correspondent. C'est l'objectif du chapitre suivant.

Les protéines vont-elles assurer la victoire du structuralisme ?

Les protéines sont les éléments essentiels de la vie de la cellule : elles y assurent l'immense majorité des fonctions. Comme nous l'avons vu, elles sont composées d'acides aminés (vingt acides différents peuvent entrer dans leur composition) et la séquence dans laquelle se présentent ces acides aminés est déterminée dans des gènes qui, par l'intermédiaire de l'ARN, permettent de bâtir les protéines en donnant les instructions nécessaires pour assembler les acides aminés. Mais le processus ne s'arrête pas là. La protéine doit ensuite se replier sur elle-même, passant d'une structure en deux dimensions que l'on pourrait représenter comme un simple collier dont les perles seraient les acides aminés, à une structure très complexe en trois dimensions. Or, ce processus de repliement est crucial car la protéine ne peut accomplir sa fonction que si sa forme tridimensionnelle est correcte. Une protéine mal repliée peut être à l'origine de maladies graves. C'est le cas de la fameuse maladie de la vache folle, dans laquelle des protéines mal repliées jouent un rôle. Mais qu'est-ce qui est responsable du processus de repliement des protéines ? On a d'abord pensé, de façon réductionniste, que c'était sa composition. Ce serait la façon dont les acides aminés se succèdent dans le "fil" d'origine qui déterminerait la forme tridimensionnelle finale de la protéine. Néanmoins il existe des protéines ayant des formes identiques composées de séquences d'acides aminés très différentes.

Par ailleurs, on peut trouver des protéines composées en partie des mêmes séquences d'acides aminés... et ayant des formes très différentes. En dehors de quelques cas particuliers, il semble bien que la prédiction de la forme finale que prendra une protéine, à partir de la connaissance de ses composants de base (la séquence d'acides aminés), soit très difficile, voire impossible.

En 2001, la revue *Nature* publia un article de Michael Denton et Craig Marshall intitulé "Les lois de la forme revisitées¹". Cet article commençait par rappeler le credo du structuralisme et la façon dont la révolution darwinienne avait cru le balayer : "Avant Darwin, la plupart des biologistes adhéraient à un modèle platonicien de la nature. Cela impliquait que le monde biologique consistait en un ensemble fini de formes naturelles essentiellement immuables qui, à l'instar des formes inorganiques comme les atomes ou les cristaux, faisaient partie intégrante de l'ordre éternel du monde. De même qu'aujourd'hui nous expliquons la structure des atomes et des cristaux par un ensemble de lois physiques ou «de règles de construction», les biologistes prédarwinien ont de la même façon cherché à rendre compte de l'origine des formes biologiques en ayant recours à un ensemble de lois physiques génératrices souvent appelées «lois des formes». Pour de nombreux biologistes d'aujourd'hui, la biologie platonicienne est un anachronisme irrémédiablement voué à être remplacé et l'idée que les formes biologiques puissent être des caractéristiques intrinsèques de la nature produites par les lois physiques est considérée avec incrédulité²." Mais ensuite, les auteurs nous disent que des avancées récentes dans notre compréhension des protéines montreraient que le repliement de celles-ci s'effectue en fonction de formes déterminées par les lois de la physique, exactement comme les cristaux de neige de la figure 6.1. Ainsi il existerait un ensemble de formes biologiques – les structures des protéines repliées – qui serait déterminé par des lois physiques semblables

1. Michael Denton, Craig Marshall, "Laws of form revisited", *Nature*, 410, 22 mars 2001.

2. *Ibid.*, p. 417.

à celles donnant forme aux cristaux et aux atomes. Il s'agirait de formes platoniciennes invariantes, précisément du type que les biologistes prédarwinienens recherchaient³.

Il y a, en théorie, au moins 10^{68} façons pour une protéine de taille moyenne de se replier (cela dépend du nombre d'acides aminés). Dans la pratique, il ne semble pas y avoir plus de mille formes de protéines. En outre, ces formes sont (heureusement pour nous et les autres êtres vivants) extrêmement solides. Elles peuvent encaisser un certain nombre de perturbations et revenir à leur forme originale. De plus, comme nous l'avons mentionné, des formes identiques peuvent être obtenues avec des protéines ayant des compositions très différentes. Le millier de formes existantes de protéines seraient donc un alphabet de base de la nature comme, par exemple, les 92 atomes de la classification périodique des éléments. L'article se poursuit en indiquant que ce qui est vrai pour les protéines l'est sans doute aussi pour des formes supérieures, comme celle des microtubules (des fibres constitutives du cytosquelette d'une cellule), voire que les cellules elles-mêmes auraient leur forme déterminée par des lois physiques. L'article se conclut ainsi : "S'il s'avère qu'une quantité substantielle de formes biologiques supérieures est naturelle, alors les implications seront radicales et d'une grande portée. Cela voudra dire que les lois physiques ont dû avoir un rôle bien plus important dans l'évolution des formes biologiques qu'on ne l'imagine généralement. Et cela signifiera un retour à la conception prédarwinienne selon laquelle, sous-tendant toute la diversité du vivant, il y a un ensemble fini de formes naturelles qui réapparaîtra encore et toujours partout dans l'Univers où il y a de la vie à base de carbone⁴." Mais il ne s'agissait que d'un court article introductif. L'article essentiel parut l'année suivante dans le *Journal of Theoretical Biology*, sous un titre particulièrement évocateur : "Le repliement des protéines en tant que formes

3. Voir Michael Denton, Craig Marshall, "Laws of form revisited", *art. cit.*, p. 417.

4. *Ibid.*

platoniciennes : nouveau support pour la conception prédarwinienne d'une évolution par lois naturelles⁵". Cet article développe et démontre les thèses mentionnées dans celui de *Nature*. En commençant par rappeler l'histoire du structuralisme que nous avons abordée au chapitre précédent, il montre comment les biologistes évolutionnistes prédarwiniens partaient à la recherche des lois de la forme qui permettraient de comprendre les formes biologiques comme on pouvait comprendre et classer les formes des cristaux. Cela débouchait sur la grande vision d'un arbre de la vie inscrit, avec les myriades de formes qu'il porte, dans les lois de la nature. La structure de l'évolution était elle-même, dans un certain sens, prédéterminée ou préspecifiée par ces lois⁶. Les structuralistes du XIX^e siècle ont donc tout naturellement spéculé sur le fait que des êtres vivants analogues à nous pouvaient exister sur d'autres planètes, et ce cent cinquante ans avant que de Duvé et Conway Morris ne donnent de nouveaux arguments en faveur d'une telle hypothèse.

Ainsi Richard Owen n'hésitait-il pas à prédire que des vertébrés tétrapodes (à quatre pattes) existeraient sur d'autres planètes, une idée fortement renforcée par les travaux récents de Vincent Fleury, comme nous le montrerons au chapitre suivant. Les auteurs reviennent ensuite sur la façon dont la révolution darwinienne a fait prévaloir la fonction sur la forme, les formes organiques ne représentant, selon cette conception, qu'un petit ensemble fini de toutes les formes possibles, chaque forme ayant été sélectionnée par la sélection naturelle⁷.

Partant du fait que des protéines peuvent avoir des formes identiques alors que leurs compositions et leurs fonctions sont complètement différentes, ils développent l'idée qu'il existe un certain nombre de structures de base que les protéines ont

5. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *Journal of Theoretical Biology*, vol. 219, Issue 3, 7 décembre 2002, p. 325-342.

6. *Ibid.*, p. 327.

7. *Ibid.*, p. 329.

“redécouvertes” à de nombreuses reprises, au cours de leur processus de repliement⁸. On comprend mieux alors pourquoi nous avons vu au chapitre précédent que deux protéines différentes accomplissant le même type de fonction aient pu être “redécouvertes” encore et encore au cours de l’évolution. On peut d’autant mieux penser que ces formes naturelles sont fournies par les lois de la physique qu’il existe un jeu de règles permettant de comprendre leur construction comme pour les structures atomiques de la table périodique des éléments. En fait, nous sommes dans le cas équivalent de celui d’une bille qui, lancée dans un bol, finira toujours par s’arrêter au fond de celui-ci quel que soit le chemin qu’elle emprunte. Il y a là une différence fondamentale avec la conception darwinienne, dans laquelle nous avons “une infinité de formes mais où chacune ne peut être assemblée par un petit nombre ou même par une unique voie. Alors que dans le cas des formes naturelles, et le repliement des protéines en est un exemple classique, il y a un nombre fini de formes mais un nombre infini de chemins qui permet d’y arriver⁹.” N’avez-vous pas l’impression de comprendre soudain beaucoup mieux comment les nombreux phénomènes de convergence décrits au chapitre 4 sont possibles dans la nature ? Il s’agissait là aussi d’arriver par de multiples chemins à une forme identique.

Après un siècle et demi de progrès des conceptions réductionnistes en biologie, les éléments de base de la vie, les protéines, nous ouvrent de nouvelles perspectives. Les repliements des protéines viennent soutenir une vision holistique où ce ne sont pas les parties qui expliquent la totalité, mais où c’est la totalité, c’est-à-dire la structure, qui détermine quel type de séquence pourra être constitué en son sein¹⁰.

8. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, “The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law”, *art. cit.*, p. 322.

9. *Ibid.*, p. 333.

10. *Ibid.*, p. 332.

Ces formes qui peuvent être atteintes par de multiples chemins et composées de différentes séquences d'acides aminés, sont des formes extrêmement solides, comme nous l'avons déjà vu, ce qui est très important pour l'évolution, car celle-ci peut compter sur l'existence de structures stables et "toutes prêtes" pour bâtir des structures et des fonctions nouvelles. Cela "souligne l'autonomie naturelle et la primauté platonicienne des formes ou des protéines, par rapport à leur constituant matériel, et souligne le fait que ces formes existent naturellement et ne sont pas des artéfacts constitués d'aggrégations de particules matérielles [...]. Ainsi, la majorité des sous-structures qui constituent une protéine repliée dépendent pour leur existence du fait qu'elles soient une partie de l'ensemble, en dehors duquel elles n'ont pas d'existence indépendante¹¹."

C'est une véritable révolution conceptuelle ! Cette fois, nous avons bel et bien trouvé un domaine où le tout est non seulement plus que la somme des parties, mais encore "ontologiquement antérieur" à ses composants, ce qui est la définition de base du holisme et du non-réductionnisme. Et cela, au cœur de la biologie moléculaire, domaine privilégié où le réductionnisme a cru pouvoir triompher en biologie. Les protéines sont comme des phrases, selon une belle analogie utilisée par les auteurs de l'article : certains mots n'ont aucune signification s'ils sont pris hors de leur contexte. Ainsi le mot "droite" peut désigner une ligne géométrique, un parti politique, une conduite morale exemplaire... Vous ne pouvez rien faire d'un tel mot si l'on vous le donne hors de son contexte. La situation est la même pour les séquences d'acides aminés. C'est seulement quand elles sont englobées dans une forme qu'elles peuvent avoir du sens.

L'article étudie ensuite la façon dont ces formes de protéines peuvent apparaître. Nous retrouvons là deux concepts clés de cette nouvelle vision de la vie, le saut et le chemin préexistant

11. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *art. cit.*, p. 334.

qui canalise l'évolution d'un système. Ce sont les deux voies que les auteurs envisagent pour la formation de ces structures en trois dimensions.

Le fait que les structures des protéines puissent se former de façon quasiment automatique là où les conditions sont réunies, de la même façon par exemple que les cristaux peuvent se former dans les roches, serait également d'une grande importance pour mieux comprendre l'origine de la vie, puisque celle-ci est basée sur les protéines. Ainsi, les conceptions platoniciennes pourraient être d'une grande aide pour résoudre ce mystère¹². Cela permet de mieux comprendre ce que disait de Duve sur l'apparition de la vie au chapitre 5.

Mais les auteurs ne vont pas s'arrêter au niveau des protéines. Ils vont montrer que des structures plus complexes comme des microtubules ou des assemblages de microtubules comme les asters, peuvent être, eux aussi, "données" par les lois de la physique. Finalement, un certain nombre d'indices existent également pour nous montrer que les formes des cellules seraient également invariantes et seraient, elles aussi, le produit de lois de la nature. Les documents fossiles nous montrent que certaines d'entre elles, comme la cellule du *Tetrahymena*, n'ont pas varié depuis un milliard d'années. Et là aussi, on retrouve, en comparant les compositions des cellules, la même situation où des formes peuvent être identiques alors que la nature de leurs composants peut profondément varier. Tout cela paraît de nature à contribuer à une victoire définitive du structuralisme et non pas seulement à un scénario de "match nul" comme le voulait Gould dans son œcuménisme.

En effet Goethe, Owen et tous les structuralistes auraient été enthousiasmés par la découverte que la structure tridimensionnelle des formes de base de la vie représente un univers platonicien du même type que celui des cristaux de neige, exactement

12. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *art. cit.*, p. 337.

comme la biologie prédarwinienne le recherchait. Et dans un tel ensemble, l'évolution se fait par des lois et non par la sélection d'une fonction¹³. Cette conclusion est véritablement la base de la nouvelle vision de la vie, celle où une évolution par "lois naturelles" remplace une évolution par sélection naturelle qui, certes, existe mais ne concerne que la microévolution et non la macroévolution, c'est-à-dire l'apparition de nouvelles formes dans la nature, alors que la grande majorité des biologistes, de Darwin à Dawkins, pensaient pouvoir se reposer sur cette évolution par sélection naturelle pour obtenir une explication de l'existence de ces formes. Cette conclusion est renforcée par le fait que si la forme des protéines était déterminée par leur composition, c'est-à-dire par leurs parties, il serait facile de déduire la forme tridimensionnelle des protéines à partir de cette composition. Or, justement, c'est loin d'être le cas.

Cet article est à mon sens véritablement fondateur, même si beaucoup d'éléments et de concepts qu'il contient peuvent déjà se trouver, comme nous l'avons vu, dans les travaux récents de Gould et d'autres. Néanmoins, c'est son côté synthétique et les portes qu'il ouvre en direction d'une nouvelle vision de la vie, qui le rendent unique. Un grand nombre de thèses et de directions de recherche peuvent dériver de ce seul article. Avis aux amateurs ! Pour les autres, les non-professionnels de la biologie, je conseille néanmoins de lire cet article, tout en sautant les quelques passages techniques qu'il contient. C'est véritablement une expérience à faire pour tous ceux qui s'intéressent à la nature de la vie et à l'évolution.

Michael Denton publiera l'année suivante, dans *Biosystems*, un article reprenant ces vues, avec deux autres collaborateurs. Le titre de l'article suffira à ceux qui ont lu les pages précédentes pour comprendre sa teneur : "Les lois physiques et non la sélection naturelle sont le déterminant majeur de la complexité

13. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *art. cit.*, p. 340.

biologique au niveau intracellulaire : nouveau support pour la conception prédarwinienne de l'évolution par lois naturelles¹⁴."

Quatre ans après les articles de Michael Denton, un article est paru dans la revue *Science*, intitulé "L'évolution darwinienne ne peut suivre qu'un très petit nombre de chemins mutationnels pour améliorer les protéines¹⁵". Cet article analyse la façon dont la résistance d'une bactérie aux antibiotiques peut se développer. Pour que cette résistance se produise, la bactérie a besoin d'acquérir cinq mutations différentes. Il y a en théorie cent vingt "chemins possibles" pour acquérir ces cinq mutations mais la plupart de ces chemins sont des voies sans issue, car l'acquisition des mutations dans un certain ordre fait décroître les capacités de la bactérie au lieu de les améliorer. Nous sommes ici dans la situation des paysages adaptatifs décrits à la figure 5.5 C, là où on ne peut passer d'un pic à un autre par des voies darwiniennes. Comme le titre l'indique, les présupposés des auteurs de cet article sont et restent darwiniens, c'est pourquoi ils éliminent ces chemins qui représentent 102 trajectoires sur 120. Dans les 18 trajectoires restantes, ils montrent que seulement 9 d'entre elles sont probables, les autres étant très improbables. Ainsi donc on peut en grande partie prévoir les chemins d'évolution qu'emprunteront cette bactérie quand elle sera exposée à ce type d'antibiotique. Les auteurs de l'article montrent que c'est le cas pour d'autres bactéries. On retrouve encore et toujours l'idée de contraintes qui s'exercent sur la sélection naturelle. Les auteurs n'hésitent pas à conclure que "le schéma d'évolution des protéines peut être largement reproductible, et même peut être prédictible, et qu'il apparaît que les interactions intramoléculaires rendent impossibles bien des trajectoires, ce

14. Michael J. Denton, Peter K. Dearden, Stephen J. Sowerby, "Physical law not natural selection as the major determinant of biological complexity in the subcellular realm: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *Biosystems*, 2003, vol. 71, n° 3, p. 297-303.

15. Daniel M. Weinreich, Nigel F. Delaney, Mark A. DePristo, Daniel L. Hartl, "Darwinian evolution can follow only very few mutational paths to fitter proteins", *Science*, 7 avril 2006, vol. 312, n° 5770, p. 111-114.

qui veut dire que si l'on «rejoue» le film de l'évolution des protéines, celui-ci pourrait être étonnamment répétitif. Il reste à voir si les interactions intermoléculaires peuvent, à leur tour, exercer des contraintes similaires sur l'évolution darwinienne à une échelle plus large de l'évolution biologique¹⁶."

Un article d'une grande revue scientifique reprend donc cette idée des contraintes, de la prédictibilité et de la reproductibilité de l'évolution, cette fois-ci au niveau de protéines. Comme ils se situent dans un cadre darwinien, les auteurs parlent d'un petit nombre de chemins et non comme Denton d'une convergence vers une solution unique. Mais le résultat est le même ! Ici, que vous partiez d'une logique darwinienne ou non darwinienne, l'évolution est prédictible. A noter que Denton n'est pas cité dans les références de l'article, ce qui montre que les auteurs arrivent à des conclusions ayant les mêmes implications pour l'évolution sans avoir eu connaissance de ses travaux. Comme Denton, ils ouvrent une piste vers le haut, en envisageant que de telles contraintes s'exercent à des niveaux supérieurs aux protéines dans la hiérarchie des systèmes biologiques. C'est exactement le genre de confirmation dont nous avons besoin pour pouvoir conclure que Michael Denton a bien levé un lièvre d'une grande importance.

Les êtres vivants comme expressions de lois mathématiques

Même si la démarche de Denton nous amène jusqu'au niveau de la cellule, il reste un grand pas à franchir pour atteindre le niveau des êtres vivants. Mais ce pas a déjà été franchi il y a de cela près d'un siècle par D'Arcy Thompson. Biologiste et mathématicien écossais, il était un des esprits universels de son époque, ayant également de remarquables connaissances en linguistique et en littérature.

16. Daniel M. Weinreich, Nigel F. Delaney, Mark A. DePristo, Daniel L. Hartl, "Darwinian evolution can follow only very few mutational paths to fitter proteins", *art. cit.*, p.113.

Il est entré dans l'histoire grâce à un ouvrage extraordinaire *On Growth and Form* (*Forme et croissance* en français), publié en 1917 dans une version de plus de sept cents pages et republié en 1942 dans une version de plus de onze cents pages. La thèse centrale de cet ouvrage aura un goût de déjà vu pour le lecteur : il affirme que les biologistes de son époque surestiment le rôle de la sélection naturelle et sous-estiment le rôle des lois physiques et mécaniques dans la constitution de la forme et de la structure des organismes vivants. Soixante ans après la publication de *L'Origine des espèces* de Darwin, le grand ouvrage de D'Arcy Thompson était une première tentative de réhabilitation du structuralisme. Une réhabilitation certainement trop radicale, ce qui n'a pu que lui porter tort. En effet, D'Arcy Thompson néglige totalement l'aspect historique de l'évolution dans sa volonté de montrer comment les formes des êtres vivants peuvent être comprises à l'aide des lois physiques. Pour lui, les cellules, les tissus, les os, les coquilles des invertébrés, les feuilles et les fleurs étant composés de particules matérielles, leur croissance doit donc se conformer aux lois de la physique. C'est sur cette intuition que D'Arcy Thompson s'est lancé dans de grandes analyses mathématiques, assimilant les problèmes de croissance de différents êtres vivants à des problèmes de physique¹⁷.

D'Arcy Thompson est profondément antidarwinien¹⁸. Et cela lui coûtera très cher, car, si dans les dernières années de sa vie il fut couvert d'honneurs (nommé Chevalier, il reçut un diplôme *honoris causa* de l'université d'Oxford et entra à la Royal Society, l'Académie des sciences britannique), cet homme, d'une culture encyclopédique, qui a produit une œuvre qui, par sa portée et sa dimension, peut se comparer à *L'Origine des espèces*, a passé toute sa vie comme professeur de biologie dans deux universités écossaises, toutes les chaires auxquelles il avait postulé, à Oxford,

17. D'Arcy Thompson, *Forme et croissance*, Paris, Seuil, 1994, p. 34.

18. "Le lecteur aura compris que je fais peu de cas de certains postulats (souvent considérés comme fondamentaux) de notre biologie moderne, et je n'ai d'ailleurs pas tenté de m'en cacher" (*ibid.*, p. 321).

Cambridge ou Londres, lui ayant été refusées. Ce qui montre que l'ostracisme dont sont victimes les non-darwiniens, même brillants, ne date vraiment pas d'aujourd'hui.

Il est impossible de résumer en quelques lignes l'énorme ouvrage de D'Arcy Thompson. Sachez néanmoins qu'il multiplie les exemples montrant que des formes biologiques, tout particulièrement dans le domaine des invertébrés, correspondent à des formules mathématiques. Il montre également qu'un certain nombre d'organismes peuvent prendre des formes complètement différentes en fonction de leur environnement, ce qui prouve bien que, dans ces cas-là au moins, la forme ne saurait en aucune façon être d'origine génétique. Ainsi, une certaine espèce de corail de l'ordre des Rugosa, croissent comme des tubes quand ils sont indépendants les uns des autres mais ont une forme hexagonale quand ils se développent en étant étroitement entassés les uns sur les autres (voir figure 7.1). Le même type de structure se retrouve dans les rayons de miel des abeilles, pour les mêmes raisons, les contraintes exercées par les lois de la physique, et non à cause d'une quelconque adaptation.

Une autre importante démarche de D'Arcy Thompson est de montrer comment on peut passer d'un animal à un autre par une sorte de transformation de coordonnées. Si l'on dessine les formes de certains animaux sur une grille et que l'on déforme la grille, on se rend compte que différentes espèces de crabes, de poissons et de bien d'autres animaux encore, correspondent à des déformations de cette grille ou à son basculement dans une certaine direction. Exactement comme si vous dessiniez un crabe sur un tissu élastique et que vous tiriez ensuite le tissu dans différentes directions, obtenant des images déformées de ce crabe... qui correspondent à d'autres espèces de crabes (ce que vous montre la figure 7.2). Le fait que des formes d'êtres vivants correspondent à des formules mathématiques, et que les transformations d'une espèce à une autre puissent s'expliquer par des transformations de coordonnées, a une conséquence très importante pour l'évolution : en effet, certaines transitions entre différents types d'"objets" mathématiques ne peuvent en aucun cas être graduelles. Cela veut dire

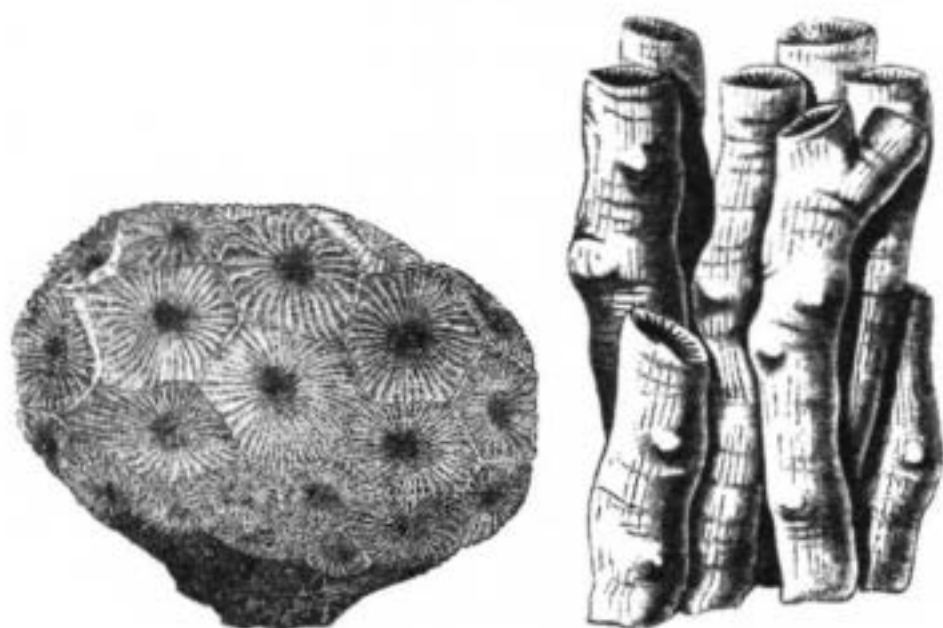


Figure 7.1. La forme des coraux de Rugosa n'est nullement déterminée par la génétique mais par leur environnement. Entassés les uns contre les autres ils prennent des formes hexagonales. D'après D'Arcy Thompson. © D. R.

que si des êtres vivants correspondent à des objets ou des formules mathématiques entre lesquels il n'y a pas de transition graduelle possible, l'évolution qui permet de passer de l'un à l'autre est *forcément* non graduelle, elle aussi. Nous avons donc une raison théorique de soutenir une vision non graduelle de l'évolution et pour D'Arcy Thompson, les discontinuités sont la règle, et cela à tous les niveaux de la nature : "Il y a donc un principe de discontinuité intrinsèque à toutes nos classifications, qu'elles soient mathématiques, physiques ou biologiques, et le nombre des formes possibles toujours limité peut être encore réduit, de sorte que la discontinuité soit encore plus prononcée [...] En bref, la nature procède d'un type à un autre entre formes organiques, aussi bien qu'inorganiques [...]. Nos analyses dans le domaine de la géométrie vont fortement à l'encontre des conceptions de Darwin au sujet de petites variations indéfiniment continues¹⁹."

19. D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press, 1942, p. 1094. Je cite ici l'édition anglaise car ce passage n'est pas dans l'édition française, qui est une version abrégée.

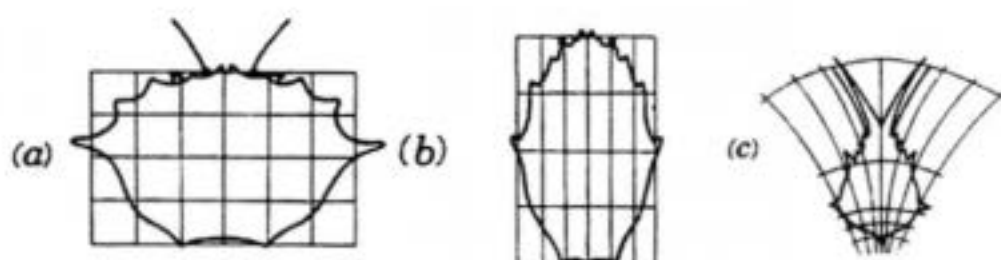


Figure 7.2. Un exemple de la façon dont on peut mathématiser l'évolution des formes. Les "déformations" qui permettent de passer d'une espèce à une autre correspondent à des changements de coordonnées. © Presses de la Renaissance.

On retrouve là, mais cette fois-ci au niveau des organismes, les deux grandes concepts de sauts et de canalisations. Sauts pour passer d'une forme à une autre et canalisations par les lois de la physique, pour expliquer l'apparition des formes qui ne sont donc pas des résultats de la sélection naturelle. On retrouve également l'idée que le nombre de formes possibles est bien plus limité que dans les conceptions darwiniennes, puisqu'il est inscrit dans les lois de la physique, toujours comme les cristaux.

Les conceptions de D'Arcy Thompson ont été redécouvertes au cours des dernières décennies par un grand nombre de biologistes, au fur et à mesure que le structuralisme retrouvait sa crédibilité, mais la réhabilitation principale de D'Arcy Thompson vient encore de... Gould, à qui on pourrait véritablement décerner le titre de réhabilitateur en chef. Il consacre à cela cinquante pages de son ouvrage testament dont le but, comme nous l'avons vu, est une réhabilitation du structuralisme en général. Bien entendu, Gould n'épouse pas jusqu'au bout les thèses de D'Arcy Thompson, ce dernier négligeant bien trop la dimension historique qu'il est nécessaire de prendre en compte quand on travaille sur l'évolution du vivant. Tout en le citant régulièrement et en attirant l'attention de ses collègues sur l'importance de son approche, Gould est en même temps très critique envers l'"extrémisme" des thèses de D'Arcy Thompson qui fait dépendre toute l'évolution de la seule action des lois de

la physique²⁰. C'est une réaction normale, puisque, nous l'avons vu, Gould veut au minimum tenir la balance égale entre structuralisme et fonctionnalisme. Mais, puisque nous venons de voir qu'au niveau des briques fondamentales du vivant, le structuralisme semblait bien l'emporter sur le fonctionnalisme, on peut, sans épouser l'hyperstructuralisme de D'Arcy Thompson, cheminer un peu plus longtemps avec lui que ne le fait Gould. Quand il remarque que les coquilles de mollusques correspondent à des formules mathématiques, D'Arcy Thompson insiste sur le fait que l'on retrouve des formes, basées sur la même formule mathématique, qui se répètent dans toutes les époques, sous différents climats et dans différentes conditions. Il est donc difficile de prétendre que la sélection naturelle joue un rôle dans l'apparition de telles formes, et ce d'autant plus que l'on trouve des formes très différentes dans des environnements identiques et des formes identiques dans des environnements très différents²¹. On voit ici que les phénomènes de convergence constatés au chapitre 4 peuvent dans certains cas s'expliquer pour des raisons mathématiques et non pas à cause de la pression de la sélection naturelle. D'Arcy Thompson fait appel à Aristote et à la différence que celui-ci fait entre la cause finale, c'est-à-dire l'utilité d'un objet, et la cause efficiente, c'est-à-dire le mécanisme qui a permis d'édifier cet objet. Il fait remarquer aux darwiniens que lorsque l'on reconnaît la valeur adaptative d'un organe (sa cause finale, dans le vocabulaire d'Aristote), on ne peut avoir la certitude que son développement (sa cause efficiente) a été liée à son futur usage. Cela ne peut que ravir Gould, qui y voit une prémonition de son concept d'exaptation, dans lequel un organe peut être apparu pour une tout autre raison avant de changer d'usage.

Grand adepte du saut, comme nous l'avons vu, D'Arcy Thompson est également un apôtre de la canalisation et de la convergence : "Cela nous invite aussi à envisager la possibilité

20. Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1684.

21. D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, op. cit., p. 586.

que les voies de variations possibles sont tellement étroites et déterminées que des formes identiques ont pu sans cesse apparaître indépendamment²²." Comme nous le voyons, la pensée structuraliste implique absolument, d'un côté une évolution canalisée pouvant conduire à des convergences, et d'un autre côté la nécessité que des sauts se produisent à certains moments de l'évolution.

A la recherche du "monstre prometteur"

Gould le répète régulièrement, mais qui est, selon lui, parmi tous les hérétiques qu'il réhabilite, celui qui a le mieux porté ces conceptions ? Il s'agit de Richard Goldschmidt, le fameux auteur de la théorie du "monstre prometteur", celui qui, comme nous l'avons vu au chapitre 2, fut le véritable ennemi public numéro un du darwinisme pendant plusieurs décennies.

Gould montre que le problème de Goldschmidt vient du fait qu'il a bâti à la fin de sa vie une théorie très particulière de la macromutation au plan génétique. Il a nié la notion de gènes individuels au profit d'une théorie génétique holistique impliquant des changements complets du génome. Ceci s'est révélé faux avec la découverte de l'ADN quelques années avant sa mort. Mais Goldschmidt n'était pas homme à changer d'avis et s'est enfoncé dans cette voie sans issue, avec le panache qui sied au penseur maudit : "J'avais sans aucun doute donné le coup de pied dans la fourmilière. Les néodarwiniens réagirent avec brutalité. Cette fois-ci, je n'étais pas seulement fou, j'étais presque un criminel²³." Même avant cela, ses contemporains n'y allaient pas avec le dos de la cuillère. Ainsi, Dobzhansky, l'un des fondateurs du néodarwinisme, en rendant compte en 1940 de l'ouvrage majeur de Goldschmidt, *Les Bases matérielles de l'évolution*, n'hésite pas

22. D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, op. cit., p. 607.

23. Richard Goldschmidt, *In and Out of the Ivory Tower*, Washington, Washington University Press, 1960, p. 318.

à écrire : "La naïveté qui imprègne la théorie de Goldschmidt relève de celle qui fait croire aux miracles²⁴." Car Goldschmidt est coupable d'un crime atroce, celui de catastrophisme. Comme nous l'avons dit, l'uniformitarisme est un postulat central du darwinisme inspiré de la géologie et des théories de Lyell : le passé s'explique par l'accumulation des effets de causes que nous voyons agir sous nos yeux. Postuler d'autres causes (des catastrophes qui ne se produiraient plus aujourd'hui) pour expliquer le passé est rigoureusement interdit et considéré comme antiscientifique. Or, c'est ce que Goldschmidt va faire, en l'assumant peut-être encore plus clairement que les autres structuralistes. Il affirme avec force que les mécanismes de la macroévolution ne peuvent en aucun cas être les mêmes que ceux de la microévolution, et que donc le passage d'une espèce à une autre ne peut se faire par l'accumulation graduelle de petites modifications mais nécessite un changement complet et brutal²⁵.

Toute la question est donc de savoir en quoi consiste le changement complet envisagé par Goldschmidt. S'il s'agit simplement de modifications dans le développement embryonnaire des organismes, alors Goldschmidt est un génial précurseur des gènes de régulation et de leurs fameuses mutations qui permettent des modifications brutales d'un plan d'organisation. Si, en revanche, il fait reposer ce changement sur sa théorie du changement génétique global, alors ses idées sont "glorieusement fausses" (même si des approches plus holistiques du génome se développent actuellement !). Gould va montrer que Goldschmidt a envisagé les deux voies et qu'il a d'abord pensé aux modifications dans le développement. En effet, Goldschmidt parle de macromutations pouvant affecter le développement embryonnaire précoce d'un organisme ainsi que les mécanismes qui régulent son développement de telle façon qu'une étape majeure de

24. Theodor Dobzhansky, "Catastrophism versus Evolution", *Science*, 1940, 92, p. 356-358.

25. Richard Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1940, p. 206.

l'évolution puisse être réalisée d'un seul coup²⁶. Ainsi, le monstre prometteur redevient tout à fait scientifiquement correct si l'on se focalise sur cette partie de la pensée de Goldschmidt et que l'on oublie l'autre qui, comme pour D'Arcy Thompson, Goethe, Geoffroy, Owen et... Darwin, bien sûr, fait partie des erreurs que tout grand esprit commet quand il lui manque des informations nécessaires pour réfléchir sur un problème fondamental.

Dans les faits analysés au long de ce chapitre comme dans le précédent, la stratégie de Gould est toujours la même. Réhabiliter les grands penseurs du structuralisme en éliminant certains de leurs excès ou de leurs erreurs pour montrer que leur conception est parfaitement intégrable dans une forme rénovée du néodarwinisme. Parfois le mariage peut sembler convaincant, parfois il ressemble à une union de la carpe et du lapin, comme lorsque Gould nous montre à quel point les canalisations, les contraintes et les sauts sont présents dans la nature, et qu'il veut quand même que tout cela s'inscrive dans une vision où la contingence règne en maître. Et ironiquement, Gould ne se rend pas compte que, d'une certaine façon, il fait la même chose que ce qu'il reproche à ses ennemis.

Il reproche en effet aux darwiniens classiques d'affirmer en permanence qu'il n'y a rien de nouveau ou rien de révolutionnaire dans les thèses qui sont avancées pour réformer le darwinisme. Or, si Gould montre en permanence que ses thèses sont incompatibles avec un "darwinisme pur", un "darwinisme orthodoxe", un "darwinisme classique", il n'en reste pas moins en permanence dans le cadre d'un néodarwinisme qu'il faudrait, suivant sa logique, qualifier d'impur, d'hérétique ou de non classique. Curieusement, Gould n'a jamais cherché à donner un nom à ce nouveau mouvement, mais a toujours voulu le maintenir sous l'étendard d'un néodarwinisme rénové. Mais pourquoi accepter une telle position qui, comme nous l'avons dit, fait penser à un Moïse qui refuserait de voir la Terre promise ?

26. Richard Goldschmidt, *In and Out the Ivory Tower*, op. cit., p. 318.

Puisque Gould a réhabilité tant de penseurs de l'évolution, qu'on me donne à mon tour la possibilité d'en réhabiliter un. Je choisis sans hésitation Michael Denton, l'auteur principal des trois articles scientifiques que nous avons analysés en début de chapitre. Si, comme nous allons le voir, Michael Denton a parfois changé d'idées, il y a deux constantes dans sa démarche : il n'a jamais été darwinien, et il a toujours travaillé à la réhabilitation du structuralisme ou à une vision de la nature basée sur des types et des archétypes. On retrouve dans son œuvre les deux notions-clés mises en avant par Gould comme étant constitutives du structuralisme : la canalisation de l'évolution dans des directions prédéfinies, donc une certaine forme de prédictibilité, et le non-gradualisme représenté par les sauts. Michael Denton n'est pas d'abord connu pour les trois articles ci-dessus mais pour deux livres qui ont défrayé la chronique et qui ont en quelque sorte fait de lui l'ennemi public numéro un du darwinisme, le Richard Goldschmidt contemporain, et ce avant que ne se développe l'*intelligent design*.

Ces deux ouvrages, écrits dans un style clair et pédagogique, montrent son savoir encyclopédique et son goût pour la synthèse ainsi que, comme pour Gould, la réhabilitation d'un certain nombre de penseurs anciens. Le premier, *Evolution : une théorie en crise*, est paru dans les pays anglo-saxons en 1985²⁷. C'est d'abord une synthèse de toutes les critiques que l'on peut adresser au darwinisme lorsque celui-ci tente d'expliquer la macroévolution. Denton défend avec brio la fameuse vision typologiste de la nature, selon laquelle la nature est constituée de types et qu'il est impossible de passer graduellement de l'un à l'autre. Goldschmidt avait lui-même insisté sur le fait que les poissons plats, comme la limande ou la sole, ayant les deux yeux sur la même face, on ne peut pas imaginer que l'œil ait évolué graduellement,

27. Michael Denton, *Evolution : une théorie en crise*, Paris, Flammarion, coll. "Champs", 1993.

passant insensiblement de la position normale qu'occupent les yeux chez tous les poissons, vers l'autre face où il rejoindra le second œil ! Denton multiplie ce genre d'exemples, certains sont très convaincants, d'autres moins ; puis il montre bien, contrairement à Gould, qu'une vision saltationniste de l'évolution ne peut en aucun cas reposer sur le hasard. Et c'est bien ce qui manque à mon sens à l'approche de Gould qui, après avoir longuement insisté sur le fait que la nouvelle vision de l'évolution qu'il défend intègre des sauts et une canalisation des directions évolutives, ne semble jamais avoir envisagé (car cela aurait constitué le vrai crime contre le darwinisme mais aussi contre ses idées concernant la contingence) que les sauts puissent être canalisés vers des directions prédéterminées. Denton insiste sur le fait qu'il est tout à fait possible que d'autres forces fondamentales n'aient pas encore été identifiées et que les systèmes vivants pourraient posséder des propriétés encore inconnues, qui pourraient avoir joué un rôle dans l'évolution²⁸. L'ouvrage de Denton a connu un succès énorme mais lui a porté tort pour trois raisons :

- L'ouvrage est ambigu en ce qui concerne l'évolution. Denton parle de sa "position anti-évolutionniste". En fait si l'on analyse bien l'ouvrage, il s'agit d'une position antidarwinienne. Mais il est vrai que nulle part l'auteur n'affirme que l'évolution est un fait, ce qui a valu à l'ouvrage un immense succès dans les cercles créationnistes américains et qui a bien sûr desservi Denton auprès de la communauté scientifique.
- Certains passages sur la paléontologie ou l'embryologie sont faux (justement ceux qui pourraient faire douter de l'évolution et pas seulement du darwinisme !), ou se sont révélés faux à la suite de découvertes ayant eu lieu après 1985 (Denton est un généticien et non un paléontologue).
- Enfin, Denton développe l'analogie entre les systèmes vivants et la complexité qu'ils présentent au niveau intracellulaire et les machines ou les créations de l'homme. Selon lui, jusqu'aux années 1980, nous n'avions pas assez de connaissances

28. Michael Denton, *Evolution : une théorie en crise*, op. cit., p. 366.

scientifiques pour nous rendre compte que les systèmes vivants étaient basés sur une technologie, exactement comme les hommes préhistoriques n'auraient pas reconnu une calculatrice comme un objet technologique en en démontant une, mais comme un simple ensemble de fils et de petits cailloux bizarres. Denton réhabilite ainsi William Paley et sa célèbre métaphore selon laquelle, quand on tombe sur une montre, il existe forcément un horloger qui l'a bâtie. Il fit remarquer que les biologistes, y compris les plus matérialistes comme Monod, développent régulièrement pour les besoins de leur démonstration, une analogie entre les êtres vivants et les machines. Mais alors, il n'y aurait pas d'incohérence logique à étendre cette analogie pour y inclure une explication de leur origine. A partir du moment où la biologie moléculaire moderne nous montre de plus en plus que les systèmes que contient la cellule ressemblent à des machines, et mêmes à des machines beaucoup plus complexes que les nôtres, l'argument classique de Paley retrouve une certaine crédibilité. Denton nous dit alors que si ces données avaient été connues à l'époque de Darwin, l'idée selon laquelle la sélection naturelle était le moteur premier de l'évolution aurait eu beaucoup plus de mal à s'imposer²⁹.

Cela a fortement inspiré les fondateurs du mouvement de l'*intelligent design* et a contribué, là aussi, à porter tort à Michael Denton. Il fit partie, tout au début, du *Discovery Institute*, le "think tank" qui regroupe les partisans de l'*intelligent design*. Mais il en sortit très vite, non pas pour des raisons stratégiques, mais parce qu'il changea complètement d'avis sur un point fondamental : non, les organismes vivants ne sont pas identiques à des machines. Denton comprit qu'il s'agissait là d'une double erreur commise en même temps par les créationnistes et tenants de l'*intelligent design*, d'un côté, et par les darwiniens de l'autre. Un paragraphe de son article majeur le montre : "Notons au passage qu'il y a une certaine ironie dans le fait que

29. Michael Denton, *Evolution : une théorie en crise*, op. cit., p. 352.

la métaphore de la machine ait été adoptée par les darwiniens comme par leurs opposants créationnistes. Pour les créationnistes comme pour les darwiniens, l'ordre de la vie est contingent et ressemble à ceux des artéfacts, comme l'ordre que présente une machine, comme l'ordre de la montre de Paley. De façon significative, Darwin lui-même admit combien il fut impressionné par l'ouvrage de Paley. Pour les créationnistes, c'est Dieu qui a mis en place cet ordre contingent, pour les darwiniens, c'est l'horloger aveugle³⁰."

Comme nous l'avons vu, cet article oppose les systèmes mécanistes qui peuvent prendre un nombre quasi infini de formes mais avec un chemin unique, ou un petit nombre de chemins, pour aboutir à chacune d'entre elles, aux systèmes vivants, ou organiques comme les protéines, qui peuvent prendre un petit nombre de formes seulement, mais qui peuvent être atteintes par un très grand nombre de chemins. C'est cette plasticité qui caractérise le vivant et qui le différencie des machines ou de toute structure analogue à des machines. Denton s'est ainsi rendu compte que le soutien à une vision structuraliste de la nature implique de renoncer fondamentalement à l'analogie entre les systèmes vivants et les machines. Si l'on franchit ce pas, on peut alors, selon lui, réfuter à la fois le darwinisme et l'*intelligent design*. C'est ce qu'il fait dans un texte plus récent où il tente de ressusciter le vitalisme, au cœur d'un débat qui oppose un ultramatérialiste, Ray Kurzweil, à des tenants... de l'*intelligent design* ! L'article repose sur l'échec de l'approche réductionniste dans le domaine des êtres vivants qui contraste avec la performance de la même approche dans le domaine des machines. On peut parfaitement prédire les propriétés et le comportement d'un avion ou d'une machine à écrire à partir d'une analyse complète de leurs composants. Et on peut les assembler morceau par morceau. Mais les systèmes vivants sont des réalités globales. Leur spécificité ne se manifeste que

30. Michael J. Denton, Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *art. cit.*, p. 329.

dans le fonctionnement de l'ensemble. On ne peut pas les bâtir morceau par morceau³¹.

Il ne s'agit pas de restaurer un vitalisme à l'ancienne, un élan vital à la Bergson, mais de montrer que les systèmes vivants dans leur essence obéissent à des principes de construction et d'évolution totalement différents de ceux des machines. L'article se termine en marquant une rupture nette avec l'*intelligent design*³². Il nous dit que cette nouvelle approche vitaliste, selon laquelle les organismes vivants ne peuvent être considérés que dans leur totalité et non pas comme des Lego que l'on pourrait assembler morceau par morceau, oblige à reformuler toutes les théories sur l'origine et l'évolution de la vie qui se sont basées de près ou de loin sur l'analogie entre les systèmes vivants et les machines, que ce soit le néodarwinisme contemporain ou l'*intelligent design* qui suit l'approche de William Paley ; car les deux théories voient les organismes vivants comme étant analogues à des artefacts, c'est-à-dire des objets paraissant contingents et non nécessaires et ayant besoin pour être réalisés, soit d'un concepteur pour l'*intelligent design*, soit de l'horloger aveugle de la sélection naturelle pour les darwiniens. Ces deux conceptions s'écroulent logiquement si, comme les protéines et les cristaux, les êtres vivants sont des formes nécessaires qui doivent apparaître dans la nature. La trajectoire de Denton illustre à elle seule l'importance du changement de vision qui existe entre la biologie actuelle et la nouvelle biologie structuraliste³³.

Mais Michael Denton s'était déjà séparé de ses anciens amis de l'*intelligent design* avec un livre, *L'évolution a-t-elle un sens ?* publié en France en 1997 et en 1998 aux Etats-Unis sous le titre *La Destinée de la nature, comment les lois de la biologie révèlent*

31. Michael Denton, *Organism and machine : the flawed analogy* (www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0498.html).

32. Et cela alors que la première édition de ce texte a été publiée par le *Discovery Institute* sous le titre *Ray Kurzweil versus the Critics of Strong AI*, The Discovery Institute Press, 2002.

33. *Ibid.*

*un sens dans l'Univers*³⁴. C'est un ouvrage non seulement évolutionniste, mais même "hyperévolutionniste", qui montre toute l'évolution de l'Univers et de la vie comme un processus régulier et dirigé devant aboutir à l'apparition d'êtres intelligents comme nous. Inutile de dire que ce livre n'eut aucun succès parmi les créationnistes. Pourtant, il parle clairement en faveur d'une évolution non seulement canalisée mais même dirigée. Seulement, il y a une différence épistémologique fondamentale entre affirmer que les lois de l'Univers sont organisées pour que se déroule une évolution qui, d'une façon ou d'une autre, doit mener vers des êtres conscients comme nous, et dire qu'un agent doit intervenir et assembler des systèmes que les lois de la nature ne peuvent faire par elles-mêmes, ce qui est la thèse de l'*intelligent design*. Sur ce plan-là, les créationnistes sont d'une certaine façon plus intelligents que les évolutionnistes. Ils ont bien compris que Michael Denton les avait "trahis" et n'était pas des leurs, alors que certains évolutionnistes n'osent même pas le citer, n'ayant pas compris à quel point le deuxième livre de Denton est un profond soutien à la notion même d'évolution. Mais une évolution clairement canalisée par une longue chaîne de coïncidences : "En résumé, la science a révélé qu'une longue chaîne de coïncidences a conduit inexorablement à la vie sur la terre – non seulement la vie microbienne mais l'ensemble de la vie, y compris les organismes de grande taille et respirant l'air comme nous. Cette chaîne des coïncidences va de la dimension des galaxies aux conditions physiques régnant au centre des étoiles, à la capacité calorifique de l'eau et à l'aptitude des protéines à manipuler les atomes. [...] Toutes les facettes de la réalité, tous les aspects de la nature sont unis par des liens réciproques, renvoient les uns aux autres au sein d'un tout biocentrique³⁵." Cette chaîne de coïncidences inclut toute une série de faits qui se répondent les uns les autres. Par exemple :

34. Michael Denton, *Nature's Destiny, How the Laws Of Biology Reveal Purpose In the Universe*, New York, Free Press, Simon & Schuster, 1998.

35. Michael Denton, *L'Evolution a-t-elle un sens ?*, *op. cit.*, p. 513.

- Le carbone est de très loin le meilleur atome pour élaborer des systèmes complexes.
- L'eau est de très loin le liquide le mieux adapté à la vie basée sur le carbone.
- Le bicarbonate est de très loin le meilleur tampon pour la vie à base de carbone.
- La seule région du spectre de la lumière solaire qui puisse traverser non seulement l'atmosphère, mais également l'eau est celle la plus utile pour la vie, etc.

Denton sait bien que ses détracteurs affirmeront que l'Univers doit nécessairement donner l'apparence d'avoir obéi à un projet, car si l'Univers n'était pas adapté à notre existence, nous ne serions pas là. Mais ce qui fait que son affirmation n'est pas une tautologie, c'est la constatation que les caractéristiques de l'Univers sont non seulement adaptées, mais même optimisées pour que la vie se développe³⁶. Cette position est parfaitement scientifique et "poppérienne" parce qu'elle est testable. En effet, pour la réfuter, il nous suffirait, nous dit Denton, de découvrir "un liquide alternatif aussi adéquat que l'eau pour la vie basée sur le carbone, un moyen de construire un support de stockage de l'information génétique plus performant que la double hélice, un processus biochimique supérieur à l'oxydation, des structures plus performantes que les protéines, que la bicouche lipidique de la membrane, que le système cellulaire, que le bicarbonate, que les phosphates, etc."³⁷

Même si dans cet ouvrage qui date de 1997, Denton n'a pas encore totalement fini sa "mue" (il cite encore Paley et utilise des métaphores qui rapprochent encore dans certains cas les êtres vivants des machines, contrairement aux textes postérieurs que nous avons cités ci-dessus), il a néanmoins compris que la seule alternative crédible au darwinisme était une conception structuraliste dans laquelle l'évolution est un phénomène inscrit dans les lois de la nature. Une fois achevée cette conversion,

36. Michael Denton, *L'Évolution a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 516.

37. *Ibid.*, p. 517.

Denton est plus cohérent que Gould en ce qu'il n'essaie plus de faire cohabiter deux choses contradictoires (le structuralisme et une vision mécaniste des êtres vivants dans son cas), alors que Gould continue à le faire en faisant cohabiter une vision structuraliste avec une conception de l'évolution basée sur la contingence. Contrairement à Gould qui n'a jamais voulu ou osé le penser, Denton a bien compris qu'une vision saltationniste impose de sortir du darwinisme au profit d'une conception dans laquelle l'évolution est dirigée. Même dans le cas où l'on accepte une théorie des équilibres ponctués *sans qu'il y ait de véritables sauts*, on est confronté à un grand problème, car alors la totalité des changements doit se produire pendant 1 à 5 % du temps de vie des espèces (puisque le reste du temps, elles sont en période de stase). Ainsi, tous les grands changements survenus depuis 600 millions d'années n'ont disposé en fait que de 6 à 30 millions d'années pour se produire. Cela représente un temps bien trop limité pour une évolution due aux mécanismes darwiniens. Darwin s'était à son époque fortement élevé contre l'âge de la Terre postulé alors par des géophysiciens comme Lord Kelvin (60 millions d'années), en argumentant que puisque l'évolution avait eu lieu et parce qu'il était sûr que le mécanisme de celle-ci était celui du changement graduel, il fallait des centaines de millions d'années à l'évolution pour se dérouler, ce qui impliquait que la Terre soit au moins aussi âgée. Darwin a eu parfaitement raison sur ce dernier point, mais qu'aurait-il dit s'il avait su que les archives montraient que sa chère évolution n'aurait eu qu'entre la moitié et le dixième d'une période qu'il jugeait déjà bien trop courte pour créer toutes les nouveautés qui existent dans la nature ?

Le problème est encore pire quand on le pose en termes de générations. S'il y a de 6 à 30 millions d'années disponibles en tant que périodes actives dans les différentes lignées de l'évolution (le raisonnement est basé sur l'idée que les ancêtres de chaque être vivant existant aujourd'hui ont "bénéficié" de cette période pour muter ; il s'agit d'un chiffre moyen, et bien évidemment, ces périodes ne sont jamais les mêmes dans l'histoire des

différentes lignées), cela fait un grand nombre de générations pour des bactéries, mais seulement quelques centaines de milliers de générations pour les ancêtres de l'homme. Tout cela, nous dit Denton, pose des problèmes cruciaux au paradigme darwinien et à tout modèle reposant sur une évolution non dirigée³⁸.

Cela ne veut pas dire que nous avons la preuve que l'évolution a été conçue par Dieu ou un démiurge quelconque. Cela veut simplement dire que nous avons la preuve que c'est un processus dirigé vers un but. Il reste encore certainement bien des choses à découvrir sur la nature de ce processus, exactement comme les habitants de notre planète imaginaire de l'introduction ont encore bien des choses à découvrir pour comprendre le concept de saisons, qui régulent dans le long terme le climat sur leur planète. Bien évidemment, si elle ne constitue pas une preuve au niveau philosophique, le fait que l'évolution soit un processus canalisé et peut-être dirigé, faisant appel à des sauts qui ne peuvent être expliqués par le seul hasard, n'est évidemment pas en contradiction avec une conception non matérialiste de celle-ci, bien au contraire.

Passer graduellement à la conduite à droite ?

Pour se venger des mauvaises blagues que les Anglais font à notre sujet, on entend souvent dire du côté français, que les Anglais envisagent de passer à la conduite à droite mais que n'osant pas faire un tel saut d'un seul coup, ils envisagent de passer graduellement à la conduite à droite. Une autre version vise cette fois-ci les Belges et nous dit qu'ils vont essayer la conduite à gauche, mais que, là aussi, ils ne le feront pas entièrement d'emblée, seuls les camions dans un premier temps rouleront à gauche... Dans bien des cas, nous avons des raisons à la fois théoriques, comme nous l'avons vu avec D'Arcy Thompson, et aussi pratiques, avec

38. Michael Denton, *L'Évolution a-t-elle un sens ?*, op. cit., p. 376.

la migration des yeux des poissons plats chez Goldschmidt, de penser que la nature regorge de cas où des sauts importants doivent être accomplis en une seule génération et non en mille, en cent, en dix ou même en deux. Voici un exemple qui nous concerne de très près. Nous pouvons marcher sur deux pieds grâce au fait que le haut de notre corps repose sur notre bassin qui a une forme plus ou moins circulaire. Il en était presque de même pour les australopithèques, ce qui nous permet de savoir qu'eux aussi étaient bipèdes. Le bassin des chimpanzés, en revanche, est complètement différent (voir figure 7.3). Il n'est plus du tout rond mais allongé, ce qui montre bien que la bipédie ne peut en aucun cas être une attitude normale pour eux. Bien évidemment, il n'y a pas d'intermédiaire crédible entre un bassin adapté pour une quadrupédie, même s'il est ouvert en direction de la bipédie, et un bassin encore imparfaitement bipède comme celui de l'australopithèque, mais qui est déjà de nature à soutenir le haut du corps de l'être qui le possède.

C'est bien pour cela que, pour des paléontologistes comme Jean Chaline ou Charles Devillers, la transition a bel et bien dû s'effectuer en une génération³⁹. Bien entendu, ces auteurs imaginent, à juste titre, qu'une telle transition peut se faire grâce à une mutation des fameux gènes de régulation. Mais réfléchissons un instant. L'équilibre bipède nécessite une certaine adaptation de l'oreille interne, car nous savons bien qu'en cas de trouble de celle-ci, nous ne sommes plus capable de marcher normalement.

Mais des êtres ayant encore le bassin d'un chimpanzé seraient gravement handicapés si une mutation de leur oreille interne se produisait, qui leur permettrait d'avoir un équilibre bipède, alors que leur bassin ne permettait pas cette démarche. En sens inverse, l'heureux monstre prometteur pourvu d'un bassin bipède n'irait pas loin s'il n'était pas également l'heureux possesseur d'une mutation survenant au niveau de son oreille

39. Jean Chaline, Charles Devillers, *La Théorie de l'évolution*, Paris, Bordas, 1989.

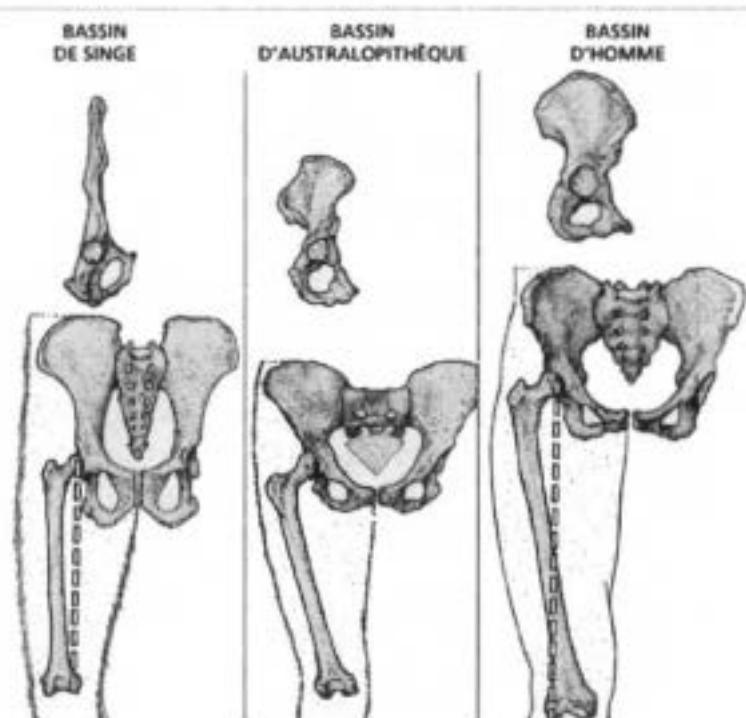


Figure 7.3. L'australopithèque : un bon exemple de "monstre prometteur". Tout être possède un bassin adapté à la bipédie ou à la quadrupédie sans qu'il puisse y avoir "d'hybride" entre les deux options. © Presses de la Renaissance.

interne. Bien évidemment, de telles macromutations coordonnées ne peuvent en aucune façon survenir par hasard dans un même individu. C'est bien là que les conceptions de Goldschmidt et Gould trouvent leur limites et qu'il faut oser envisager qu'un mécanisme puisse coordonner les macromutations.

La théorie du petit lapin qui donne naissance à un éléphant

C'est sous ce titre humoristique (il aimait bien se moquer de tout le monde, y compris de lui-même) que M. P. Schutzenberger parlait de sa propre conception de l'évolution. Puisqu'il existe des cas où on ne peut pas, comme pour le passage de la conduite à gauche à la conduite à droite, procéder de façon graduelle, il a bien fallu que des femelles d'un animal A mettent au monde un animal B. Bien entendu, la différence entre A et B ne peut en aucune façon être celle qui existe entre un lapin et

un éléphant. Néanmoins, nous savons que le concept de macromutations, sans parler du monstre prometteur, était un concept présent depuis fort longtemps dans la théorie de l'évolution. L'idée d'une coordination permettrait également de répondre à la question de savoir avec qui le monstre prometteur s'est reproduit. S'il existe un déclencheur ou un attracteur favorisant à un moment T ce type de mutations, celles-ci peuvent devenir fréquentes dans une espèce. Dans un domaine beaucoup moins grandiose et qui est très loin d'une macromutation, nous verrons au chapitre suivant qu'un phénomène de cette nature est peut être en cours chez l'homme. Reste une critique fondamentale : si de telles mutations ont existé par le passé, pourquoi ne se déroulent-elles pas sous nos yeux ? La réponse la plus évidente, c'est qu'elles sont rares. Il est possible que, comme nous l'avons vu avec la figure 5.3, l'apparition de l'australopithèque et de la bipédie soit la dernière macromutation de ce type. Une autre hypothèse est que la dernière macromutation de ce type a permis l'apparition d'un nouveau genre de poisson il y a cinq mille ans dans un lac africain, et que bien entendu, personne à l'époque ne l'a repéré. Le sceptique se posera peut-être la question de savoir pourquoi ces macromutations coordonnées seraient moins fréquentes aujourd'hui que par le passé.

Ici, il importe de remettre en cause l'absolutisme de l'uniformitarisme. Même dans son domaine de prédilection, la géologie, nous savons que l'uniformitarisme est faux. En effet, on ne pourrait pas expliquer la structure de la Lune et d'autres corps célestes si l'on supposait que le bombardement par les météorites a été de même ampleur dans le passé. En observant la Lune, nous pouvons déduire que le bombardement par les météorites était infiniment plus important lors de la formation du système solaire qu'aujourd'hui. Ce qui est assez logique puisque beaucoup de roches circulaient encore librement. À partir du moment où il existe une capacité à évoluer que peuvent perdre les organismes, il est normal qu'apparaissent beaucoup moins de nouveaux plans d'organisation aujourd'hui qu'il y a des millions d'années. Bien entendu, le grand mystère reste la façon

dont ces macromutations coordonnées pourraient se déclencher. Une piste est fournie par la coordination dans le long terme des mutations que nous avons rencontrées au chapitre 3. Si quelque chose coordonne les mutations dans le long terme, ce quelque chose n'a-t-il pas aussi la capacité de déclencher des évolutions ?

Bien évidemment, il n'y a rien là de magique, contrairement à ce que pensaient les critiques de la théorie du monstre prometteur. Nous avons accumulé les raisons de penser que l'évolution était canalisée, que des contraintes faisaient qu'elle se dirigeait dans des directions prédéterminées, qu'on pouvait envisager que les grands types fondamentaux existaient déjà dès le Big Bang, gravés dans les lois de la physique. Tout ce qu'il reste à trouver, c'est le mécanisme par lequel ces formes fondamentales préexistantes à l'état potentiel pourraient attirer les macromutations dans une direction précise. Pour revenir à nos paysages évolutifs, cela signifierait que quand une espèce arrive en haut d'un pic, il existe une direction privilégiée lui permettant de se rendre vers un autre pic. C'est ce qu'illustre la figure 7.4. On peut appliquer ce modèle aux reptiles thériodontes et à la préadaptation les conduisant à aller vers les mammifères ou aux grands singes et à la façon dont ils ont été "poussés" vers les hominidés bipèdes (voir chapitre suivant). D'autres espèces, en revanche, les panchroniques, arrivent en haut de pics où aucune canalisation n'existe vers un autre pic. Tous les "sauts" qu'ils peuvent effectuer à partir de ce pic sont mortels, et c'est bien pour cela qu'ils sont "coincés", ne pouvant plus évoluer. Dans certaines situations, ils ne peuvent que disparaître. La figure 7.4 permet donc de comprendre le concept de "capacité à évoluer" pour un groupe en fonction de la nature du paysage adaptatif qui l'entoure.

S'il est présomptueux de vouloir donner une solution à ce qui est probablement l'un des grands mystères que les sciences de l'évolution auront à résoudre, on peut néanmoins fournir une hypothèse sur la façon dont les macromutations seraient canalisées ou coordonnées pour se diriger d'un pic vers un autre. Cela implique de faire appel à la physique quantique et aux idées de

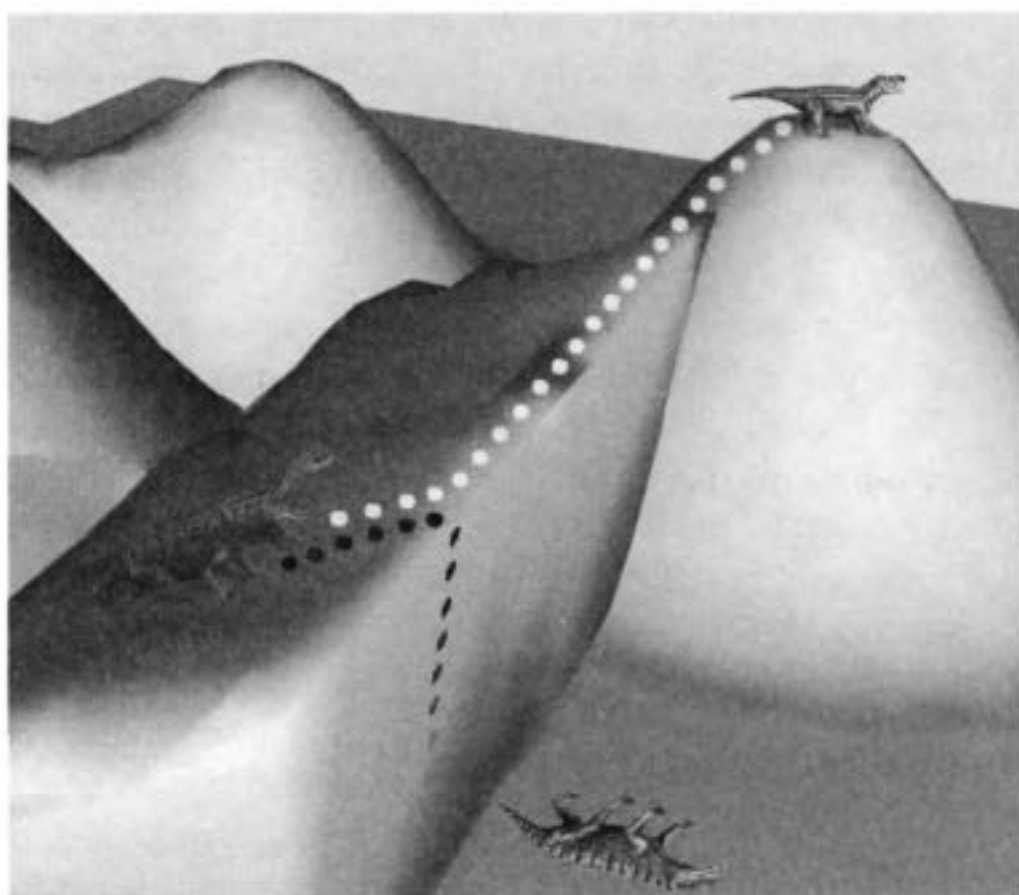


Figure 7.4. Illustration de la “capacité à évoluer” : une espèce poursuit son évolution dans une voie canalisée. Une autre espèce, pourtant proche, disparaît car elle est sortie de cette voie.

Lothar Schäfer sur ce qu’il appelle la sélection quantique. Schäfer a été le premier à calculer la structure d’un peptide par la mécanique quantique⁴⁰, ce qui a permis de prédire des détails de la structure d’une protéine avant qu’ils ne soient observés⁴¹. De telles avancées fragilisent la position de ceux qui affirment que la mécanique quantique n’a rien à voir avec le vivant.

40. L. Schäfer, C. Van Alsenoy, J. N. Scarsdale, “Molecular structures and conformational analysis of the dipeptide N-acetyl-N'-methyl glycyl amide and the significance of local geometries for peptide structures”, *Journal of Chemical Physics*, 76, 1982, p. 1439.

41. X. Jiang, M. Cao, B. Teppen, S.Q. Newton, L. Schäfer, “Predictions of protein backbone structural parameters from first principles: systematic comparisons of calculated N-C(a)-C', angles with high-resolution protein crystallographic results”, *Journal of Chemical Physics*, 99, 1995, p. 10521.

Pour Schäfer, l'ensemble des états que peut prendre n'importe quelle molécule existe déjà potentiellement sous la forme d'états quantiques. Quand se produit une mutation, la molécule saute de son état actuel vers l'un de ses états potentiels. Avant de parler du hasard au niveau des mutations qui existent dans notre monde macroscopique, il faut donc se concentrer sur le hasard quantique. Or, nous sommes là face à une boîte noire. Il se pourrait donc qu'une certaine forme de canalisation existe au niveau quantique, amenant les molécules à choisir certains des états préexistants plutôt que tels autres, et cela pourrait correspondre au chemin évolutif qu'on constate dans la nature et qui semble dirigé par quelque chose. C'est ce que Schäfer appelle la sélection (des états) quantique. Ainsi le concept d'évolution dirigée chère à Denton n'aurait strictement rien de mystique mais correspondrait à des lois de la nature encore à découvrir⁴².

C'est bien entendu quelque chose de tout à fait spéculatif, mais les mutations ne sont-elles pas des phénomènes quantiques, des sauts effectués par quelques atomes d'un endroit à un autre, et ces sauts ne pourraient-ils pas être, dans de très rares cas, canalisés dans une direction particulière, un peu comme le repliement des protéines est lui-même canalisé vers un millier de formes stables malgré le fait qu'un nombre immense de chemins différents puissent être empruntés ?

Revenons à ce que nous savons. Nous avons vu qu'il existait bien des formes naturelles, au moins au niveau des protéines, des formes qui agissent comme des attracteurs pour attirer vers des solutions stables des molécules organiques. Elles se comportent exactement comme les classes d'objets que recherchaient les anciens structuralistes, et comme Conway Morris le suggère quand il parle de l'évolution du vivant. Par ailleurs, nous savons qu'au moins dans un certain nombre de cas, les sauts, les saltations se sont bien produits. Nous savons qu'un poisson avec un œil situé sur chacune de ses faces a mis au monde un poisson

42. L. Schäfer, "L'importance des états virtuels dans l'émergence de l'ordre complexe de l'Univers", *PhiloScience*, 3, 2006.

avec les deux yeux sur la même face. Nous savons qu'un grand singe a mis au monde un bébé australopithèque capable de se déplacer de façon bipède, même si sa démarche était bien plus imparfaite que la nôtre. Ce ne sont pas des hypothèses, ce sont, dans l'état actuel de nos connaissances, des certitudes. Nous avons des raisons de penser que des mutations dans les gènes de régulation ne suffisent pas pour expliquer l'arrivée de ces monstres prometteurs et que bien entendu, des découvertes importantes restent encore à faire dans ce domaine. Néanmoins, nous avons vu, par rapport au chapitre précédent, toute la cohérence et la force de la vision structuraliste que nous avons continué de développer et la façon dont celle-ci, sans résoudre toutes les énigmes, constitue un grand pas en avant dans la nouvelle vision de la vie que nous recherchons ici, entre autres en nous permettant de mieux comprendre comment les formes fondamentales des êtres vivants peuvent être "gravées" dans les lois de la physique. Il ne reste plus maintenant qu'à examiner d'autres pistes et à voir si celles-ci peuvent entrer en résonance de près ou de loin avec la vision principale que nous avons déjà ébauchée.

Chapitre 8

L'évolution est têtue !

Le processus darwinien classique repose sur de petites variations dues au hasard qui sont ensuite sélectionnées si elles apportent un avantage à l'animal dans l'environnement dans lequel il vit. Les chapitres précédents ont montré combien les contraintes susceptibles de s'exercer sur les variations étaient plus importantes que ce que les théories darwiniennes ou néodarwiniennes avaient cru. Nous avons terminé par une idée un peu provocante : puisque l'on admettait que ces contraintes pouvaient conduire à une certaine canalisation de l'évolution, celle-ci pouvait se développer dans des voies prédéterminées à l'avance, au moins dans les grandes lignes. Mais avons-nous des preuves en faveur de l'existence de logiques internes, de processus qui traceraient leur chemin à l'intérieur de l'évolution en restant plus ou moins insensibles aux modifications de l'environnement ou plutôt qui continueraient leur route malgré ces modifications ? Pour cela, nous allons rapprocher des travaux de quatre chercheurs français qui ont, de façon très différentes et quasiment indépendamment, montré des faits et établi des modèles qui vont dans cette direction. Ce sera l'une des dernières pierres à la construction de cette nouvelle vision de la vie.

"Inside story" contre "East side story"

La découverte de Lucy et d'autres restes d'australopithèques a permis de développer dans les années 1980 la fameuse "East side

story" sur les origines de l'homme. Cette théorie est une parfaite illustration des conceptions darwiniennes classiques. Il y a à peu près 7 millions d'années, la grande vallée du Rift africain s'est formée, de l'Ethiopie à la Tanzanie. Les montagnes situées en bordure de ce Rift, en bloquant les pluies venant de la forêt tropicale, ont permis le développement d'une savane à l'est de cette grande coupure qui traverse l'Afrique.

Or, les squelettes d'australopithèques les plus anciens ont été trouvés à l'est de la vallée du Rift, là où existait à l'époque une savane. La théorie de l' "East side story" postula donc que des mutations se produisirent dans les populations de grands singes vivant dans ces savanes. Mutations dues au hasard bien sûr, mais qui allaient permettre l'acquisition d'une posture bipède chez leurs descendants. De telles mutations n'auraient en effet jamais été sélectionnées chez des singes vivant dans les arbres. Mais pour des êtres vivant dans une savane où il n'y a plus d'arbres, il est bien plus intéressant d'être bipède que quadrupède (ne serait-ce que pour voir arriver de loin les prédateurs potentiels). Ainsi expliquait-on l'apparition de la bipédie et des australopithèques à l'est de la vallée du Rift tandis qu'à l'ouest avaient continué à exister, dans la forêt, des grands singes qui sont les ancêtres des singes que nous connaissons aujourd'hui. C'était simple, clair et en accord avec les découvertes fossiles. Tout était donc pour le mieux dans le meilleur des mondes darwiniens possibles, jusqu'à ce que deux découvertes fournissent une illustration de la formule selon laquelle une magnifique théorie peut être tuée par d'horribles petits faits. On découvrit tout d'abord un crâne d'*Australopithecus ramidus* appelé aussi *ardipithecus*. Or, les études paléo-environnementales ont montré que ce fossile de bipède âgé de 4,4 millions d'années, soit un million d'années plus ancien que la fameuse Lucy, vivait bel et bien dans un environnement forestier et non dans une savane¹. Puis, ce fut Abel, trouvé par le

1. Tim D. White, Gen Suwa and Berhane Asfaw, "*rdipithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia", *Nature*, 375, 1995, p. 88.

français Michel Brunet au Tchad, à des milliers de kilomètres à l'ouest de la vallée du Rift².

Or, l'existence de telles découvertes avait été prédite plusieurs années auparavant par une jeune chercheuse française du CNRS, Anne Dambricourt-Mallassé, dans des comptes rendus de l'Académie des sciences³ et dans une revue où elle exposait ses découvertes et sa théorie⁴. Les prédictions vérifiées en paléontologie sont suffisamment rares pour que l'on s'y arrête. En effet, il est infiniment plus difficile de prédire une future découverte paléontologique que le résultat d'une expérience de physique ou de chimie. Comment cette chercheuse avait-elle pu aboutir à une prédiction contredisant le modèle, tout-puissant à l'époque, de l' "East side story" ? Parce que ses propres recherches lui avaient montré qu'il existait une logique interne dans l'évolution des ancêtres de l'homme et que cette logique devait amener un jour ou l'autre l'évolution des hominidés à aller dans une certaine direction, qu'il y ait de la savane ou qu'il n'y en ait pas. C'est le paléontologiste Jean Chaline (qui a intégré les résultats d'Anne Dambricourt-Mallassé dans ses propres recherches) qui a formé avec humour le terme "Inside Story".

Anne Dambricourt part d'une remarque de bon sens : pour comprendre l'évolution, il faut se situer au niveau des embryons. Ce n'est pas un grand singe qui se transforme en un australopithèque, mais un embryon de grand singe qui évolue pour devenir un embryon d'australopithèque. Bien entendu, les embryons ne fossilisent pas (en dehors de circonstances toutes à fait exceptionnelles). C'est pourquoi on se concentre en général sur les formes adultes qui, elles, ont laissé des traces fossiles. Le premier travail d'Anne Dambricourt sera donc de mettre en évidence chez les

2. Je ne parle pas ici de Toumai, beaucoup plus ancien qu'Abel et trouvé au même endroit car son statut de bipède n'est pas encore totalement établi. Les découvertes d'Abel et du *Ramidus* suffisent à la démonstration.

3. Anne Dambricourt-Mallassé, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, Paris, 307, II, 199, 1998.

4. Anne Dambricourt-Mallassé, *Quaternary international*, volume 19, 85, 100, 1993.

embryons que nous connaissons, ceux des grands singes et des hommes actuels, les relations qui existent entre certains stades du développement embryonnaire et la structure des crânes (plus particulièrement la base des crânes) à l'état adulte. L'idée étant de pouvoir par la suite déduire, à partir d'une mâchoire ou d'une base de crâne fossile, certaines caractéristiques de l'embryon qui l'a produite et qui, bien sûr, n'est pas parvenu jusqu'à nous.

Pour cela, Anne Dambricourt eut besoin d'un outil conceptuel permettant de classer de façon objective les différents crânes tout en reliant leurs caractéristiques à certaines étapes du développement de l'embryon. Elle va établir un triangle composé d'une droite partant du centre de notre mâchoire supérieure (un point appelé le prosthion) jusqu'à un point situé au bord du trou occipital (un point appelé le basion). Le trou occipital, point d'arrivée de la colonne vertébrale, joue un rôle essentiel puisque c'est lui qui, en fonction de son orientation, montre si une espèce fossile était bipède, c'est-à-dire si sa colonne vertébrale était située *sous* son crâne ou si elle était quadrupède, cas dans lequel le trou occipital est orienté vers l'arrière du crâne (chez tous les quadrupèdes, même chez les singes qui ne sont pas très éloignés d'une stature bipède, la colonne vertébrale part de l'arrière du crâne, et non pas sous celui-ci). Une deuxième droite part du basion et suit la pente du clivus, un os situé au milieu de la base du crâne, entre le trou occipital et l'hypophyse. Il ne reste plus qu'à fermer le triangle par une droite partant du prosthion et coupant la droite qui suit la pente du clivus (voir figure 8.1).

Ainsi, dès que l'on possède une base de crâne, on peut établir de façon objective et automatique un triangle qui caractérise la flexion de cette base. Plus le triangle sera plat, plus la base sera étendue, c'est-à-dire plus le trou occipital sera éloigné de la mâchoire ; plus le triangle sera pointu, plus la base du crâne sera contractée, plus la mâchoire reculera, jusqu'à se situer finalement sous l'avant du cerveau (les lobes frontaux) comme dans le cas de notre espèce. La première découverte d'Anne Dambricourt, c'est d'avoir montré que la forme de ce triangle est intimement liée à un processus embryologique, la rotation du tube

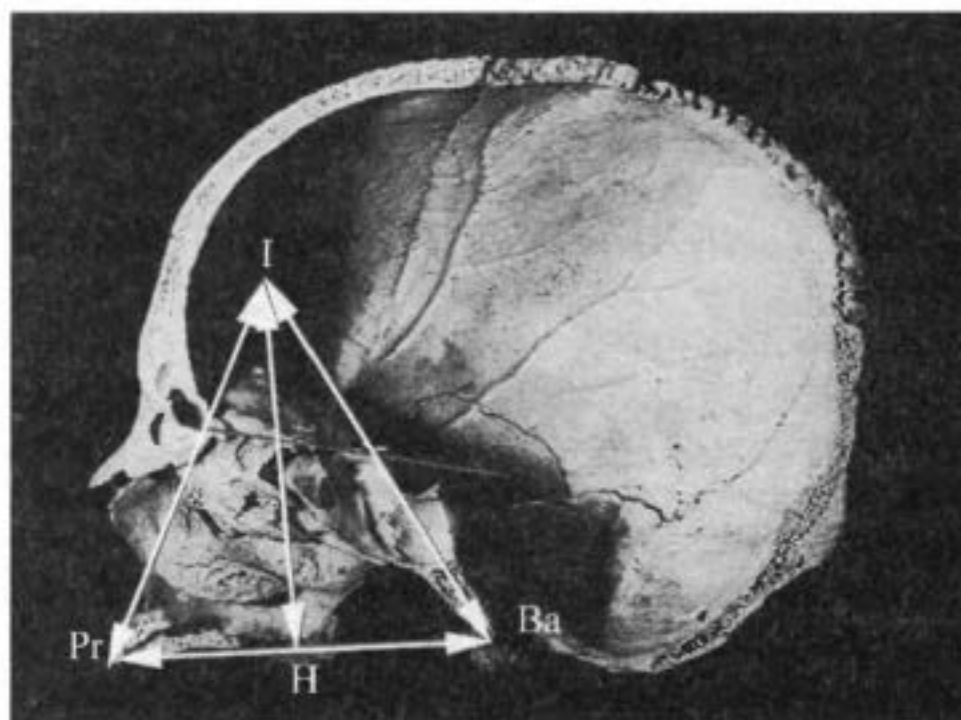


Figure 8.1. Le triangle qui permet de visualiser la “contraction crânio-faciale” chez les singes et les hominidés. Pr : prosthion. Ba : basion. © Anne Dambricourt.

neural. En effet, au départ le clivus est plat, mais le tube neural qui représente le futur cerveau et la future moelle épinière, commence une rotation de bas en haut à hauteur de la future hypophyse comme le montre la figure 8.2, avec le déplacement des droites H1, H2, H3. Tous les mammifères se développent ainsi, l’homme compris. Or les primates vont se distinguer des autres mammifères par une prolongation de cette rotation qui entraîne avec elle le clivus du haut vers le bas ; le basion se déplace alors vers la face, c’est le début de la contraction crânio-faciale. C’est cette amplitude que le triangle mesure indirectement à l’âge adulte. Le triangle d’*Homo sapiens* est le plus “pointu” de tous. Au dernier stade embryonnaire atteint par la rotation matérialisée par les droites H1, H2, H3, on sait que l’embryon de la figure 8.2 est celui d’un humain et non pas celui d’un grand singe.

En se redressant, le basion se rapproche du prosthion et l’espace entre ces deux extrémités se “comprime”, c’est-à-dire que notre mâchoire se rapproche du trou occipital. La mâchoire

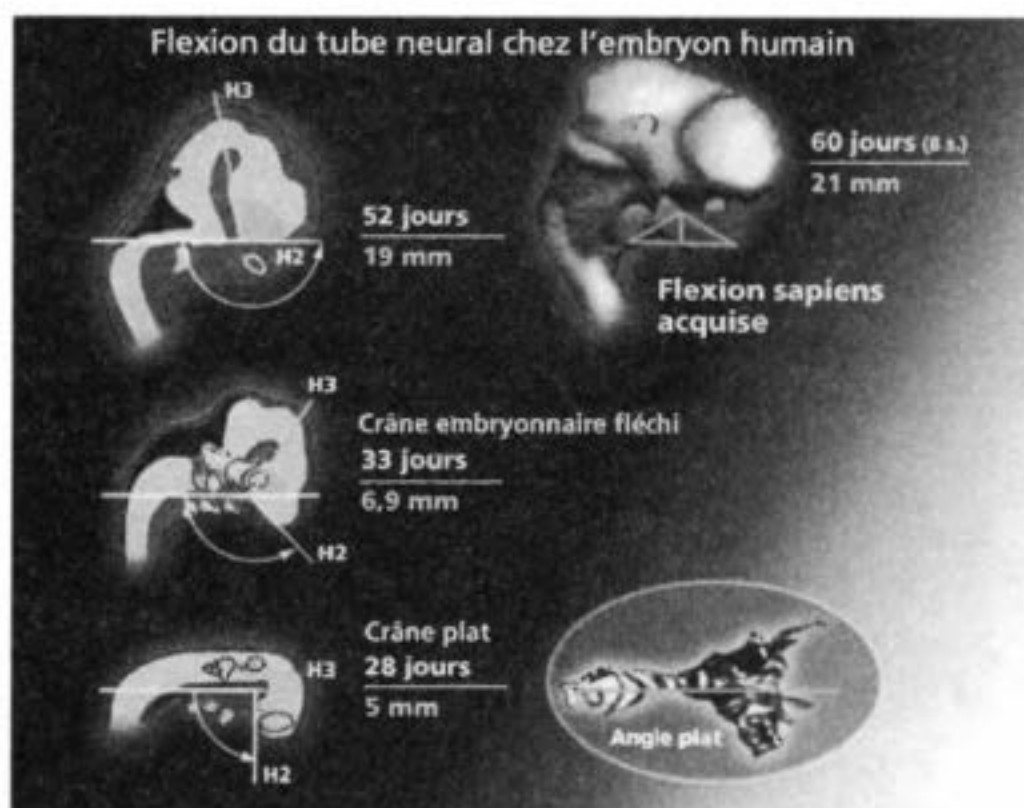


Figure 8.2. L'origine de la bipédie chez l'homme : la rotation du tube neural au cours du développement de l'embryon. © Anne Dambricourt.

d'un grand singe est bien plus projetée en avant que la nôtre (on parle de prognathisme) et son clivus est bien moins redressé, le basion est loin du prosthion. Cela correspond à une rotation du tube neural importante mais plus limitée que la nôtre. Ces limites sont franchies par l'embryon de la figure 8.2. Cette démarche permet ainsi de déduire, quand on trouve une base de crâne fossile quelle qu'elle soit, l'amplitude de la rotation embryonnaire qui l'a produite.

Et c'est là que se situe la deuxième grande découverte d'Anne Dambricourt. Toutes les bases de crânes connus, actuels et fossiles, sont classées dans six grandes catégories qui vont de la plus ancienne à la plus récente : les prosimiens (les lémurins de Madagascar par exemple) qui ont des mâchoires situées très en avant du cerveau, les petits singes, les grands singes, les australopithèques, les hommes archaïques (*Homo habilis*, *Homo erectus* et les hommes de Neandertal) et nous, les *Homo sapiens*. Or chacune

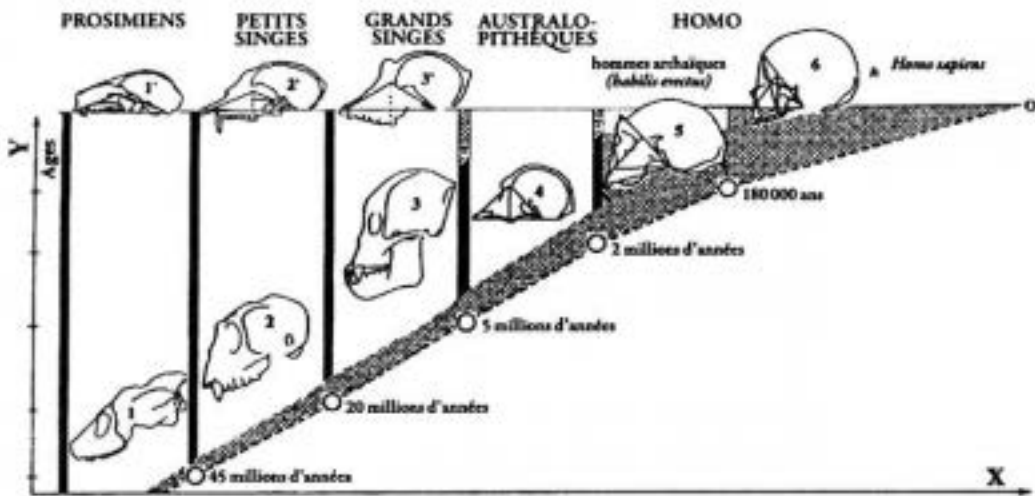


Figure 8.3. Les six grandes étapes qui mènent à nous ; un exemple de canalisation et de discontinuités dans l'évolution. © Anne Dambricourt.

de ces catégories correspond à une nouvelle contraction crânio-faciale. L'analyse du processus montre que c'est l'amplitude de la rotation du tube neural qui, en "tirant" sur la colonne vertébrale, oblige à un certain moment de l'évolution l'être qui résulte de cet embryon à être bipède. Voilà, tout est là ! C'est le processus de rotation du tube neural qui en allant "trop loin" lors du développement embryonnaire, fait apparaître la bipédie.

Examinons maintenant la figure 8.3. Chaque catégorie correspond à un triangle bien particulier, et ce qui est extraordinaire, c'est que tous les individus constituant chacune des étapes de l'évolution, qu'ils soient actuels ou passés, ont une structure de la base du crâne identique, si l'on prend comme marqueur le fameux triangle en question. La contraction de la base du crâne des Prosimiens actuels, donc la forme très allongée et basse de leur mandibule, n'a pas changé depuis 60 millions d'années. Même chose pour les petits singes actuels et leurs ancêtres d'il y a 40 millions d'années. Même chose pour l'orang-outan, le chimpanzé et le gorille, et leurs ancêtres d'il y a 20 millions d'années. On voit là véritablement "l'unité de type", chère aux structuralistes, qui demeure stable pendant des millions d'années ; seule évolue la diversité des espèces à l'intérieur d'un type pendant les périodes de stase.

L'Homme de Neandertal victime d'une "sortie de route" ?

Le plus important est que l'on peut suivre sur près de 60 millions d'années le développement d'une même logique interne. La logique qui permet de "construire" un *Homo habilis* à partir d'un australopithèque est la même que celle qui permet de construire un australopithèque à partir d'un grand singe ou un grand singe à partir d'un petit singe. Toujours plus de rotation du tube neural, donc toujours plus de contraction de la face, de "retrait du prognathisme", ce processus qui "aspire" la mâchoire pour l'amener finalement à la verticale du cerveau.

Avec les hommes archaïques (*Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo ergaster*), on va là aussi se trouver face au même processus. La rotation du tube neural va continuer son bonhomme de chemin avec l'apparition de l'*Homo sapiens*, stade ultime (pour l'instant) de ce long processus de contraction crânio-faciale qui s'étend sur 60 millions d'années et dont Anne Dambricourt montre qu'il constitue le cœur de l'évolution qui mène jusqu'à nous.

Mais vont également apparaître en Europe les hommes de Neandertal dont la base montre les mêmes limites dans sa flexion que les plus vieux fossiles humains connus. Que n'a-t-on pas écrit sur eux ? Avec un cerveau au moins aussi gros que le nôtre (pouvant atteindre 1 700 cm³ contre 1 450 cm³ en moyenne pour nous), ils ont fasciné les chercheurs qui les ont parfois nommés *Homo sapiens neanderthalensis* pour les inclure à l'intérieur de notre espèce dont nous formerions l'autre branche, nous, les *Homo sapiens sapiens*. Ce n'est pas du tout l'avis de certains chercheurs, dont Anne Dambricourt. Elle prédit expressément que "malgré ses 1700 ml de capacité crânienne, le néandertalien est le moins contracté de tous les hommes d'anatomie ancienne : embryologiquement, il n'est pas sapiens⁵". En effet, ce n'est pas la seule taille du cerveau qui est le marqueur de l'évolution dans cette nouvelle approche, c'est la taille du cerveau associée à la contraction crânio-faciale.

5. Anne Dambricourt-Malassé, "Un nouveau regard sur l'origine de l'homme", *La Recherche*, 286, avril 1996, p. 46-54.

Or, l'homme de Neandertal a une base de crâne qui n'est pas plus fléchie que son ancêtre, l'*Homo erectus*. Anne Dambricourt compare des "trajectoires" allant de l'embryon à l'âge adulte. Et comme n'importe quelle trajectoire, celle du crâne peut s'écrire avec des équations liées au temps. Les trajectoires de ces systèmes évoluent, on les classe selon différents critères comme la périodicité ou l'imprédictibilité. Quand la trajectoire n'est pas prédictible parce qu'elle n'est pas périodique, on dit que le modèle mathématique correspond à un attracteur chaotique. Le développement du crâne montre différentes évolutions, et c'est en considérant l'ensemble des courbes qu'Anne Dambricourt constate d'importantes différences lors du passage des grands singes à la bipédie permanente : certaines trajectoires évolutives sont reproductibles, d'autres sont chaotiques, or les espèces issues de ces dernières trajectoires disparaissent toujours. Notre trajectoire ne correspond pas aux mêmes mécanismes évolutifs que ceux qui ont mené à l'homme de Neandertal. Le processus qui mène à nous ne correspond pas à un modèle mathématique chaotique, il a quelque chose de différent, une mémoire. Ce sont ce type de trajectoires modélisables qu'Anne Dambricourt a qualifié d' "harmoniques". On peut dire que l'homme de Neandertal est sorti de la route de l'évolution. Il y aurait une logique à sa disparition, il aurait pris une voie sans issue. Alors que les australopithèques et les *Homo habilis* auraient disparu pour des raisons plus classiques, liées à la contingence ou à la sélection naturelle.

Cette approche fournit aux paléontologistes un nouvel outil pour mieux comprendre l'évolution des ancêtres de l'homme. Certes, un être avec un cerveau de 1 400 cm³, comme nous, a forcément bien plus de capacité qu'un *Homo habilis* avec un cerveau de 600 ou 700 cm³. Mais même avec 1 700 cm³, un homme de Neandertal n'avait pas forcément les mêmes capacités que nous, car il est sorti de la "route de l'évolution".

Une découverte qui dérange...

Dès sa médiatisation, grâce à l'article de *La Recherche* que nous avons cité, l'approche d'Anne Dambricourt fut violemment attaquée par différents chercheurs. Pascal Picq ira même jusqu'à la traiter de "paléo-raciste", parce qu'elle sortait l'homme de Neandertal de l'espèce sapiens⁶. Plus récemment il s'en est pris à l'idée que l'homme de Neandertal était une évolution chaotique du plan d'organisation qui nous précède, s'offusquant que l'on puisse qualifier de "chaotique" une évolution menant à un être ayant produit une civilisation brillante et durable. Mais ces critiques sont particulièrement absurdes, le mot chaotique relevant des mathématiques et ne portant pas de jugement de valeur en soi !

Les observations d'Anne Dambricourt montrent que tous les *Homo sapiens* anciens ou actuels font partie du même plan d'organisation, et c'est une découverte extraordinaire pour lutter contre le racisme. On est *sapiens* ou on ne l'est pas. Nous avons tous la même distance avec les non-sapiens, pas un homme, pas une femme n'est plus "évolué" qu'un autre, plus "éloigné" de l'ancêtre commun, comme certaines approches basées sur des présupposés racistes ont longtemps essayé de le démontrer.

La théorie d'Anne Dambricourt connaîtra une autre confirmation lorsque furent effectuées les premières analyses de l'ADN de l'homme de Neandertal, que les techniques actuelles permettent de séquencer, bien que ses restes soient vieux de plus de 30 000 ans. On peut, en utilisant certains marqueurs, calculer l'époque à laquelle a vécu l'ancêtre commun de deux hommes, quels qu'ils soient. En effet, tous les hommes héritent de leur père le chromosome Y, et toutes les femmes héritent de leur mère l'ADN mitochondrial. Les différences entre les chromosomes Y de tous les hommes de la planète et les différences entre les ADN mitochondriaux de toutes les femmes de la planète permettent donc de montrer que leur ancêtre commun a vécu il y a un peu plus de 150 000 ans, probablement en Afrique. Or, la même analyse effectuée avec les

6. *Science & Vie*, janvier 1997, p. 56-60.

hommes de Neandertal montre que l'ancêtre commun entre eux et nous aurait vécu il y a au moins 500 000 ans⁷. Voici une deuxième prédiction effectuée par Anne Dambricourt, simplement en suivant la logique de sa théorie, qui, elle-même, découle tout simplement des faits qu'elle a mis en lumière, et qui se trouve confirmée par une découverte scientifique indépendante. Je ne connais pas d'autre théorie en paléontologie qui aurait au cours des vingt dernières années fait deux prédictions aussi importantes (on trouvera des australopithèques à l'ouest de la vallée du Rift ayant vécu dans des forêts, l'homme de Neandertal n'est pas un *sapiens*) qui aient été confirmées. De très grandes personnalités de la paléontologie humaine et de la préhistoire ont accueilli favorablement les découvertes d'Anne Dambricourt depuis Jean Piveteau dès sa soutenance de thèse en 1988, Philip Tobias, Henry de Lumley jusqu'à Yves Coppens, lui-même à l'origine de l' "East side story", qui n'a pas hésité à inviter Anne Dambricourt dans son cours au Collège de France et à dire : "J'ai conclu ce séminaire en disant que je n'étais pas éloigné de la pensée de mon invitée. Ce n'était pas une courtoisie d'hôte ; le sens (dans tous les sens du terme) de l'histoire de la matière inerte, vivante, pensante, dans sa course à la complexité est un constat troublant, même si le jeu de la stabilité du génome et de la plasticité de la matière vivante dans son aptitude d'adaptabilité aux conditions énergétiques et environnementales qui lui sont proposées me paraît cependant plus important qu'il ne l'est dans l'esprit d'Anne⁸."

Nonobstant cette réserve sur le rôle plus important qu'il attribue à l'environnement, Yves Coppens a bien du mérite à aller dans le sens (c'est le cas de le dire) d'Anne Dambricourt puisque son

7. Voir R. E. Green, J. Krause, S. E. Ptak, A. W. Briggs, M. T. Ronan, J. F. Simons, L. Du, M. Egholm, J. M. Rothberg, M. Paunovic, S. Pääbo, "Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA", *Nature*, 444, 2006, p. 330-336 ; J. P. Noonan, G. Coop, S. Kudaravalli, D. Smith, J. Krause, J. Alessi, F. Chen, D. Platt, S. Pääbo, J. K. Pritchard, E. M. Rubin, "Sequencing and analysis of Neanderthal genomic DNA", *Science*, 314, 17 novembre 2006, p. 1113-1118.

8. Annuaire du Collège de France, 1995-1996, p. 697.

approche contredit "l'East side story". Mais comment expliquer un tel fossé entre les réactions positives de personnalités éminentes de la discipline reconnaissant l'importance de la découverte, et la violence des réactions de nombreux autres paléontologistes ?

Si l'on regarde la figure 8.3, on peut dire qu'elle sent le soufre pour tout darwinien, classique ou non. Elle nous montre une évolution qui se déroule sur 60 millions d'années et qui va toujours dans la même direction, celle de la contraction crânio-faciale qui est à l'origine de la bipédie permanente, rendue obligatoire par cette contrainte interne à l'embryogenèse, et nullement à cause de la disparition des arbres dans un coin de l'Afrique.

Les espèces qui apparaissent en s'écartant de ce processus, comme le paranthrope à partir des australopithèques ou l'homme de Neandertal à partir des *Homo erectus*, s'éteignent sans laisser de descendance. De plus, les espèces qui se sont perpétuées jusqu'à aujourd'hui ont la même structure de crâne que les premières espèces apparues à l'intérieur du type. Ainsi, l'évolution à l'origine de notre anatomie et de notre cerveau est à la fois non graduelle (comme nous l'avons déjà souligné, il n'y a pas d'intermédiaire entre un grand singe et un australopithèque) et contrainte dans une direction particulière, celle de la verticalisation et de la contraction crânio-faciale.

On retrouve là les deux grandes idées du structuralisme, mais cette fois-ci avec un bonus, la description détaillée dans le long terme d'un processus ayant une logique interne. Un "non-hazard" est en action dans cette évolution, au-delà de ces processus de saltation et de canalisation. Ce sont cette stabilité, cette macroévolution répétitive s'accompagnant d'une complexité croissante des capacités cognitives qui suscitent les rejets, les censures et les accusations calomnieuses.

... et qui interroge notre avenir

Cette théorie est parfaitement poppérienne, c'est-à-dire réfutable. Il suffirait de trouver un seul fossile qui ne pourrait être

intégré dans la classification proposée pour que celle-ci perde sa cohérence, voire soit battue en brèche. On a pu penser tenir un tel candidat grâce au Tarsier, celui-ci étant assimilable aux Prosimiens mais présentant une structure de crâne qui l'associerait au stade suivant, celui des petits singes. Une récente étude⁹ prouve qu'il n'en est rien. Un nouveau test passé avec succès pour la théorie d'Anne Dambricourt.

De plus, ses travaux sont corrélés d'une tout autre manière par des recherches faites en orthopédie dento-faciale sur les enfants actuels, entre autres par Marie-Josèphe Deshayes. On constate un nombre croissant d'enfants ayant des déséquilibres dans le développement du visage. Des études semblent montrer que ce phénomène est mondial, qu'il n'est pas lié à des facteurs comme l'environnement ou l'alimentation, et l'analyse faite par les anthropologues des squelettes que contiennent nos cimetières tendrait à montrer que la généralisation de ces déséquilibres est récente. Or, la correction de ces déséquilibres se base sur la découverte de cette même logique de la contraction crânio-faciale, mais cette fois au cours du développement de l'enfant. Comment rester insensible à cette extraordinaire unité de deux approches provenant l'une de l'analyse d'un lointain passé et l'autre des problèmes que connaissent nos enfants ? Notre crâne se développe en suivant ce principe de contraction crânio-faciale parce qu'il est la résultante d'une évolution de 60 millions d'années basée sur ce mécanisme.

Permettons-nous au passage une petite spéculation. La multiplication de ces déséquilibres n'est-elle pas un signe que le plan d'organisation de l'*Homo sapiens* commence à bouger ? N'est-ce pas comme cela que se sont produites les macroévolutions précédentes ? Si nous avions été présents avant l'apparition des premiers *Homo habilis*, n'aurions-nous pas vu naître de nombreux australopithèques avec des déséquilibres croissants de la face ? Anne Dambricourt semble en tout cas imaginer que cela peut se

9. N. Jeffery, K. Davies, W. Köckenberger, S. Williams, "Craniofacial growth in fetal *Tarsius bancanus*: brains, eyes and nasal septa", *Journal of Anatomy*, vol. 210, Issue 6, p. 703-722.

produire dans le futur, comme le montre le film *Homo sapiens, une nouvelle histoire de l'homme*¹⁰. En effet, ce film nous propose rien de moins qu'une reconstitution, non pas d'un de nos ancêtres, mais de celui qui pourrait être notre descendant, *l'Homo futurus*, représentant le palier suivant de notre évolution.

Mais revenons aux faits. Le travail d'Anne Dambricourt met, une fois de plus, en lumière cette distinction essentielle entre la micro et la macroévolution : "Il faut distinguer entre deux niveaux d'évolution. L'espèce est l'unité de base de la microévolution. Soumise au hasard du milieu, elle change de façon imprévisible. Les événements qui font passer du singe à l'australopithèque ou de celui-ci à *Homo*, relèvent d'une autre logique. Nous ne sommes plus en présence d'une évolution adaptative. [...] Il est manifeste que nous sommes là en présence de déterminismes internes ontogéniques très puissants, indépendants du milieu. [...] Les attracteurs fondamentaux de l'hominisation ne sont pas dans l'environnement. Le hasard et la sélection naturelle jouent bien entendu un rôle, mais ne suffisent pas, à eux seuls, à faire un australopithèque avec un singe. Il manque la prise en compte d'un déterminisme interne reproductible¹¹." Ainsi, quelles que soient les nombreuses modifications de l'environnement, nous nous trouvons bel et bien face à un processus qui trace son chemin en fonction de sa propre logique, une logique interne. Anne Dambricourt parle d'un type d'attracteur encore inédit parmi ceux déjà inventoriés dans la nature, très proche des chaotiques mais qui s'en distingue par des propriétés de mémorisation, un attracteur harmonique¹². Ceci n'est pas sans rappeler Simon Conway Morris.

Mais cela ne suffit pas à tout expliquer. Où est stockée cette mémoire interne ? Qu'est-ce qui permet à ce processus de se

10. Film de Thomas Johnson diffusé sur Arte le 30 octobre 2005.

11. Anne Dambricourt-Malassé, "Un nouveau regard sur l'origine de l'homme", *art. cit.*, p. 52, 54.

12. Pour la définition de cet attracteur, voir Anne Dambricourt, "Les Attracteurs inédits de l'hominisation : Ontogenèse fondamentale, Attracteurs Chaotiques, Attracteurs harmoniques", *Acta biotheoretica*, 1995, vol. 43, n° 1-2, pp. 113-125.

répéter, et donc de se dérouler toujours dans le même sens ? Comme nous l'avons fait au chapitre précédent, Anne Dambricourt s'interroge sur le rôle de la mécanique quantique et n'exclut pas l'idée que ces plans d'organisation qu'elle découvre correspondent à des états virtuels, comme ceux mentionnés par Lothar Schäfer¹³. Le point important, c'est qu'il ne faudrait pas que notre ignorance concernant la nature des mécanismes en jeu détourne les chercheurs de ce type d'approche. Instruit par les exemples de Goethe et de Geoffroy Saint-Hilaire, nous espérons fortement que les chercheurs des prochaines générations n'attendent pas deux cents ans pour approfondir les travaux d'Anne Dambricourt, car ceux-ci nous donnent une clé de lecture très importante pour la compréhension du processus qui a mené jusqu'à nous. Si elle existe, cette mémoire interne susceptible d'évoluer de nouveau est dans chacune de nos cellules, elle n'est plus dans celles des grands singes ou des petits singes, elle ne serait plus non plus dans les australopithèques, s'ils avaient survécu jusqu'à nos jours. C'est quelque chose qui a des implications très importantes, tout particulièrement à une époque où l'on commence à envisager des modifications sur le génome humain, sans avoir véritablement compris la cohérence et la nature des mécanismes qui ont mené jusqu'à lui.

Un structuralisme dynamique

Une nouvelle théorie est venue récemment enrichir la palette des approches structuralistes. Je la qualifie de "structuralisme dynamique", ce qui pourrait sembler contradictoire car d'un côté elle insiste sur le mouvement, et d'un autre on retrouve une fois de plus l'idée centrale du structuralisme, selon laquelle il n'existe qu'un petit nombre de formes fondamentales possibles chez les êtres vivants, formes qui sont déterminées par les lois de la physique.

13. Anne Dambricourt-Mallassé, *La Légende maudite du XX^e siècle*, La Nuée Bleue, 1995.

Cette théorie a été produite par Vincent Fleury et elle aussi est très discutée. Car Vincent Fleury, biophysicien, polytechnicien et chercheur au CNRS, qui travaille sur les formes des êtres vivants à partir d'une approche mathématique et qui, à ce titre, est un héritier direct de D'Arcy Thompson, n'y va pas avec le dos de la cuillère. Lui aussi viole le "gentleman agreement" de Gould qui faisait que l'on pouvait conclure à un match nul entre structuralisme et fonctionnalisme. Pour Fleury, le rôle de la génétique et du sacrosaint ADN est relativement mineur, non seulement lors de l'évolution, mais également lors du développement des êtres vivants. Il ne s'agit pas ici d'épigénétique, c'est-à-dire d'une situation où les gènes ne sont plus, certes, tout-puissants, puisque leur expression dépend de l'interaction avec l'environnement, mais d'"hypogénétique", c'est-à-dire d'une théorie selon laquelle il y a des facteurs plus importants que la génétique pour le développement d'un organisme vivant. L'ADN spécifierait toute une série de matériaux de base, mais la forme des êtres vivants se constituerait un peu de la même façon que l'on peut constituer des plis qui s'orientent dans une certaine direction quand on repasse un tissu.

La théorie de Fleury est à la fois très compliquée et très simple. Très compliquée, parce que ses publications scientifiques reposent sur un certain nombre d'équations et de concepts qui ne sont familiers qu'à ceux qui s'intéressent à la dynamique des fluides. Cependant, comme le fait remarquer Fleury, ce n'est pas parce que la description mathématique d'un phénomène présente des subtilités techniques difficilement accessibles à tout un chacun, que le phénomène lui-même est compliqué. Si l'on pense au drapé d'un lit défait, il va de soi que la description mathématique des plis est très complexe, affaire d'initiés ; cependant le phénomène est très simple. Cette simplicité se retrouve dans la théorie de Fleury car elle est basée sur l'idée que les pliages du tissu vivant, les collisions entre ensembles de cellules orientés dans des directions opposées, permettent pour l'essentiel de comprendre les différents plans d'organisation des êtres vivants. Au départ, la première cellule de l'œuf est toujours sphérique. Cette forme va rester jusqu'à la blastula, et c'est seulement ensuite que des directions différentes

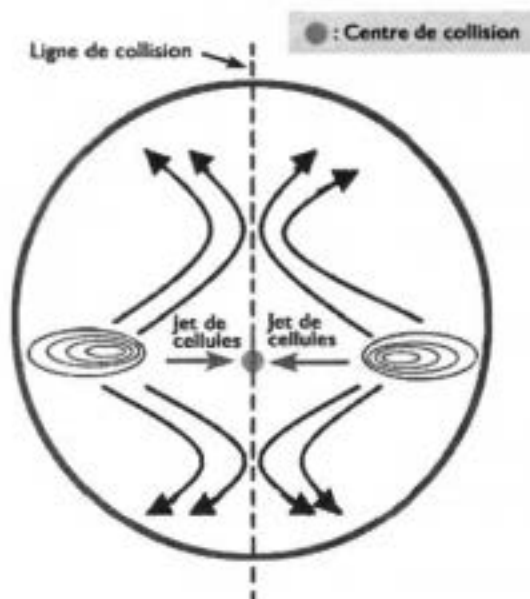


Figure 8.4. Modélisation de la première étape du développement des tétrapodes. Les quatre tourbillons de cellules vont donner les quatre membres. D'après Vincent Fleury.

vont être prises. Selon les mouvements de cet ensemble de cellules, selon la direction dans laquelle les pliages vont s'effectuer, on peut voir logiquement surgir le plan d'organisation des quadrupèdes ou celui des méduses ou encore des crabes.

Imaginez une collision de deux tourbillons allant dans des directions opposées (voir figure 8.4). De cette rencontre vont découler deux tourbillons partant dans la direction orthogonale (en bas et en haut par rapport à la direction d'origine). La dynamique des fluides va amener ces deux tourbillons à en générer chacun deux autres, à droite et à gauche. Et voilà, c'est tout, vous venez de construire un vertébré tétrapode avec un axe allant de bas en haut et quatre membres correspondant aux quatre tourbillons. Evidemment, les tourbillons doivent être envisagés comme étant des ensembles de cellules (Fleury parle de jet de cellules) qui vont suivre la dynamique que nous avons indiquée. Pour visualiser ces jets de cellules, rien n'est mieux que de partir d'un fossile ancien : *Dickinsonia*. Cet animal datant du précambrien est quasiment circulaire. Sa structure interne peut parfaitement être modélisée par les lois de la physique (voir figure 8.5).

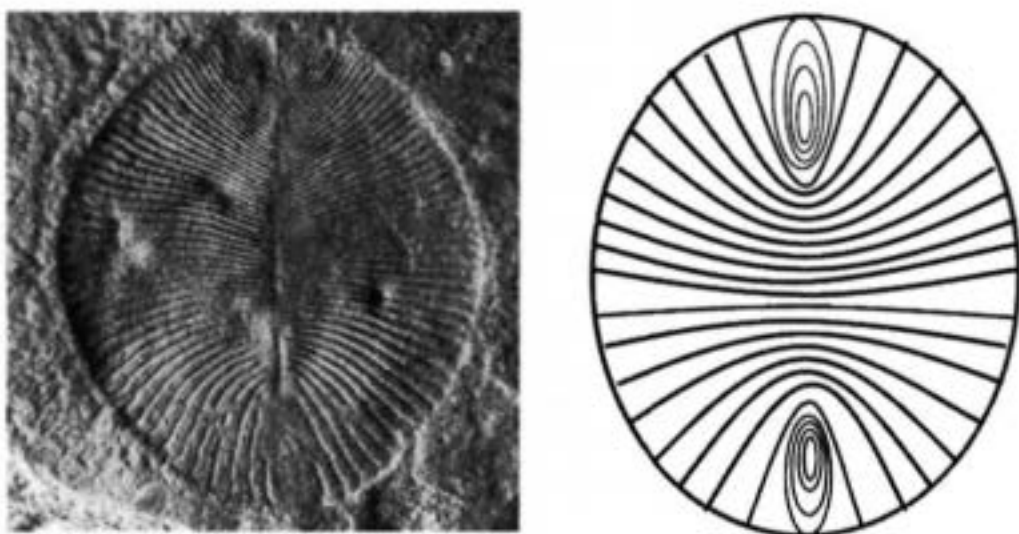


Figure 8.5. *Dickinsonia*. Sa modélisation permet de comprendre les phénomènes qui surviennent dans les premiers stades de l'embryon. D'après Vincent Fleury. © D. R.

Cette figure nous permet de visualiser les flux de cellules qui vont entrer en collision dans la figure 8.4. Les quatre tourbillons orthogonaux qui découleront de cette collision engendreront, chez les très lointains descendants d'animaux de ce genre, les membres, et cela nous permet d'expliquer un grand mystère. Pourquoi la structure de nos pieds et de nos jambes est-elle exactement la même que celle de nos bras et de nos mains, un gros os d'abord, puis deux os dans la deuxième partie du membre et enfin cinq doigts ? Cela n'est nullement évident, car les membres antérieurs et postérieurs des vertébrés terrestres dérivent de structures différentes, les nageoires pectorales du poisson pour les membres antérieurs, et les nageoires pelviennes pour les membres postérieurs. Pourquoi diable auraient-ils alors la même structure ? La réponse est donnée par Fleury : parce qu'ils proviennent d'un mécanisme de formation identique. Identique mais inversée, les coudes et les genoux se pliant en sens inverse, comme on le voit aussi bien chez un lézard que chez nous. Cela aussi, la théorie de Fleury l'explique, puisque les deux tourbillons qui vont être générés dans le bas de la structure de la figure 8.4 vont être inversés par rapport à ceux situés en haut.

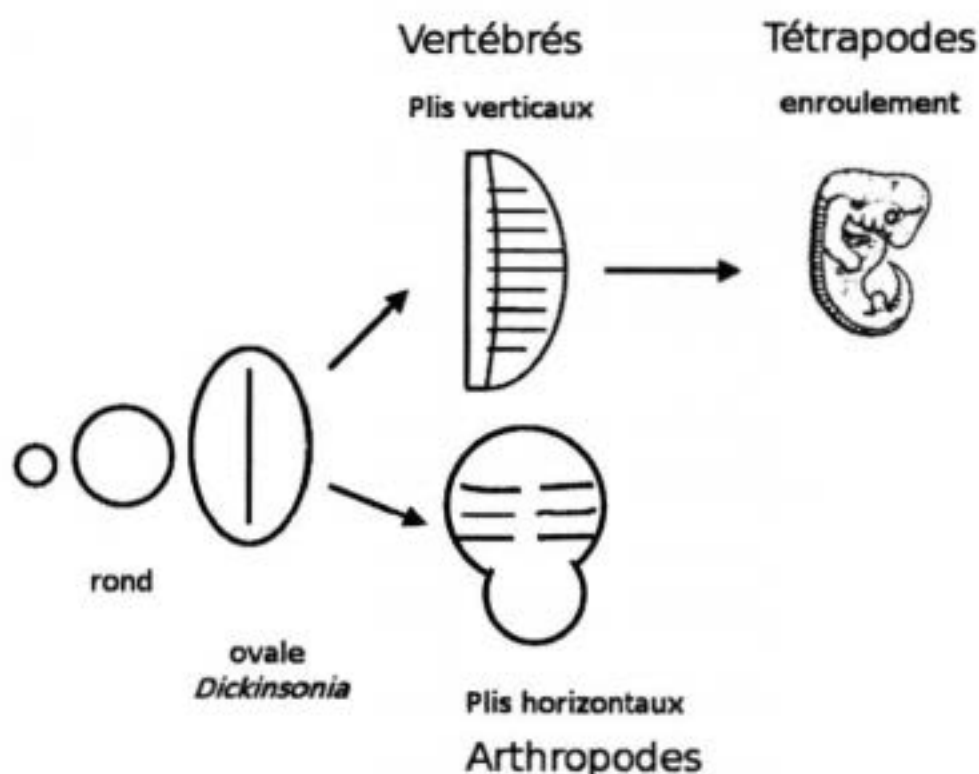


Figure 8.6. De Dickinsonia aux Arthropodes et aux vertébrés : une histoire de plis. D'après Vincent Fleury.

On peut également, comme je l'ai dit, prendre l'image d'un tissu qui se plie en fonction de la direction dans laquelle on le repasse ; un pli vertical ira dans le sens des vertébrés tétrapodes, tandis qu'un pli horizontal va permettre l'apparition d'un arthropode et de ses six pattes. La figure 8.6 montre comment on peut effectuer ces transitions en partant de *Dickinsonia*.

On retrouve la grande idée de Geoffroy Saint-Hilaire sur l'inversion entre les plans d'organisation des arthropodes et des vertébrés, mais cette fois-ci sur la base d'une approche dynamique. Dans une telle conception, l'organisme n'est pas un Lego, un assemblage d'organes, mais un tout, un ensemble global ayant sa propre logique interne.

Tout cela a des conséquences importantes qui n'apparaîtront certes pas comme nouvelles aux yeux du lecteur ayant traversé les chapitres précédents : le très petit nombre de plans, ou si l'on veut de branches maîtresses de l'évolution, montre que celle-ci doit composer avec des règles de construction si astreignantes qu'elle ne

peut pas faire “n’importe quoi”. En particulier, les choses peuvent s’enchaîner de sorte que certains plans en suivent d’autres, dans un ordre qui traduit un sens de l’évolution¹⁴. Le sens de l’évolution dont parle Fleury est physiquement gravé dans les champs d’orientation des cellules. Lui aussi, comme Richard Owen et d’autres, prédit que le plan d’organisation des vertébrés tétrapodes est susceptible d’être trouvé sur d’autres planètes, étant donné la logique interne qui est la sienne et qui dérive des lois de la physique. Pour Fleury aussi, le *sapiens* que nous sommes était attendu : “Quand on voit un petit préhominien, au front fuyant et au museau pointu, on peut déjà prédire quelle sera la grosse tête ronde du *sapiens*, en extrapolant les mouvements des feuilletts embryonnaires¹⁵.” Ainsi, la théorie d’Anne Dambricourt s’intègre parfaitement dans celle de Fleury pour former un ensemble cohérent.

Après tout ce que nous avons vu au cours des derniers chapitres, le travail de Fleury, même avec ses fondements dynamiques et les outils de la mécanique des fluides qu’il utilise pour renouveler le vieux problème de l’origine des formes, peut sembler relativement banal. Et pourtant, sa théorie est révolutionnaire par rapport à l’état actuel d’une biologie encore essentiellement basée sur le fonctionnalisme et sur la toute-puissance de la génétique. Fleury rapporte ainsi dans son ouvrage que sa théorie ne fut pas publiée dans certaines revues, car celles-ci refusaient d’admettre l’existence de quelque chose comme un “plan des tétrapodes”, ce qui montre à quel point les idées de Geoffroy Saint-Hilaire et des structuralistes pourtant magnifiquement remises à jour et modernisées par certaines découvertes de la génétique, ont encore du chemin à faire dans les esprits, ne serait-ce que pour arriver à la lisière du conscient des biologistes. C’est pour cela que Fleury a pu finir par publier un très gros article sur ses travaux... dans un journal de physique appliquée, ses idées étant encore trop novatrices pour la majorité de la communauté des biologistes. On est

14. Vincent Fleury, *De l’œuf à l’éternité, le sens de l’évolution*, Paris, Flammarion, 2006, p. 48.

15. Vincent Fleury, *De l’œuf à l’éternité, le sens de l’évolution*, op. cit., p. 223.

là dans un véritable dialogue de sourds où chacun se situe à des niveaux différents dans la compréhension du vivant.

L'arbre de la vie est-il unique ?

Après nous avoir montré comment on peut générer de façon dynamique un archétype des tétrapodes, Fleury n'oublie pas de mentionner que Darwin avait noté qu'il existait des mystérieuses lois de corrélation dans l'évolution de la morphologie des animaux. Son approche permet de montrer que ces corrélations surviennent de l'intérieur de façon déterministe et que la sélection naturelle et les changements d'environnement n'y sont pas pour grand-chose, concluant ainsi : "L'évolution darwinienne joue avec un ensemble très restreint de formes, sur lesquelles s'exercent des corrélations physiques très strictes et, dans ce cas, l'ensemble des formes connues pourraient bien être inévitables dans le long terme¹⁶."

Cette conception selon laquelle, non seulement un certain nombre de formes seraient inévitables dans la nature, mais que ce serait le cas pour toutes les formes, amène à l'idée que le grand arbre de la vie est inscrit dans les lois de la nature. On peut faire un pas de plus en supposant que, non seulement l'espace des formes possibles est réduit et peut en partie se répéter de planète en planète, mais que l'essentiel des formes possibles serait *déjà* apparu sur terre. Une telle idée a été exprimée par Michael Denton dans l'édition anglaise de *L'Evolution a-t-elle un sens ?*, dans un chapitre intitulé "Le principe de plénitude", où il argumente en faveur de l'idée que la diversité de la vie sur Terre approche de la diversité maximale possible de la vie basée sur le carbone¹⁷. Vous ne trouverez pas ce chapitre dans l'édition française, car, en tant que directeur de la collection "Le temps des sciences" aux

16. Vincent Fleury, "Clarifying tetrapod embryogenesis, a physicist's point of view", *The European Physical Journal of Applied Physics*, 45, 30101, 2009, p. 47.

17. Michael Denton, *Nature's Destiny*, *op. cit.*, p. 299-320.

Editions Fayard, j'avais demandé à Michael Denton de le retirer, parce que cela me paraissait aller trop loin dans le développement d'une thèse déjà très audacieuse. Même si cette idée me semble toujours spéculative, elle l'est moins qu'à l'époque, étant donné les divers petits ruisseaux qui ont renforcé le grand fleuve du structuralisme. Comme Denton le fait remarquer, une telle situation serait la conséquence ultime du fait que tout le processus de l'évolution est inscrit dans les lois de la nature. Néanmoins, il me semble que la richesse de la nature ne saurait être limitée aux formes existant sur une seule planète. Mais peut être est-ce moi qui ne suis pas assez audacieux.

Une autre scientifique, avec une formation très différente de celle de Vincent Fleury, argumente elle aussi en faveur d'un développement des formes des êtres vivants qui ne soit pas inscrit dans l'ADN mais qui provienne des interactions entre cellules et pense qu'il existe une cohérence générale dans l'arbre de la vie. Il s'agit de Rosine Chandebois, aujourd'hui professeur émérite d'embryologie à l'université de Marseille. Paru en 1989, son ouvrage *Le Gène et la Forme* portait comme sous titre *La démythification de l'ADN*¹⁸. Rosine Chandebois parle de sociologie cellulaire. Pour elle, les cellules s'entraident pour construire ensemble l'animal. Comme pour Vincent Fleury, on retrouve l'idée que les rencontres entre cellules, puis entre différents tissus cellulaires, vont jouer un rôle-clé dans la mise en place de l'organisme.

Dans son modèle, la cellule ne reçoit pas ses ordres des gènes. Elle utilise les gènes pour obtenir des ressources lui permettant de répondre aux ordres qu'elle reçoit des autres cellules situées dans son environnement. C'est ainsi que l'on peut comprendre pourquoi l'activité de chaque cellule dépend de sa situation parmi les autres. Si Rosine Chandebois fut clairement parmi les précurseurs de l'épigénétique, elle va encore plus loin que Vincent Fleury. Comme lui, elle estime que les gènes ne sont pas responsables de la forme des organismes mais elle postule l'existence,

18. Editions Espace 34, 1989.

au-delà de la mémoire cellulaire (selon laquelle chaque cellule se souvient des différentes étapes de son histoire, ce qui permet, d'après elle, de bien mieux comprendre les phénomènes de différenciation cellulaire), d'une mémoire collective. Pour elle, toute l'évolution se déroule de la même façon que le développement d'un œuf fécondé qui aboutit à un organisme vivant pourvu de millions de cellules. Le programme de l'évolution se déroulerait de la première cellule vivante jusqu'à toutes les formes du grand arbre de la vie.

Même si on n'est pas obligé de la suivre dans tous les détails de sa théorie (entre autres lorsqu'elle propose que la mémoire des organismes passés soit transmise par le cytoplasme et non par l'ADN), on peut, comme avec Richard Goldschmidt ou D'Arcy Thompson, la suivre jusqu'à un certain point, et remarquer que bien des concepts qu'elle a avancés à une "mauvaise" époque, celle où l'ADN était encore vu comme une entité toute-puissante, sont des concepts que l'on retrouve aujourd'hui chez de nombreux chercheurs. Ainsi, une scientifique aussi estimée qu'Evelyn Fox Keller¹⁹, explique que nous sortons du "siècle du gène", que nous vivons une révolution qui abandonne l'approche réductionniste élaborée au XX^e siècle, selon laquelle il y aurait un enchaînement inexorable allant des gènes aux protéines et aux fonctions. Rosine Chandebois a été soutenue par des personnalités comme René Thom, Jean-Paul Escande et M. P. Schützenberger. Le philosophe Michel Lefeuvre a également beaucoup travaillé sur son œuvre²⁰. Si ses idées sont parfois extrêmes, au point que Rosine Chandebois, contrairement à Vincent Fleury ou à Anne Dambricourt, n'a même pas été critiquée par les darwiniens (ceux-ci pensant sans doute que cela n'en valait pas la peine), ses travaux sont d'une grande importance concernant des aspects inconnus ou peu connus de l'embryologie. Si sa pensée est parfois complexe, elle a néanmoins

19. Evelyn Fox Keller, *Le Siècle du gène*, Paris, Gallimard, 2003.

20. Michel Lefeuvre, *Scientifiquement Incorrect – Les dérives idéologiques de la science*, Paris, Salvator, 2006.

également produit des ouvrages illustrés de vulgarisation d'une grande clarté²¹.

L'évolution a-t-elle une structure fractale ?

Un autre scientifique arrive, lui aussi, à la conclusion que l'évolution est un phénomène structuré, mais par des voies très différentes. C'est le paléontologue Jean Chaline que nous avons déjà rencontré au chapitre 1. Grand spécialiste de l'évo-dévo et des gènes de régulation, Chaline fait partie des rares biologistes qui s'intéressent aux possibles implications que la physique pourrait avoir pour leur discipline. Il a ainsi développé une collaboration avec l'astrophysicien Laurent Nottale, auteur d'une théorie révolutionnaire : la relativité d'échelle. Cette théorie, qui a pour but de tenter l'unification de la mécanique quantique et de la relativité générale, présente l'espace-temps comme étant fractal, c'est-à-dire ayant la même structure à toutes les échelles. Cette théorie postule que les lois de la nature doivent être valides quelle que soit l'échelle du système, ce qui n'est pas le cas dans l'état actuel de la physique, où la relativité générale règne dans le monde macroscopique et la physique quantique dans le monde microscopique. Nous ne vulgariserons pas cette théorie ici, le mieux étant de se rapporter à l'ouvrage de Laurent Nottale²². Si cette théorie nous intéresse, c'est que l'un de ses développements, issu d'une collaboration entre Jean Chaline, Laurent Nottale et l'économiste Pierre Grou, a débouché sur une démonstration selon laquelle toute une série d'événements, que ce soit dans les sociétés humaines ou au cours de l'évolution de la vie, obéissent à une loi dérivée des travaux de Nottale. Les innovations et les discontinuités qui se produisent dans l'évolution se répartiraient ainsi dans des zones de probabilité

21. Rosine Chandebois, *L'Embryon cet inconnu*, L'Age d'Homme, 2004 ; *Comment les cellules construisent l'animal*, Phénix Editions, 1999.

22. *La Relativité dans tous ses états. Au-delà de l'espace-temps*, Paris, Hachette, 1998.

d'apparition. Il y aurait des moments bien déterminés où il est hautement probable qu'une innovation intervienne, et ce dans des domaines aussi divers que l'évolution des dinosaures sauropodes, des primates, des équidés, des rongeurs ou des oursins. Et surtout, on retrouverait la même loi au niveau global de l'évolution²³.

Le travail de Chaline est d'une très grande ambition. Il s'agit rien moins que de la réintégration de l'évolution de la vie dans l'évolution de l'Univers, en montrant que ces deux évolutions suivent les mêmes lois universelles. Bien entendu, Jean Chaline et ses collaborateurs ne nous expliquent pas pourquoi l'évolution a cette structure, ni comment il se fait que les mutations se produisent de telle façon que l'évolution puisse avoir, au niveau général comme dans nombre de ses branches, cette fameuse structure fractale. Mais cela me paraît être, même si cette approche en est encore à ses débuts, un indice de plus en faveur de la trace de ce fameux "quelque chose" dont nous avons deviné l'existence à travers tant et tant d'approches différentes dans cet ouvrage et dont l'une des premières manifestations était justement cet étonnant rythme des mutations qui paraît dans le long terme être basé sur le temps astronomique, alors que nos observations présentes nous montrent bien que ce n'est pourtant absolument pas le cas dans le court terme. Ce fait que nous avons rencontré pourrait alors être un écho à la structure de l'évolution mise à jour par Chaline et Nottale. Ceux-ci ont publié leurs travaux tout d'abord à l'Académie des sciences²⁴ et ensuite dans un ouvrage²⁵.

Jean Chaline, qui a publié plusieurs articles en commun avec Anne Dambricourt et qui partage en partie son approche, n'hésite pas, en mathématisant les données que nous avons rencontrées à la figure 8.3, à prédire que l'apparition de l'*Homo futurus*, annoncé comme devant logiquement se produire un jour, aussi

23. Voir Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin*, Paris, Ellipses, 2006, p. 380-406.

24. *L'arbre de la vie a-t-il une structure fractale ?*, Compte-rendu de l'Académie des sciences n° 328 (Iia), 1999, p. 717-726.

25. Laurent Nottale, Jean Chaline, Pierre Grou, *Les Arbres de l'évolution*, Paris, Hachette, 2000.

bien par Vincent Fleury que par Anne Dambricourt, aurait lieu dans 800 000 ans ! Bien entendu, la contingence de l'histoire peut toujours jouer. L'humanité peut être éradiquée par un virus tueur dans mille ans, par une guerre thermonucléaire dans dix mille ans ou par la destruction complète de notre environnement dans cent mille ans. De toute façon, nous ne serons pas là, nous hommes du XXI^e siècle, pour vérifier cette prédiction, mais ce qui est fascinant, c'est qu'une telle prédiction puisse être possible, et cela sur des bases suffisamment sérieuses pour être publiées à l'Académie des sciences.

Même si Jean Chaline et Anne Dambricourt ont, comme nous l'avons mentionné, collaboré, les quatre théories que nous venons de présenter ont été développées indépendamment à partir d'observations très différentes et avec des méthodologies et des outils très éloignés. Or, toutes les quatre nous disent que l'évolution a une logique interne, soit au niveau global pour Fleury, Chandebois et Chaline, soit au niveau de l'évolution des primates qui a mené jusqu'à nous, pour Dambricourt. Les quatre théories ont été développées au cours des vingt dernières années, toutes les quatre sont politiquement incorrectes et ont été critiquées (sauf celle de Chandebois, mais il ne faut pas pour autant y voir un signe d'approbation de la part de l'establishment en biologie). Malgré leurs différences, elles se renforcent les unes les autres, et nous montrent, par des chemins différents des chapitres précédents, à quel point on peut étendre l'idée que l'évolution est, dans son ensemble comme dans certaines de ses parties, un événement prédictible qui possède sa propre logique interne, et qui continue à avancer de façon têtue dans une certaine direction quels que soient les aléas liés aux modifications de l'environnement et à la contingence de l'histoire.

Chapitre 9

La fin de l' "intermède darwinien"

Au cours des chapitres 4 à 8, nous avons développé toute une série d'approches dont il ne vous aura pas échappé qu'elles convergent et se renforcent mutuellement, comme nous le montrerons de façon plus détaillée au cours du chapitre suivant. Nous allons maintenant parcourir trois autres pistes qui, si elles présentent parfois des liens avec les approches qui constituent le thème principal de ce livre, n'en sont pas moins essentiellement indépendantes. Cela nous montrera que même si une nouvelle théorie de l'évolution se met en place, elle n'est pas la seule à pouvoir nous donner une vision du vivant qui soit différente du darwinisme.

La bactérie qui se prenait pour Bill Gates

Carl Woese est l'un des plus grands spécialistes mondiaux des micro-organismes. Il a fait une découverte exceptionnelle dans l'histoire de la science, celle d'une nouvelle branche fondamentale de l'arbre du vivant. Jusqu'à ses travaux de 1990, on croyait en effet qu'il n'existait que deux lignées fondamentales du vivant, celle des bactéries, organismes unicellulaires sans noyau différencié par une membrane (les procaryotes), et celle des eucaryotes, c'est-à-dire les organismes dont les cellules ont un noyau. Mais Woese a démontré que les archéobactéries (ou archéobactéries), que l'on classait jusque-là comme des formes particulières de

bactéries, étaient aussi éloignées des bactéries que des eucaryotes, découvrant ainsi l'existence d'une troisième lignée fondamentale parmi les êtres vivants. Il a publié dans *Nature* en 2007 un article au titre particulièrement fort : "La prochaine révolution en biologie¹". Cet article a été traduit en français et publié par la revue *Le Débat*. Ce même numéro de la revue *Le Débat* contient toute une série d'articles regroupés dans un dossier intitulé : "Vers une nouvelle biologie² ?", avec des contributions de Freeman Dyson, physicien à l'Institut des Etudes Avancées de Princeton et l'un des grands spécialistes de la prospective scientifique, du philosophe Jerry Fodor, de la biologiste Evelyn Fox Keller et du prix Nobel de chimie français, Jean-Marie Lehn. Je conseille vraiment la lecture de ce dossier, tant il montre comment des révolutions conceptuelles se sont déjà produites au cœur des sciences de la vie, dans un autre domaine que celui dont nous avons parlé dans les chapitres précédents.

L'article de Woese, qui a d'ailleurs été (et c'est un signe intéressant, comme nous le verrons) coécrit avec un physicien, Nigel Goldenfeld, est basé sur la notion de "transfert horizontal de gènes". Il s'agit de transferts ayant lieu entre cellules d'une même génération, et c'est pour cela que l'on parle de transfert horizontal entre organismes vivant à la même période, par rapport au transfert vertical, celui qui fait passer les gènes d'un individu à ses descendants. Les virus peuvent également contribuer à ce voyage du matériel génétique entre organismes.

Les travaux de Woese sur les micro-organismes et les bactéries montrent que ceux-ci portent la trace d'une époque où l'évolution de la vie reposait essentiellement sur de tels transferts horizontaux de gènes et non pas sur des mécanismes intergénérationnels basés sur la sélection. La vie était alors une grande communauté de cellules de types divers, partageant sans cesse leur information génétique de telle sorte que les innovations inventées par l'une pouvaient rapidement se propager à toutes

1. Carl Woese, "Biology's next revolution", *Nature*, 445, 25 janvier 2007.

2. *Le Débat* n° 152, Gallimard, novembre-décembre 2008, p. 76-121.

les autres. L'évolution était un phénomène collectif basé sur la coopération et non sur la compétition et la sélection. Ce système était bien plus efficace que les systèmes que nous connaissons actuellement. En effet, l'évolution pouvait être plus rapide puisque les innovations performantes pouvaient se transmettre bien plus vite grâce à ces transferts horizontaux. Et tout était pour le mieux dans le meilleur des mondes non darwiniens possibles. Seulement voilà, un jour funeste, une cellule s'est trouvée en possession d'une innovation particulièrement réussie. Avec trois milliards d'années d'avance sur Bill Gates, cette cellule a fort égoïstement voulu garder cette innovation pour elle seule. Elle aurait décidé de "breveter" cette information et de la réserver à sa descendance, refusant, pour la première fois dans l'histoire de la vie, le partage³.

Et c'est ainsi que seraient apparues les bactéries. Un jour, une bactérie ayant acquis une autre nouveauté s'est séparée de ses ancêtres pour donner une archéobactérie, plus tard encore une troisième avala une ou plusieurs bactéries plus petites, et de cette symbiose naquirent les premiers eucaryotes, les cellules avec un noyau. Ce fut la fin de la communauté de vie où l'on se partageait des "logiciels libres", comme on le dirait aujourd'hui. Et c'est ainsi que commença l'ère du darwinisme, il y a sans doute près de trois milliards d'années. Il semblerait que la vie fut fondamentalement "lamarckienne" pendant peut-être près d'un demi-milliard d'années, comme ose l'écrire Carl Woese. En effet, le partage des gènes grâce au transfert était plus important que l'héritage par réplification, car nous étions dans des systèmes ouverts.

Selon Freeman Dyson, "l'intermède darwinien" est aujourd'hui terminé. Il aura tout de même duré près de trois milliards d'années ! Mais avec l'apparition de la société actuelle globalisée, les transferts horizontaux tous azimuts ont repris. Ce ne sont plus aujourd'hui des transferts de gènes, mais des transferts d'idées. Rien n'est plus lamarckien que la transmission culturelle. En

3. Cette merveilleuse métaphore est due au génie de Freeman Dyson, cf. *Le Débat*, op. cit., p. 95.

effet, les idées se diffusent essentiellement de façon horizontale au sein d'une population et beaucoup moins de façon verticale, les enfants refusant parfois, et même souvent, d'adopter les conceptions de leurs parents ! De plus, cette évolution culturelle avance mille fois plus vite que l'évolution darwinienne, de la même façon que le faisait son ancêtre, l'évolution prédarwinienne, basée sur les transferts de gènes. Mais cela ne s'arrêtera pas là. Selon Dyson, grand avocat des biotechnologies, les transferts horizontaux de gènes entre espèces différentes vont immanquablement reprendre avec le progrès technologique. On n'est pas obligé de trouver cela enthousiasmant, mais c'est une réalité qui paraît difficilement évitable. L'intermède darwinien serait donc terminé, non seulement à cause de l'évolution culturelle mais aussi à cause d'un retour, guidé par l'homme (ou involontairement à cause des accidents pouvant avoir lieu lors du développement des nouvelles technologies génétiques) au transfert horizontal de gènes.

Où physique et biologie peuvent enfin se retrouver

Mais Dyson mentionne également un autre article de Carl Woese beaucoup plus détaillé. Selon cet article, il devient clair, nous dit Dyson, que pour "comprendre les êtres vivants de manière assez complète, nous devons les voir non pas sur un mode matérialiste, comme des machines, mais comme des organisations stables, complexes et dynamiques"⁴. Cet article de Woese⁵ présente d'abord une charge virulente contre le réductionnisme en biologie. Certes, il sait parfaitement qu'une certaine forme de réductionnisme, le réductionnisme empirique, est nécessaire. Il s'agit simplement de l'analyse et de la dissection des différentes parties

4. Freeman Dyson, *Le Débat*, 152, *op. cit.*, p. 96.

5. Carl R. Woese, "A new biology for a new century", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, juin 2004, 68(2), p. 173-186. Peut se consulter sur <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=15187180>.

qui composent une entité biologique. Mais il ne faut surtout pas confondre ce réductionnisme empirique qui a connu de très nombreux succès, avec un "réductionnisme fondamental", qui est, lui, d'ordre métaphysique et qui stipule que le tout, c'est-à-dire l'organisme, n'est rien d'autre que la somme des parties qui ont été disséquées et analysées. Selon Woese, les succès du premier réductionnisme ont amené de façon complètement illégitime un triomphe du second réductionnisme au plan philosophique et conceptuel. Il a totalement influencé notre conception de ce que pouvait être un organisme, de ce qui pouvait constituer une explication, de ce qu'était la compréhension dans le domaine de la biologie et même au-delà, notre vision de la biologie elle-même, de son rôle dans la société et de notre propre nature. Tout cela a profondément influencé les structures académiques, la façon d'enseigner les disciplines, les livres de classe, les programmes de recherche, etc.

Certes, Woese est le premier à reconnaître que l'ère de la biologie moléculaire du XX^e siècle était une période de transition inévitable et absolument nécessaire. Mais l'important aujourd'hui est d'arriver à la dépasser, non pas pour des raisons d'ordre idéologique et philosophique, mais simplement pour des raisons d'ordre pratique et scientifique. Si nous ne le faisons pas, nous allons au devant de grosses déconvenues et de gros problèmes dans le domaine des sciences du vivant. Car nous ne serons pas capables de répondre aux défis de demain (que l'on pense, par exemple, au développement des bactéries résistantes aux antibiotiques qui font des maladies nosocomiales qu'elles provoquent l'une des grandes menaces pour la santé publique du XXI^e siècle) si nous ne dépassons pas ce stade du réductionnisme. Selon une très belle formule de Woese, la biologie moléculaire "peut lire la partition musicale mais elle ne peut pas entendre la musique". Le "verre" de la biologie moléculaire est vide. Woese veut dire par là que nous avons "bu" tout ce qu'elle pouvait nous apporter. Il est temps de changer complètement notre regard, de passer d'un regard réductionniste dirigé vers le bas, c'est-à-dire sur les parties des êtres vivants, à un regard holistique dirigé vers le haut,

c'est-à-dire vers les êtres vivants dans leur totalité, en prenant en compte la complexité qui les caractérise.

Après cette charge contre le réductionnisme et cet appel à changer de vision, Woese se tourne vers la physique et nous rappelle qu'il y a quarante ans le physicien David Bohm prophétisait qu'il était impossible de comprendre la biologie avec des concepts dont la physique avait montré qu'ils étaient déjà dépassés au niveau des constituants élémentaires de ces mêmes objets que la biologie prétendait étudier avec la méthode réductionniste. Il est tout à fait étonnant de voir un biologiste du niveau de Woese dire ce que des physiciens français comme Ortolí et Pharabod (et moi-même) disent depuis fort longtemps. Mais Woese rappelle que le propre d'une prophétie, c'est justement de ne pas être entendue quand elle est émise. Ainsi, il y a une double raison de rejeter la vision du vivant qui nous est donnée par les courants de pensée actuellement dominants. Une raison théorique, car les concepts sur lesquels se base cette vision ont déjà été réfutés dans un autre domaine qui, contrairement à ce que l'on dit souvent, n'est pas sans lien avec celui de la biologie (puisque tout objet biologique est constitué de particules obéissant à la physique), et une raison pratique, car, ayant tiré tout ce que nous pouvions de la vision réductionniste, une nouvelle vision de la vie nous est nécessaire si nous voulons continuer à progresser et à répondre aux défis que les résultats de notre propre développement nous proposent.

Carl Woese et son coauteur disent une autre chose d'une importance extraordinaire dans l'article de *Nature* qui, en tant que revue britannique, communique par ailleurs dans la religion du darwinisme⁶ : "Par conséquent, nous considérons comme assez regrettable l'association que l'on fait habituellement entre

6. Voir sur ce point, par exemple, les propos provocants du généticien Denis Duboule de l'Académie des sciences, pour lequel les darwiniens ont transformé le darwinisme en une sorte de religion vénérant le prophète fondateur : http://www.academie-sciences.fr/MEMBRES/D/Duboule_Denis_audio.htm

le nom de Darwin et l'évolution car il reste d'autres modalités qui doivent être envisagées et que nous estimons indispensables au cours de l'histoire évolutive⁷." Même si d'autres, comme Stephen Jay Gould, l'ont déjà dit, c'est bien une révolution, car les Anglo-saxons ont un mal fou à distinguer le darwinisme et l'évolution. Qu'ils commencent à se rendre compte du caractère "regrettable" de cette confusion est réconfortant, au moment où elle triomphe en France, et où les opposants au darwinisme y sont considérés comme des opposants à l'évolution.

Le philosophe des sciences qui massacre le darwinisme...

Le même dossier contient un article de Jerry Fodor qui est non seulement philosophe mais aussi athée. Ce détail est important car on ne peut guère l'accuser d'*a priori* spiritualistes ! Or, l'article de Fodor est un véritable massacre à la tronçonneuse, en ce sens qu'il coupe le darwinisme en plusieurs morceaux. Fodor va commencer là où Woese et Goldenfeld s'arrêtent. Séparer le darwinisme et l'idée d'évolution : "En principe, au moins, il peut s'avérer que des babouins se trouvent effectivement dans notre arbre généalogique mais que ce ne soit pas la sélection naturelle qui les y ait placés⁸."

On voit bien à quel point cette évolution (c'est le cas de le dire) est douloureuse pour Fodor. Il ne parle pas directement de la nécessité de sortir du darwinisme mais de l'adaptationnisme. On pourrait donc croire qu'il s'agit simplement d'un supporter de Gould qui s'oppose violemment à l'école de Dawkins et certes, son article s'inscrit parfaitement dans la grande guerre des écoles darwiniennes décrites au chapitre 2. Mais Fodor va beaucoup plus loin que Gould. Il y a deux éléments, dit-il, dans la synthèse darwinienne : le fait que nous descendons d'un ancêtre

7. Nigel Goldenfeld, Carl Woese, *Le Débat*, op. cit., p. 107.

8. Jerry Fodor, "Pourquoi les porcs n'ont pas d'ailes", *Le Débat*, op. cit., p. 78.

commun, donc l'évolution, et l'adaptation par la sélection naturelle. Or "un nombre significatif de biologistes parfaitement raisonnables en viennent à penser que la théorie de la sélection naturelle ne peut plus être considérée comme admise⁹". Fodor veut dire par là que la sélection naturelle ne peut plus être considérée comme le moteur principal de l'évolution. Et non pas, bien sûr, que la sélection naturelle n'existe pas.

Fodor va ensuite revenir sur le débat évoqué à la fin du chapitre 3. Selon la critique de Tom Bethell et de Rémy Chauvin, le darwinisme ne serait rien d'autre qu'une tautologie. Il ne ferait que pronostiquer... la survie des survivants, faute de pouvoir définir *a priori* les organismes les mieux adaptés à la survie. Nous avons vu que Gould avait tiré le darwinisme de ce mauvais pas en tentant de montrer la légitimité de l'analogie faite par Darwin entre la sélection naturelle et la façon dont agissaient les éleveurs pratiquant la sélection artificielle. Fodor commence par attaquer vigoureusement ce point. Cette analogie ne tient pas, car la sélection naturelle est aveugle et agit sans préméditation, alors que les éleveurs sélectionnent pour des raisons bien précises, déterminées *a priori*. Fodor parle de la "délicieuse ironie" qu'il y a à voir les darwiniens adaptationnistes, qui par définition veulent exclure toute intentionnalité des explications en biologie, faire ainsi appel à des métaphores parlant de l'intentionnalité de la nature. Pour aller plus loin, Fodor va (autre ironie !) s'appuyer sur Gould lui-même et son fameux concept de pendentif, qui, décidément, joue un grand rôle dans les débats sur la nature de l'évolution.

Rappelons que Gould et Lewontin nous disent que le pendentif n'a pas été construit pour lui-même, mais qu'il est un sous-produit nécessaire de la construction d'une coupole reposant sur quatre piliers. Et c'est là que Fodor pose "la question qui tue". Doit-on dire que les pendentifs existent parce qu'ils étaient nécessaires pour avoir la coupole qui, elle, a été sélectionnée par l'architecte ou que la coupole existe parce que

9. Jerry Fodor, "Pourquoi les porcs n'ont pas d'ailes", *art. cit.*, p. 78.

l'architecte voulait des arcs avec des pendentifs ? Bien entendu, dans le monde des objets fabriqués par l'homme comme dans celui des éleveurs, nous connaissons la réponse et nous savons que la première option est la bonne. Mais dans la nature, nous dit Fodor, dans une nature où il n'y a pas d'architecte, pas d'intentionnalité, peut-on vraiment trancher ? Retrouvant exactement l'approche de Chauvin, selon laquelle le cheval a été sélectionné... parce qu'il est un cheval, un "tout" et non pas à cause de tel ou tel organe spécifique, Fodor se demande si les ours polaires ont été sélectionnés pour leur couleur blanche ou pour les autres caractéristiques qui les adaptent à leur environnement. Selon lui, la théorie darwinienne ne peut pas faire la différence entre les raisons de la sélection d'un caractère A et de la sélection d'un caractère B, quand tous les deux sont présents dans l'animal, ce qui montre qu'elle n'a pas un caractère prédictif. Fodor va jusqu'à affirmer : "On sait que les darwinistes prétendent que l'adaptationnisme est la meilleure idée qu'on ait jamais eue. Ce serait une bonne plaisanterie si la meilleure idée qu'on ait jamais eue se révélait fausse. L'histoire des sciences est remplie de ce genre de plaisanteries que la nature inflige à nos théories favorites¹⁰." On ne saurait mieux dire que le darwinisme pourrait être à rejeter en tant qu'explication globale de l'évolution. Après un tel coup, les autres coups que porte Fodor (il fait, entre autres, mention des phénomènes de canalisation et de contraintes d'évolution du génome que l'on trouve dans le domaine "évo-dévo") ont l'air presque inoffensifs et sont déjà connus de vous. Il y en a néanmoins un qui mérite notre attention.

Fodor nous montre comment les pendentifs peuvent être extrêmement présents dans la nature. Et pas seulement des pendentifs "logiques" comme ceux qui sont nécessaires pour soutenir une coupole. Il cite des expériences portant sur la domestication de renards sauvages, qui permettent de comparer au bout de quarante ans les renards domestiqués avec leurs cousins restés

10. Jerry Fodor, "Pourquoi les porcs n'ont pas d'ailes", *art. cit.*, p. 78.

sauvages. On voit qu'ils ont tendance à acquérir des oreilles tombantes, des poils gris, une queue courte et recourbée et des pattes courtes. Or, tous ces caractères tendent aussi à être présents chez la plupart des autres animaux domestiques, chiens, chats, chèvres et vaches. Bien évidemment, il serait absurde de se demander en quoi la queue courte et recourbée des chiens, des chats et des renards est une adaptation à un état domestique. Ici, la situation est bien "pire" pour le darwinisme que dans le cas des pendentifs. En effet, même s'ils n'ont pas été sélectionnés pour eux-mêmes, ils sont nécessaires pour qu'existe la coupole qui, elle, a été sélectionnée par l'architecte. Mais ici, nous sommes dans un cas équivalent à celui où toutes les cathédrales ayant des coupoles contiendraient aussi au-dessus de leur autel un Christ en croix souriant au lieu d'un Christ souffrant¹¹. Bien entendu on ne pourrait pas penser qu'il est nécessaire d'avoir une statue de Christ souriant pour que puisse être bâtie une coupole, ni bien sûr (ce serait la vision adaptationniste) que le Christ sourit chaque fois qu'il voit une coupole. Ce que montre cette expérience, c'est que lorsqu'on sélectionne quelque chose, ici la domestication, une série de caractères n'ayant aucun rapport, mais étant néanmoins liés à la caractéristique sélectionnée, vont se retrouver embarqués dans le même bateau, et ce non pas dans une seule espèce mais dans toute une série d'espèces, même phylogénétiquement éloignées les unes des autres, montrant là aussi un phénomène de convergence, très probablement dû à l'existence d'une cohérence générale dans les plans d'organisation ou les archétypes des êtres vivants, ici les mammifères. Fodor conclut en disant que si la sélection naturelle n'est pas ce qui dirige l'évolution, bien des spéculations vont avoir l'air ridicules. Heureusement pour Dawkins, Dennett et leurs nombreux disciples en France et dans le monde, il paraît que le ridicule ne tue plus.

11. Les Christs en croix souriants sont très rares mais il en existe, voulant symboliser ainsi la victoire sur la mort.

... et le prix Nobel qui le maintient sous respiration artificielle

Comme rien n'est tout blanc ni tout noir dans le domaine de l'évolution des idées scientifiques, ce qui fait sa grandeur et son intérêt, le même dossier contient également quelques arguments permettant au darwinisme non pas de retrouver sa place prééminente, mais de montrer qu'il peut encore avoir une utilité en faisant progresser, dans des domaines certes limités par rapport à l'empire qui était encore le sien il y a peu, nos connaissances.

Jean-Marie Lehn a développé le concept de chimie supramoléculaire pour désigner l'étude des relations dynamiques entre les molécules et des structures complexes qui peuvent ainsi se former. Ce passage d'une chimie statique étudiant des objets dont la constitution est stable à une chimie dynamique où il existe des variations dans la constitution des objets étudiés, permet d'introduire des mécanismes de sélection et d'une certaine façon, ouvre une ère darwinienne en chimie, en montrant que des processus "d'auto-organisation par sélection" sont possibles, et cela avant même l'évolution de la vie¹². Evelyn Fox Keller s'enthousiasme pour cette nouvelle voie et pense qu'elle peut apporter beaucoup à la compréhension de l'origine de la vie. Selon elle, la limite entre les structures vivantes et les structures non vivantes est totalement arbitraire et doit être remise en cause. Elle essaie de montrer comment les travaux de Woese et de Lehn peuvent d'une certaine façon être rapprochés¹³. On serait ainsi dans une situation où des mécanismes darwiniens auraient d'abord existé, avant l'origine de la vie, au niveau chimique, puis des mécanismes de type lamarckien auraient prédominé une fois la vie apparue, avant que ne commence finalement un long intermède darwinien. Dans une telle conception, il y aurait eu depuis l'origine de la Terre deux périodes darwiniennes et deux périodes non darwiniennes (et nous serions au début de la deuxième).

12. Jean Mari Lehn, *Le Débat*, op. cit., 152, p. 116-121.

13. Evelyn Fox Keller, *Le Débat*, op. cit., 152, p. 108-115.

Au paragraphe précédent, nous avons mentionné le mot magique d' "auto-organisation", qui est le second grand thème de ce chapitre. Il s'agit de quelque chose d'à la fois très simple et très compliqué. Très simple, parce que le concept-clé de l'auto-organisation est que l'ordre apparaît gratuitement, pour "rien" dans la nature. Très compliqué, parce que cette approche utilise de nombreux outils mathématiques provenant de la théorie du chaos, de la thermodynamique éloignée de l'équilibre et autres concepts liés à la dynamique de systèmes instables.

On sait très bien que, selon la formule consacrée, "l'ordre peut surgir du chaos". Certaines réactions chimiques peuvent ainsi faire apparaître un ordre spontané. C'est sur ce genre de concept que repose l'auto-organisation, comme le dit Stuart Kauffman, le principal théoricien en ce qui concerne l'application de ce concept aux sciences biologiques : "Depuis Darwin, nous nous sommes tournés vers une seule force : la sélection naturelle. Sans elle, nous pensons qu'il n'y aurait rien d'autre qu'un désordre incohérent. Je vais argumenter dans ce livre que cette idée est fausse. Comme nous le verrons, les sciences de la complexité et de l'émergence suggèrent que l'ordre n'est pas un accident, qu'il existe de grands «gisements» d'ordres spontanés. L'étendue de ces ordres spontanés est bien plus grande que ce que nous avons pensé. L'existence d'ordres spontanés est un défi fantastique aux idées établies en biologie depuis Darwin. Si cela est vrai, quelle révision de la vision du monde darwinienne nous attend ! Nous ne sommes pas un accident, nous étions attendus. Mais la révision des conceptions darwiniennes ne sera pas facile. Les biologistes n'ont aucun cadre conceptuel dans lequel étudier un processus évolutionniste qui combine sélection et auto-organisation. Comment la sélection agit-elle sur des systèmes qui ont déjà un ordre spontané¹⁴ ?" Les tenants de l'auto-organisation

14. Stuart Kauffman, *At Home In the Universe*, Oxford, Oxford University Press, 1995, p. 8.

rendent hommage à D'Arcy Thomson et aux structuralistes. C'est le cas de Kauffman, qui est bien conscient que, comme nous l'avons vu, cette approche rend l'évolution raisonnablement prévisible. Pourtant, les tenants de l'auto-organisation adhèrent à un structuralisme encore bien plus dynamique que celui de Vincent Fleury. Dans les récentes conférences où je l'ai rencontré, Stuart Kauffman s'enthousiasmait devant le fait que l'apparition de certains organes, comme la vessie natatoire des poissons, était selon lui imprédictible. Il voyait là une conception radicalement nouvelle pour les théories de l'évolution. Je ne vois pas vraiment en quoi ceci est nouveau par rapport au darwinisme classique et encore moins au darwinisme modifié par Gould, avec son concept d' "exaptation" où toute une série de choses imprédictibles apparaissent dans l'évolution. Ensuite, cela me paraît être en parfaite contradiction avec la tradition structuraliste qui, comme nous l'avons vu et revu, affirme que l'évolution est plus prédictible que ne peut le concevoir le darwinisme. Certes, Kauffman n'est pas incohérent. Ce qu'il a en tête, c'est le concept d'émergence, autre mot magique qui va de pair avec l'auto-organisation. C'est un concept foncièrement antiréductionniste qui repose sur l'idée que les propriétés d'un tout ne peuvent en aucune façon être expliquées par l'ensemble de ses parties. Un exemple simple est celui de l'eau dont les propriétés ne peuvent certainement pas être prédites à partir d'une connaissance complète des propriétés de l'hydrogène et de l'oxygène. Et pourtant, l'eau n'est rien d'autre qu'un assemblage de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Face au réductionnisme darwinien, les tenants de l'émergence, dont Kauffman, veulent ainsi montrer que les organes et les êtres vivants qui émergent dans la nature ne sont pas prédictibles à partir de la connaissance de leurs composants et des lois physiques qui régissent le mouvement de ces derniers.

C'est pourquoi les tenants de l'auto-organisation semblent parfois assis entre deux chaises. D'un côté, ils insistent sur les phénomènes de turbulence, sur la créativité de la nature, sur sa capacité à innover et d'un autre côté, ils veulent se rattacher à des lois. Certes, il existe des ordres qui se créent spontanément

dans la nature, mais ces exemples sont basés sur des phénomènes chimiques relativement simples. Quel niveau peut atteindre un ordre qui surgit du chaos sans cause ? M. P. Schützenberger, un des fondateurs de l'informatique théorique et Pierre Perrier, un des grands spécialistes français de la modélisation, qui dirigea l'équipe qui modélisa le Rafale, ont tous les deux étudié ces questions et affirment que ces niveaux d'ordre sont limités par rapport à ceux atteints par des êtres vivants.

Je me rappelle très bien ma première rencontre avec Francisco Varela qui fut en France l'un des leaders de l'école de l'auto-organisation. Il expliquait que les cellules ne pouvaient pas fonctionner s'il n'y avait pas une membrane autour, mais que la membrane elle-même ne pouvait exister que comme produit de la cellule. Ma réaction spontanée fut de dire qu'il y avait forcément quelque chose qui coordonnait à la fois la constitution de la cellule et de la membrane puisque l'un ne pouvait exister sans l'autre. Varela me répondit : "Non non, le principe-clé de l'auto-organisation, c'est justement qu'il n'y a rien qui coordonne, «ça» émerge tout seul !" Je ne pus m'empêcher de penser que si nous nous remettons dans la situation de ma planète hypothétique mentionnée dans l'introduction, cette réponse était équivalente à celle que donneraient des scientifiques de cette planète qui, ne pouvant expliquer le retour régulier des saisons, en arriveraient à dire que "ça" émerge tout seul, qu'il s'agit d'un ordre gratuit fourni par la nature.

On peut donc se demander si l'auto-organisation n'est pas le sommet de l'iceberg, c'est-à-dire qu'elle nous montre des phénomènes qui sont en fait basés sur des causes profondément enfouies dans les lois de la nature, et que nos concepts actuels ne nous rendent pas capables de connaître, ni même peut-être d'envisager. Mais cette critique ne doit pas laisser à penser que l'auto-organisation n'a rien à nous apporter, même si le flou des concepts qui y règne fait parfois dire, aussi bien à des darwiniens qu'à des non-darwiniens, qu'il s'agit d'une notion creuse. Je suis d'accord avec la position de Gould, selon laquelle l'étude des systèmes complexes peut mener, en "tâtonnant", vers quelque

chose d'important¹⁵. Mais il me semble qu'il est un peu trop tôt pour savoir exactement quoi. Mentionnons néanmoins des phénomènes intéressants comme le cercle autocatalytique, dans lequel les produits d'une réaction A favorisent la tenue d'une réaction B dont les produits favoriseront la tenue d'une réaction C qui elle-même produira quelque chose qui aidera à entretenir et développer la réaction A. Cette découverte est due au prix Nobel de chimie Manfred Eigen. Il y a là des outils intéressants même s'ils ne peuvent sans doute que nous apporter des lumières partielles sur les mécanismes de l'évolution.

Par rapport au darwinisme, les tenants de l'auto-organisation se divisent en deux grandes écoles. D'un côté, ceux pour qui l'auto-organisation est un complément de la sélection naturelle, celle-ci restant le moteur principal de l'évolution ou au minimum un moteur aussi important que l'auto-organisation. C'est la position de Stuart Kauffman, malgré les propos que nous venons de citer. D'autres, comme Brian Goodwin¹⁶, vont beaucoup plus loin et cherchent à développer une "science des qualités" prônant explicitement un retour, au moins partiel, aux intuitions de Goethe et des biologistes "romantiques". Ils pensent que le darwinisme nous donne une idée fausse de ce que sont réellement les organismes vivants et la nature, que la coopération ou la "coopétition" (coopération entre concurrents) sont aussi des forces fondamentales de la nature et que finalement, lorsqu'on rassemble toutes les forces qui agissent sur l'évolution, la sélection naturelle ne peut plus prétendre être le moteur principal de l'évolution.

Un phénomène illustrant cette coopération et où l'on retrouve des échos du monde prédarwinien de Carl Woese est celui de la symbiose. Selon une théorie développée par Lynn Margulis, les cellules eucaryotes (les nôtres et celles de tous les animaux) sont apparues grâce à la fusion de plusieurs cellules primitives (les

15. Voir Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, op. cit., p. 1696.

16. Brian Goodwin, *How the Leopard Changed Its Spots*, op. cit., p. 179, 181.

procaryotes). Le noyau et les mitochondries (centrales d'énergie de nos cellules) seraient d'anciennes cellules qui auraient mis en place une collaboration avec une cellule plus grosse pour franchir une étape décisive de l'évolution¹⁷. Certains scientifiques de cette école peuvent se montrer extrêmement violents envers le darwinisme, comme Mae Wan Ho¹⁸, qui le considère comme une mauvaise science, nous donnant une vision complètement fausse de ce que sont les organismes vivants et ayant une influence extrêmement néfaste sur la société occidentale et à travers elle, sur le monde entier. Alors que d'autres sont au contraire restés très proches du darwinisme et intègrent les mécanismes et les outils darwiniens dans leur travaux, ce qui est le cas de Kauffman.

En conclusion sur ce sujet, il semble que l'auto-organisation est un peu un "concept fourre-tout" où peuvent se rencontrer différents courants de pensée à la recherche d'idées nouvelles. Ainsi en 2008, seize biologistes se sont réunis à Altenberg pour un séminaire qui, selon certains, pouvait refonder la théorie de l'évolution. La journaliste néozélandaise Suzan Mazur s'est passionnée pour cette rencontre qu'elle a qualifié de "Woodstock de l'évolution"¹⁹. On peut trouver gratuitement sur Internet son livre *Les Seize d'Altenberg : la véritable théorie de l'évolution va-t-elle enfin apparaître*²⁰ ? L'étude des propos tenus par divers

17. Margulis, Lynn (éd.), *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*, Boston, The MIT Press, 1991.

18. Mae Wan Ho, *The Rainbow and the Worm*, World Scientific, 1998.

19. <http://www.scoop.co.nz/stories/HL0803/S00051.htm>.

20. <http://www.scoop.co.nz/stories/HL0807/S00053.htm>. Sur ce dernier lien, vous trouverez une liste de pas moins de cinquante scientifiques qui participent de près ou de loin à ce mouvement. On y retrouve bien sûr Stuart Kauffman, Brian Goodwin, des proches de Gould comme Richard Lewontin, Niels Eldredge et Jerry Fodor mais aussi... Richard Dawkins et un ultra antidarwinien comme Guiseppe Sermoniti. Une belle démonstration du côté fourre-tout du concept mais aussi, répétons-le, du fait qu'il peut déboucher sur des idées et des recherches intéressantes, comme le montre le résumé qu'en fait Suzan Mazur. Voir aussi son interview de... Vincent Fleury sur <http://www.scoop.co.nz/stories/HL0906/S00277.htm>. Il y a beaucoup d'autres interviews intéressantes sur ce site.

scientifiques tournant autour de ce mouvement montre à quel point il existe dans parmi eux une insatisfaction vis-à-vis du darwinisme et un énervement envers les attitudes que peuvent prendre les darwiniens. Ainsi Stan Salthe, professeur de zoologie à l'université de New York, nous dit que "finalement, la sélection naturelle ne peut pas rendre compte de la complexité des systèmes vivants²¹", ce qui revient à dire que le darwinisme a échoué. James Shapiro, professeur de biologie moléculaire à l'université de Chicago, affirme que "les avocats du néodarwinisme proclament être des scientifiques, aussi peut-on légitimement attendre d'eux un esprit plus ouvert et plus curieux. Au lieu de cela, ils se posent en défenseurs d'une orthodoxie outragée et affirment une inébranlable prétention à la vérité qui sert seulement à valider la critique des créationnistes suivant laquelle le darwinisme est devenu plus une foi qu'une science²²." Quand au prix Nobel de physique Robert Laughlin, grand spécialiste de l'émergence, et qui à ce titre s'intéresse à l'évolution, il s'énervé : "L'évolution biologique par sélection naturelle, conçue par Darwin comme une grande théorie, a fini par fonctionner plus comme une anti-théorie, appelée à la rescousse pour couvrir les faillites expérimentales et légitimer des résultats qui, au mieux, sont douteux et au pire, «même pas faux²³» !" (Autrement dit qu'ils n'ont même pas atteint le niveau où on pourrait les qualifier de faux !)

Le succès de l'auto-organisation et de l'émergence semble aussi dû au fait qu'il s'agit d'un domaine "politiquement correct". Non seulement c'est un concept à la mode, mais c'est aussi la seule façon de critiquer le darwinisme sans subir immédiatement l'accusation d'avoir un *a priori* ou un agenda spiritualiste. Comme l'auto-organisation réfute tout principe organisateur suprême au profit de toute une série d'entités en réseaux, ses

21. Stan Salthe, "Natural Selection in Relation to Complexity", *Artificial Life*, vol. 14, 2008, p. 371-372.

22. James Shapiro, "A Third Way, Alternatives to Creationism and Darwinism", *Boston Review*, vol. 22, 1997, p. 32-33.

23. *Ibid*, p. 168-169.

tenants sont en général soit des athées, soit des panthéistes, soit des adeptes des philosophies orientales. Ils peuvent donc passer le test de Richard Dawkins. Celui-ci a confié un jour que face à toute personne qui commence à émettre une critique contre le darwinisme, la première question qu'il pose est toujours : "Croyez-vous en Dieu ?" Si la réponse est positive, il refuse d'écouter la critique, celle-ci étant rejetée *a priori*. Cela peut expliquer pourquoi Michael Denton a écrit, avec un théologien, un très intéressant article qui tente de relier l'auto-organisation et l'approche platonicienne qui est la sienne²⁴. Ainsi pourrait-on dire que l'auto-organisation mène à tout à condition d'en sortir.

Avons-nous vraiment de l'ADN "pourri" dans nos cellules ?

Une très grande partie de l'ADN des animaux supérieurs *semble* ne servir à rien. Non seulement ces séquences ne sont pas lues et donc ne contribuent pas à la formation de protéines, mais en plus on peut montrer qu'elles varient énormément à l'intérieur d'une espèce par rapport aux séquences utiles. Cela incite à penser que ces séquences sont réellement inutiles puisque si elles jouaient un rôle important, ce trop grand nombre de modifications serait mortel pour l'organisme qui les porte. C'est pour cela qu'on a surnommé cet ADN, le "*junk DNA*", soit l'ADN pourri, ce qui n'est pas très respectueux. Néanmoins, de nombreuses voix se sont élevées pour spéculer sur le rôle que cet ADN pourrait jouer dans l'évolution. Ne pourrait-on pas envisager qu'un code, un programme réside quelque part dans cet ADN malgré les grandes fluctuations auxquelles celui-ci est sujet ? Sans aller exactement dans cette direction, un récent papier n'en est pas moins titré : *L'ADN pourri en tant que force évolutive*²⁵.

24. J. B. Edelman, M. J. Denton, "The uniqueness of biological self-organization: challenging the Darwinian paradigm, biology and philosophy", vol. 22 (4), septembre 2007, p. 579-601.

25. Christian Biémont, Cristina Vieira, *Junk DNA as an evolutionary force*,

Aussi extraordinaire que cela puisse paraître, 3 % seulement de notre ADN semble jouer un rôle direct dans la constitution de notre organisme. Il s'agit des séquences qui permettent d'assembler les protéines qui nous constituent (ces séquences sont appelées "exons") ainsi que d'autres séquences qui régulent leurs activités. Est-ce à dire que 97 % de notre génome ne sert à rien ? On le pense de moins en moins. 45 % de ce génome est composé de transposons, que nous avons déjà mentionnés, ces étonnants gènes sauteurs qui contiennent en eux-mêmes la boîte à outils nécessaire pour s'extraire de l'endroit de l'ADN où ils sont, pour sauter à un autre endroit et s'y insérer. Barbara McClintock pense que ces éléments jouent un rôle important dans le contrôle des organismes supérieurs (et il est vrai qu'il n'y en a que 0,3 % dans le génome d'une bactérie et 20 % dans le génome d'une mouche). Il a fallu quarante ans pour qu'on commence à l'écouter, mais le rôle de ces éléments est toujours loin d'être clair. Les auteurs de l'article mettent en avant certaines façons dont les transposons contribuent à l'épigénétique, c'est-à-dire peuvent agir de façon différente en fonction des informations qu'ils reçoivent de l'environnement, mais surtout ils nous apprennent que certains transposons peuvent être "domestiqués" par leur génome et que celui-ci les utilise, soit pour des phénomènes de régulation, soit pour créer de la diversité génétique.

Cela nous ramène à une idée développée par le prix Nobel de médecine Werner Arber, selon laquelle les mutations survenant dans notre génome seraient loin d'être toutes des erreurs de copie, de simples fautes de frappe dans un texte, mais qu'il y aurait derrière certaines mutations (d'autres étant effectivement des erreurs de copies) des gènes créateurs de diversité qui seraient là pour développer "l'évolutivité" des organismes en produisant sans cesse de nouvelles séquences. Selon cette conception, les mutations se dérouleraient bien au hasard, en ce sens que ces gènes assurant la diversité génétique n'orienteraient pas les mutations dans une direction génétique prédéterminée. Mais ils

assureraient l'apparition continue et systématique de nouveautés qui fourniraient des matériaux de base pour l'évolution. Tout en restant dans le cadre darwinien, ces deux approches nous montrent ainsi que le système génétique serait organisé de telle façon que la diversité puisse toujours s'y développer de façon croissante²⁶.

Où le fantôme de Lamarck revient hanter les darwiniens

S'il y a un spectre que les darwiniens veulent exorciser à tout prix, c'est bien celui de Lamarck et du mécanisme qu'il avait postulé, selon lequel l'environnement pourrait influencer l'évolution des êtres vivants. De nombreuses expériences ont été conduites pour effectuer cet "exorcisme", avec des résultats très concluants en faveur du darwinisme. Nous avons vu que l'épigénétique était très à la mode mais celle-ci n'est pas lamarckienne. Elle montre en effet que l'environnement peut influencer la façon dont s'expriment les gènes, donc le développement d'un organisme, mais pas les descendants de cet organisme. Néanmoins, deux types de phénomènes sont de nature à montrer que des processus lamarckiens pourraient peut-être jouer un rôle dans l'évolution actuelle et pas seulement il y a trois milliards d'années, à la grande époque de l'ADN libre, où des communautés de cellules s'échangeaient leurs innovations grâce au transfert horizontal de gènes, comme nous l'a montré Carl Woese.

Le premier bouleversement fut dû à un article de John Cairns publié dans *Nature*²⁷, montrant que des bactéries qui ne pouvaient pas se nourrir de lactose produisaient, quand elles étaient immergées dans un environnement ne contenant que du lactose,

26. Pour la théorie de Werner Arber, voir Werner Arber, "Gene products implied in the generation of microbial diversity", *Biology International*, 33, 1995, p. 8-11, ou Werner Arber, "The generation of variation in bacterial genomes", *Journal of Molecular Evolution*, 40, 1995, p. 7-12.

27. Cairns, Overbaugh, Miller, "The origins of mutants", *Nature*, 335, 1988, p. 142-145.

plus souvent que d'habitude une mutation qui leur permettait de se nourrir de lactose et donc d'éviter de mourir de faim. Cairns en concluait que notre croyance dans le caractère aléatoire de la plupart des mutations devait être remis en cause. Barry Hall, professeur de génétique à l'université de Rochester, a longuement repris ces études et il est lui aussi arrivé à la conclusion qu'il était possible que les mutations soient générées de façon sélective par un procédé inconnu.

La contre-attaque darwinienne fut violente et brillante. Elle était basée sur l'idée que quand les bactéries sont dans une situation de stress (par exemple quand elles risquent de mourir de faim), elles développent alors un comportement d'hypermutabilité. Ce comportement serait dangereux dans la vie de tous les jours car, amenant les bactéries à faire n'importe quoi, il pourrait conduire à leur disparition. En revanche, dans une période où elles ont besoin de façon vitale qu'une nouvelle mutation se produise, c'est un avantage pour les bactéries que de se mettre ainsi à muter dans toutes les directions, car cela augmente la probabilité que la mutation salvatrice apparaisse par hasard. Eh bien, un tel mécanisme fut bel et bien détecté. Les bactéries produisent plus de mutations en période de stress qu'en temps normal. C'est certainement l'un des plus grands succès obtenus par les darwiniens ces vingt dernières années²⁸. Mais hélas pour eux, cela ne suffit pas, même si cela montre que les mécanismes darwiniens sont plus présents dans la nature que ne le pensent des antidarwiniens mal informés. En effet, on a depuis montré²⁹

28. J. Torkelson, R. S. Harris, M. J. Lombardo, J. Nagendran, C. Thulin, S. M. Rosenberg, "Genome-wide hypermutation in a subpopulation of stationary-phase cells underlies recombination-dependent adaptive mutation", *EMBO Journal*, 2 juin 1997, 16 (11), p. 3303-3311. Voir aussi P. L. Foster, "Adaptive mutation: has the unicorn landed?", *Genetics*, avril 1998, 148 (4), p. 1453-1459.

29. J. R. Roth, E. Kofoed, F. P. Roth, O. G. Berg, J. Seger, D. I. Andersson, "Regulating general mutation rates: examination of the hypermutable state model for Cairnsian adaptive mutation", *Genetics*, avril 2003, 163 (4), p. 1483-1496.

que cette hypermutabilité ne pouvait expliquer qu'une partie (entre 10 et 50 % seulement) de l'excès de mutations favorables qui surviennent dans le cas décrit à l'origine. Alors d'où viennent les autres ?

La lecture de l'article de John Roth (note précédente) montre à quel point l'idée pourtant brillante des darwiniens est incapable d'expliquer la totalité du phénomène. Cela ne veut pas dire, bien sûr, que ce phénomène serait de type néolamarckien, mais que des expériences supplémentaires sont nécessaires et que, jusqu'à preuve du contraire, un espace potentiel existe dans ce domaine pour le néolamarckisme, ce qui n'est déjà pas si mal.

Mais quel pourrait être un mécanisme néolamarckien permettant à l'environnement d'agir directement sur le génome de ces bactéries ? Vasily Ogryzko est le premier à avoir proposé un modèle qui fut plus tard également retrouvé, sous une forme proche, par John J. Mac Fadden. Tout en étant différente de la sélection quantique de Lothar Schäfer, l'idée d'Ogryzko fait appel à la mécanique quantique. Nous avons vu avec Schäfer qu'il existait des états quantiques virtuels, qui déterminaient les états que peuvent prendre dans le futur les atomes, voire les molécules. On ne sait pas quand ces états virtuels deviendront réels mais ils existent potentiellement. Pour résumer l'idée d'Ogryzko³⁰, le génome de la cellule serait en quelque sorte en état de superposition, c'est-à-dire comme les particules quantiques, dans plusieurs états *en même temps*, et l'environnement jouerait le même rôle que dans certaines expériences de physique quantique, où c'est la façon dont on mesure les caractéristiques d'une particule qui définit ses caractéristiques. John J. Mac Fadden a repris ces idées, lui aussi dans un article publié dans une revue scientifique et dans un livre³¹. Ce n'est bien sûr qu'une hypothèse, mais

30. Vasily Ogryzko, "A quantum theoretical approach to the phenomenon of directed mutations in bacteria", *Biosystems*, 43, 1997, p. 83-95.

31. J. Mac Fadden, J. Al Khalili, "A quantum mechanical model of adaptive mutations", *Biosystems*, 50, 1999, p. 203-211. Voir surtout John Joe McFadden, *Quantum Evolution*, New York, Norton, 2000.

il est important de la mentionner, car il s'agit d'une direction de recherche possible et surtout d'un exemple de la façon dont on peut avoir des idées nouvelles quand on sort de la pensée unique en biologie.

Le néolamarckisme possède également une autre branche. Elle a été développée par Edward Steele et ses collaborateurs dans différentes expériences et dans un livre³². Les travaux de Steele portent sur le système immunitaire. Celui-ci génère des anticorps quand il est attaqué par des antigènes. Un anticorps spécifique, produit en réponse à l'attaque d'un antigène particulier, est appelé un "idiotype". Il existe des idiotypes transmissibles, et donc communs aux parents et à leurs enfants, mais également d'autres qui ne le sont pas. Si l'on compare des idiotypes non transmissibles chez des souris et chez leurs enfants, avant qu'elles soient exposées à l'antigène, il n'y a pas de corrélation entre eux. On expose alors les parents à l'attaque d'un antigène, et on se rend compte que dans les nouvelles portées, 20 % des souriceaux ont en commun avec leurs parents les idiotypes, en théorie non transmissibles, qui leur permettront de se défendre s'ils rencontrent la même maladie au cours de leur vie. Selon Steele, il s'agit clairement de mécanismes néolamarckiens. J'ai comme l'intuition que la focalisation sur les processus darwiniens a laissé passer de nombreux mécanismes de ce genre qui pourraient constituer d'intéressants domaines de recherche. Si l'on rapproche cela des exemples du phacochère et de l'autruche décrits en début d'ouvrage, on voit qu'il y a certainement beaucoup de choses à vérifier avant d'exclure définitivement le néolamarckisme des options possibles en ce qui concerne les différents processus évolutifs.

Le titre de ce chapitre aurait pu vous faire croire qu'il s'agirait de la remise en cause la plus radicale du darwinisme. Il n'en est rien. En fait, les remises en cause apportées ici sont moins

32. Edward Steele, Robyn A. Lindley, Robert Blanden, *Lamarck's Signature : How Retrogenes Are Changing Darwin's Natural Selection Paradigm*, Perseus Publishing, 1988.

graves que celles provenant des chapitres 6, 7 et 8. Mais c'est justement l'intérêt de ce chapitre : montrer que sans sortir de l'establishment (à l'exception du court détour que nous venons de faire par le néolamarckisme qui est, lui, bel et bien "hérétique"), les signes d'un dépassement du darwinisme sont extrêmement visibles, à travers les propos de personnalités qui montrent que la "révolte gronde", et à cause du développement de notions de nature à relativiser les mécanismes darwiniens telles que les transferts horizontaux de gènes, l'auto-organisation – dans sa version forte – voire, éventuellement, une meilleure compréhension du fonctionnement des gènes sauteurs que sont les transposons. Il est particulièrement significatif de trouver un écho de cela même dans les écrits d'un scientifique comme Michel Morange qui, par ailleurs, défend fortement certains des piliers du darwinisme orthodoxe (l'évolution n'est pas répétable, les mutations adaptatives ne peuvent restaurer le néolamarckisme, la physique quantique n'est pas pertinente pour comprendre l'évolution biologique, nous connaissons déjà les mécanismes à l'œuvre dans l'évolution et rien de fondamentalement nouveau n'est nécessaire pour la comprendre).

Dans son livre *La Vie expliquée ?* (notez le point d'interrogation), il n'hésite pas à écrire que "la tendance hégémonique du darwinisme montre clairement qu'il s'agit de bien plus qu'une théorie scientifique mais d'une idéologie³³". Il oppose le darwinisme scientifique au darwinisme idéologique pour mieux critiquer ce dernier mais cela ne l'empêche pas d'affirmer aussi que "le darwinisme scientifique a été beaucoup critiqué, souvent injustement, mais parfois aussi avec raison³⁴".

Nous sommes donc doublement à la fin d'un "intermède darwinien". Comme Freeman Dyson l'a montré, nous sommes à la fin d'un intermède de trois milliards d'années, pendant lesquelles le transfert des gènes s'est fait à l'intérieur des lignées et

33. Michel Morange, *La Vie expliquée ? 50 ans après la double hélice*, Paris, Odile Jacob, 2003, p. 190.

34. *Ibid.*, p. 190-200.

non pas par des échanges horizontaux. Cela change aujourd'hui, aussi bien grâce au développement de la culture et des échanges d'informations à la surface de la planète, que par des manipulations génétiques qui sont, qu'on le regrette ou non, destinées à prendre de plus en plus de place et avoir de plus en plus d'impact sur le génome des êtres vivants. Mais nous sommes également à la fin d'un autre intermède darwinien qui aura, celui-là, duré cent cinquante ans et pendant lequel, comme l'a dit Brian Goodwin, les phénomènes biologiques ont été étudiés à travers le seul prisme du darwinisme. Aujourd'hui, de multiples approches sont possibles, et personne ne peut plus affirmer que les lunettes darwiniennes sont les seules avec lesquelles nous pouvons voir la vie.

Chapitre 10

La primauté des lois sur la sélection : vers une nouvelle biologie

Prendre de l'altitude pour regarder la vie

Un résumé de la vision nouvelle

Au moment où nous nous approchons de la conclusion de cet ouvrage, il est nécessaire de résumer les points essentiels que nous avons rencontrés.

Pour comprendre la vie, il faut prendre de l'altitude et porter sur elle un regard synthétique et pas seulement analytique. Quand on fait cela, on découvre que les innovations majeures sont de plus en plus rares et que les grands types regroupant les différents êtres vivants ne semblent pas être apparus au hasard, ou tout au moins possèdent leur logique interne ; que les convergences, les contraintes, les canalisations font de l'évolution, quand on l'analyse dans sa globalité, un phénomène qui n'a rien d'aléatoire ou de chaotique. Si la nouvelle théorie n'est pas encore achevée, elle est quand même profondément ébauchée comme le montre cet ouvrage. L'addition de toutes les données présentées ici me paraît constituer un ensemble beaucoup plus impressionnant que je ne l'avais imaginé moi-même quand je me suis lancé dans ce travail ardu consistant à définir de façon crédible les contours d'une nouvelle théorie de la vie.

Le chapitre 4 était basé sur l'universalité de la convergence dans l'évolution et l'œuvre de Simon Conway Morris, dont nous avons montré qu'elle nous mène insensiblement au-delà des limites du darwinisme si on la suit jusqu'au bout, en ce qu'elle

nécessite de faire appel à une certaine forme de platonisme ou aux archétypes pour expliquer l'apparition systématique d'un petit nombre de formes complexes.

Le chapitre 5 était d'abord centré sur les travaux de de Duve, et la démonstration que la croissance de la complexité au cours de l'évolution, malgré l'existence d'exceptions, n'était pas une illusion ou un épiphénomène, mais était inscrite dans les lois de la nature, même si l'on ne prenait en compte que les lois actuellement connues. C'est l'idée que renforce également l'article de Sarah Adamowicz et de ses collaborateurs, publié dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences américaine. Ce chapitre nous a aussi servi à introduire des concepts clés, ceux du paysage adaptatif dans lequel évoluent les espèces et du hasard canalisé. Il nous a montré ce que pouvaient faire des processus de type darwinien quand ils sont canalisés, mais aussi ce qu'ils ne pouvaient pas faire, c'est-à-dire sauter d'un pic à un autre.

Le chapitre 6 nous a introduit à un thème essentiel du livre, le structuralisme, et nous a montré comment cette école de pensée revenait actuellement en force après une longue éclipse, grâce à toute une série de découvertes confirmant des prédictions qu'avaient faites ses fondateurs. Goethe et Geoffroy Saint-Hilaire ont donné une consistance à la notion d'archétype chez les plantes, les vertébrés et les invertébrés. L'article de Davidson et Erwin dans *Science*, et celui d'Uri Alon dans *Nature*, nous ont montré comment la génétique pouvait offrir un écho à ce concept. Nous avons vu comment les canalisations et les sauts étaient les deux "mamelles" du structuralisme dans sa quête pour une autre vision de la vie.

Le chapitre 7 a continué à creuser le sillon du structuralisme, principalement autour du travail de Michael Denton qui nous fournit un équivalent aux cristaux de neige dans le domaine de la biochimie, avec ses articles sur les protéines et l'extension qu'il fait de cette approche platonicienne à l'ensemble des structures des êtres vivants. Nous avons vu également comment D'Arcy Thompson et Richard Goldschmidt ont montré que des vrais sauts avaient bien eu lieu au cours de l'évolution, le premier à

partir d'arguments basés sur les mathématiques, le second à partir de cas pratiques.

Le chapitre 8 a tourné autour des différentes formes de logique interne, en insistant particulièrement sur l'approche d'Anne Dambricourt, qui semble nécessiter un apport d'informations au cours du processus, et sur celle de Fleury, qui n'en a pas besoin.

Enfin, le chapitre 9 nous a montré à quel point de tout autres approches pouvaient également aller très loin dans la remise en cause du consensus actuel qui règne en biologie, avec la nouvelle biologie, moins réductionniste, dont Carl Woese considère l'avènement comme nécessaire, et avec la prise de conscience de philosophes athées comme Jerry Fodor que les principaux thèmes développés par les non-darwiniens étaient loin d'être absurdes. Nous avons vu aussi que l'auto-organisation était un secteur potentiellement intéressant bien qu'encore assez flou, mais surtout à quel point de nombreux biologistes "officiels" n'hésitaient plus à manifester leur insatisfaction devant les explications darwiniennes.

Que peut-on conclure de tout cela ? On peut résumer le message essentiel qui émerge de toutes ces approches et de ce livre en une seule phrase : les lois sont plus importantes que la sélection. Les caractéristiques essentielles des êtres vivants, leur structure intime, ne proviennent pas de processus d'adaptation ou de sélection. Elles sont inscrites dans des lois de la nature, dont certaines sont connues et d'autres restent à découvrir.

Darwin, Ernst Mayr, Dawkins, Dennett et beaucoup d'autres ont perdu le match qu'ils disputent depuis cent cinquante ans contre Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, D'Arcy Thompson, Goldschmidt, Denton, Goodwin et les autres structuralistes. L'arbitre n'a pas encore sifflé la fin du match mais elle est très proche, et le score est trop en défaveur des fonctionnalistes pour qu'ils puissent égaliser, même s'ils ont marqué quelques beaux buts. Le match se déroulant à huis clos, sans journalistes ni télévision, le public n'est pas encore informé de ce résultat surprenant, mais il le sera inéluctablement un jour.

La recette de l'évolution

Il suffit de partir du rocher solide que nous a légué Gould avec son grand livre testament, d'y rajouter l'impressionnante "base de données" des convergences de Conway Morris et le travail fondamental de Denton sur l'existence des formes archétypales dans la nature, d'y joindre au passage une bonne dose des logiques internes de Fleury et de Dambricourt, ainsi qu'une rasade du hasard canalisé de de Duve, de saupoudrer le tout des principaux articles scientifiques mentionnés dans cet ouvrage qui montrent la réalité des canalisations dans l'évolution ou la structuration sur laquelle reposent les organismes, ainsi que la démonstration selon laquelle la croissance de la complexité est réelle. Vous rajoutez comme la cerise sur le gâteau la nécessité d'une nouvelle biologie non réductionniste de Woese et les critiques de Jerry Fodor sur le darwinisme, et vous avez la "recette" de la nouvelle théorie du vivant !

Si vous voulez une métaphore plus scientifique, prenons celle de l' "attracteur étrange". Nous avons vu que Simon Conway Morris et Anne Dambricourt faisaient référence à ce concept. On prend une formule mathématique qui permet de faire évoluer un système, en le faisant passer d'un point à un autre. A court ou à moyen terme, l'évolution de ce système est totalement désordonnée, et toute prédiction est impossible. Mais dans le très long terme, son évolution converge vers une structure particulière. Si l'on dessine la succession des points produite par la formule mathématique, on obtient de très jolis dessins, comme des ailes de papillons ou des cristaux de neige. Ce qui est tout à fait extraordinaire, c'est que le même résultat final peut être atteint en partant de toute une série de points différents.

C'est donc une bonne illustration de cette nouvelle conception de l'évolution, imprédictible à court terme, mais parfaitement prédictible à long terme et, en plus, convergeant vers des résultats identiques, à partir de différents points de départ.

Il est nécessaire de récapituler et de classer les différents types de mécanismes et de concepts que nous avons rencontrés. Les lecteurs qui trouveraient cette partie trop technique peuvent

se rendre directement à la section "Quand les Papous ont raison contre Darwin".

Les pièces du puzzle

Les deux structuralismes

Cet ouvrage montre que le structuralisme en biologie est déjà réhabilité, même si beaucoup de biologistes professionnels n'en sont encore nullement conscients. Mais il y a deux formes de structuralisme. Le structuralisme interne fait que l'organisme, vu la complexité qui est la sienne, ne peut plus évoluer que dans un petit nombre de directions, voire dans une seule, comme la Ferrari à partir de laquelle on ne peut pas, par exemple, construire un 4x4 alors qu'on peut le faire à partir d'une voiture beaucoup plus simple. Les causes de ce structuralisme interne ne sont pas mystérieuses. Elles résident tout simplement dans le fait que les organismes sont beaucoup plus contraints par leur structure que ne le pensaient les darwiniens. C'est pour cela que la plupart des grandes structures sont apparues à l'époque du Cambrien et que, même dans les subdivisions des grands groupes de la classification des espèces, les nouveautés se font plus rares depuis des millions d'années.

La deuxième forme de structuralisme est un structuralisme externe où des lois de la physique, des archétypes ou d'autres facteurs, exercent des contraintes sur la formation des cristaux de neige, des protéines, voire même des cellules et des êtres vivants dans leur ensemble.

Ce deuxième structuralisme va beaucoup plus loin que le premier, car il donne aux lois connues ou à découvrir un rôle prééminent dans l'apparition des formes fondamentales des êtres vivants. Comme nous l'avons vu, Gould espérait encore pouvoir "darwiniser" le structuralisme en formulant l'hypothèse qu'il y avait un grand nombre de structures de base possibles mais qu'une fois que le choix de ces structures de base s'était fait au Cambrien, l'évolution avait été figée dans une direction particulière. Cela laissait la possibilité à d'autres formes d'évolution

radicalement différentes de se dérouler sur d'autres planètes, à partir d'un choix de départ aléatoire qui aurait porté sur d'autres structures de base.

Le structuralisme interne est souvent récupéré par les darwiniens, pourtant nous avons vu comment la "décision funeste de Darwin" avait engagé pour plus d'un siècle la biologie dans des conceptions où le fonctionnalisme domine le structuralisme, même si ce dernier n'était pas totalement absent. Etant donné que la simple idée d'un plan général des tétrapodes peut être encore taboue, il est clair que le structuralisme, même interne, remet en cause bien des conceptions.

En ce qui concerne le structuralisme externe, tout dépend bien sûr du nombre de structures fondamentales. S'il en existe mille milliards, toutes gravées dans les lois de la nature, ce n'est pas du tout la même chose que s'il n'en existe qu'un millier. C'est ici que le travail de Michael Denton me paraît d'une importance capitale. A partir du moment où l'on peut montrer que, par rapport au nombre immense de formes tridimensionnelles pouvant exister pour les protéines, il n'y en aurait qu'un millier qui soient possibles, on peut penser que cette situation s'applique à tout l'Univers et à toutes les formes de vie existantes, car on sait que les vingt acides aminés qui entrent dans la composition de ces protéines sont présents dans le cosmos puisqu'on les trouve dans des météorites et qu'ils peuvent se former spontanément dans des expériences comme celles de Miller. On peut en déduire qu'il existe ainsi des alphabets dans l'Univers et que ces alphabets sont très limités, de l'ordre d'une centaine pour les atomes qui peuvent exister, de l'ordre d'un millier ou de quelques milliers pour les formes de protéines. Pourquoi donc ne pas envisager que les structures fondamentales des êtres vivants seraient limitées à quelques dizaines de milliers, voire moins ?

Les trois formes de convergence

Il existe tout d'abord des convergences banales et évidentes, comme celle qui fait que tous les êtres vivant dans l'eau doivent être profilés, qu'ils soient des poissons, des reptiles ou des mammifères.

Il existe ensuite des convergences sélectives. Ces convergences sont clairement le fruit de la sélection naturelle et si elles montrent là aussi que les choix qui s'offrent à la sélection sont plus limités que prévus initialement, elles ne sont pas forcément d'un grand intérêt. Que les animaux qui vivent sous terre deviennent aveugles, que ce soient des mammifères placentaires en Europe, des marsupiaux en Australie, ou des insectes cavernicoles, voilà qui n'est pas de nature à troubler Richard Dawkins ! Il y verra au contraire un exemple de la force de la sélection naturelle, exactement comme dans la comparaison qu'il a effectuée entre la pièce dont il fallait diminuer la résistance car elle était trop solide pour la Ford T, et le fémur du grand singe dont la sélection naturelle pouvait diminuer la solidité pour utiliser à des fins plus utiles pour l'organisme l'énergie et la matière ainsi récupérées. La disparition d'un organe inutile, comme les yeux pour une taupe, est donc tout à fait logique.

Mais il existe un troisième type de convergence, que l'on va appeler la convergence universelle. C'est sur ce type de convergence que le travail patient et érudit de Conway Morris est d'une importance primordiale. Parmi les centaines d'exemples de convergence que rapporte son livre (à la fin, le livre comprend non seulement un index général mais aussi un index des convergences qui contient plus de quatre cents entrées... et qui est loin d'épuiser le sujet !), un grand nombre ne peuvent pas se classer dans la catégorie précédente, comme la réalisation de structures très complexes, telles que l'œil, dans des lignées différentes, et plus encore chez des organismes qui ne semblent pas en avoir un grand besoin. C'est l'existence de ce genre de convergences qui amène Conway Morris à penser qu'une nouvelle biologie est nécessaire et qu'elle doit se situer à un niveau plus profond que l'actuelle pour comprendre comment l'évolution peut naviguer vers ces fameuses formes stables qui pourraient être prédéterminées depuis le Big Bang ; et on retrouve ici, bien entendu, une convergence (c'est le cas de le dire !) avec le structuralisme externe.

Récemment encore, un darwinien, qui est l'un des principaux contributeurs du blog www.darwin2009.fr, me faisait remarquer

que le cœur de “l’idée dangereuse de Darwin”, comme le dit Dennett, est que l’évolution est un algorithme et qu’il ne serait pas choquant qu’un algorithme n’ait qu’une seule solution, ou seulement un petit nombre de solutions. C’est faire bien peu de cas de l’opinion de Darwin lui-même, lorsqu’il disait : “Il ne me semble pas qu’il y ait une plus grande finalité dans la variabilité des espèces organisées et dans l’action de la sélection naturelle que dans la direction d’où souffle le vent¹.” Si le darwinisme accepte d’intégrer l’idée que les formes fonctionnelles stables que peuvent prendre les êtres vivants, voire certaines des sous-structures qui les composent, sont déterminées depuis le Big Bang, je veux bien me déclarer darwinien immédiatement !

Les trois formes de canalisation ou de contrainte

Revenez un instant à la figure 5.5 A et imaginez qu’il n’y ait non pas un pic mais disons six, dans la plaine représentée. Nous pouvons affirmer avec certitude qu’au bout d’un certain temps tous les pics de ce paysage adaptatif seront habités par une espèce, exactement comme nous pouvons affirmer, après une quarantaine de tirages, qu’un dé sera tombé au moins une fois sur chaque face. Le hasard est ici canalisé simplement par la structure du paysage dans lequel il évolue, c’est-à-dire par les lois de la biologie aujourd’hui connues. C’était l’idée maîtresse de Christian de Duve, que nous avons rencontrée au chapitre 5. Elle est tout à fait intégrable dans le darwinisme même si, déjà, elle change quelque peu au plan philosophique les conclusions que l’on peut tirer de ce dernier.

Prenons maintenant la figure 5.5 B. L’espèce qui se déplace dans la “plaine des possibles”, en mutant au hasard, peut être une espèce tellement complexe, que la seule et unique façon pour elle de pouvoir évoluer, c’est de monter sur ce pic, c’est-à-dire d’acquérir par mutation cette adaptation particulière. Et même si cela prend du temps, nous pouvons affirmer qu’elle finira un jour par gravir le seul chemin menant au sommet de la seule colline

1. Charles Darwin, *Autobiographie*, op. cit., p. 83.

qui lui est accessible pour continuer sa route sur le chemin de l'évolution. C'est ce que de Dube voulait dire avec son arbre de la figure 5.3, et il s'agit d'une canalisation plus forte que dans le cas de celle, toute simple, du dé qui est obligé de tomber sur l'une de ses faces. Mais cela reste encore une canalisation du hasard qui s'intègre au darwinisme ou plutôt à un darwinisme rénové dans lequel le "jeu des possibles" est quand même beaucoup plus réduit que ce qui était envisagé il y a trente ou quarante ans².

Il y a une troisième forme de canalisation qui est, elle, un des concepts les plus hérétiques qui soit dans le cadre de la biologie actuelle : c'est la canalisation qui pousse les thériodontes à devenir des mammifères ou qui régule le rythme des mutations dans le long terme. En effet, ce n'est pas grâce à la sélection, comme Grassé l'a souligné, qu'un thériodonte développe une double mâchoire permettant plus tard l'arrivée des mammifères. Et rappelons qu'il ne s'agit pas simplement d'une espèce de thériodonte mais de plusieurs, comme si, ici, il y avait vraiment une forte canalisation orientée dans cette direction.

Les deux types de monstres prometteurs

Il existe depuis peu des monstres prometteurs politiquement corrects. Ce sont ceux qui sont dus à des mutations des gènes de régulation. Mais même si ceux-là et les différents mécanismes de l'évo-dévo peuvent déboucher sur des choses très intéressantes, comme l'exemple de l'axolotl, qui peut soit devenir une salamandre, soit rester un animal aquatique, il faut noter que ces fameuses mutations ne font pas apparaître de structures réellement nouvelles.

Il existe un autre type de monstre prometteur, profondément hérétique. C'est le monstre prometteur qui bénéficie d'un apport d'information externe ou d'une coordination de ses macromutations. Revenez à la figure 5.5 C ; nous avons vu que dans différents articles, comme celui Daniel Weinrich et de ses collaborateurs publié dans *Science*, et celui de Frank Poelwijk et de ses collaborateurs publié dans *Nature*, on nous expliquait que

2. Je fais allusion au *Jeu des possibles* de François Jacob, Paris, Fayard, 1981.

l'évolution darwinienne ne peut suivre qu'un nombre limité de voies, parce qu'elle ne peut pas sauter directement d'un pic à un autre. Le problème, c'est que nous avons toute une série d'indices montrant que dans le passé de tels sauts ont dû se produire, et nous avons vu que les darwiniens stricts démontrent que s'ils se produisent au hasard, de tels sauts sont toujours mortels. Nous devons donc en conclure que de tels sauts ne se produisent pas par hasard. C'est ce que veut exprimer la figure 7.4.

Une première critique vient tout de suite à l'esprit. Postuler un apport d' "information externe", n'est-ce pas faire appel à la mystique ou à l'*intelligent design* ? En fait, le champ magnétique terrestre est un apport externe d'informations pour certains organismes vivants. Il n'y a donc rien d'extraordinaire à postuler que les organismes vivants pourraient recevoir un apport externe d'informations d'origine encore inconnue. Cela ne serait de l'*intelligent design* que si l'on affirmait que cet apport d'informations provient d'une entité intelligente. Une piste à explorer est celle d'une interaction ou d'une interférence d'ordre quantique, comme cela a été proposé par Lothar Schäfer, voire par Vasily Ogryzko ou John Joe Mac Fadden.

Une autre question concerne le fait qu'il ne semble pas que de telles mutations coordonnées se produisent de nos jours. Mais pourquoi le passé serait-il toujours une extrapolation du présent ? Nous avons constaté que les innovations étaient de plus en plus rares dans le domaine de l'évolution. Pourquoi ne pas admettre que nous soyons le résultat du dernier événement de cette nature ? Ce qui par définition nous empêcherait à jamais de l'observer... à moins qu'un jour un certain nombre de femmes se mettent à donner brutalement naissance à un *Homo futurus* !

Les trois types de logique interne

Il existe un type de logique interne simple basée sur des phénomènes connus, c'est celle que postule Vincent Fleury pour expliquer l'origine de la forme des tétrapodes et d'un certain nombre d'autres plans d'organisation, comme ceux des arthropodes ou des méduses. Mais, si les équations qui en rendent compte sont

très complexes, il s'agit là *a priori* de phénomènes simples et sans mystère. Reste à savoir si les forces physiques connues suffisent à remplir la tâche énorme qu'on attend d'elles, celle de constituer une explication ultime aux aspects essentiels des êtres vivants que nous connaissons. C'est le pari que fait Fleury.

La logique interne postulée par Anne Dambricourt va plus loin. Son côté "têtu" et répétitif laisse à penser qu'elle ne peut pas s'être développée uniquement sous l'influence des forces actuellement connues. Cela n'est pas un problème, sauf bien entendu pour ceux qui prétendent connaître dès maintenant la totalité des lois de la nature.

Il y a une troisième logique interne beaucoup plus provocante, celle selon laquelle l'évolution possède une logique au niveau global, dans la structure des événements qui la constituent, comme le pense Chaline, ou parce que l'arbre de la vie se développe grâce à sa propre logique interne, de la première cellule à tous les êtres vivants ayant existé sur Terre, comme le soutient Chandebois.

Les deux formes d'auto-organisation

Nous avons vu qu'il existe une école qui postule que l'auto-organisation est un mécanisme intéressant qui vient aider la sélection naturelle dans la tâche qu'elle a de diriger l'évolution. Même si cette école peut exprimer des critiques envers la vision darwinienne classique, elle reste dans les limites de la synthèse actuelle. Une autre école de l'auto-organisation va beaucoup plus loin et pense que celle-ci joue un rôle bien plus important que la sélection, ce qui fait sortir les tenants de cette école, tels que Brian Goodwin, des limites du néodarwinisme, alors que quelqu'un comme Stuart Kauffman y reste.

Les nombreuses intersections entre les écoles

Si j'ai structuré mon résumé des thèses présentées de façon à être le plus clair possible, il est néanmoins évident qu'il existe de nombreux points de recouvrement entre les différentes approches présentées. Ainsi, la convergence universelle fera indirectement ou directement appel à un structuralisme externe ou à des archétypes.

Bien évidemment, le monstre prometteur dans sa version la plus forte, c'est-à-dire celle où il n'apparaît pas par hasard, n'est crédible que si un attracteur quelconque l'attire vers une forme qui préexiste potentiellement, c'est-à-dire vers un archétype. Les différents types de logique interne peuvent être rapprochés de différents types de canalisation, forts ou faibles. L'auto-organisation, au sens fort, fait régulièrement référence aux archétypes, et la convergence peut apparaître comme une forme de canalisation. Tout cela nous montre bien qu'il existe de nombreux recoupements entre tous les points que nous avons évoqués.

La synthèse est un combat

C'est ce qu'on dit dans les réunions où se retrouvent les représentants des motions de certains partis politiques. C'est aussi le cas dans notre domaine. Malgré tous les recoupements possibles que nous venons de mentionner, il ne faut pas croire que les chercheurs présentés ici appartiennent à une même école et travaillent tous ensemble. Il existe de nombreux points d'accord entre eux mais aussi des points de désaccord. Christian de Duve cite régulièrement Simon Conway Morris à l'appui de ses propres thèses. Simon Conway Morris affirme clairement qu'il soutient l'approche platonicienne de Denton en ce qui concerne le repliement des protéines³. Mais dans une petite note du même ouvrage, il explique que le second ouvrage de Denton (*L'Évolution a-t-elle un sens ?*) présente un "biais anti-évolutionniste"⁴, ce qui pourrait expliquer qu'il le cite si peu, alors qu'il reconnaît dans la même note qu'il y a un grand nombre de parallèles valables entre ce livre de Denton et son propre travail. Sur le fond, Christian de Duve est bien plus méfiant envers les travaux de Denton. Il ne lui en décerne pas moins un brevet, non seulement d'évolutionnisme mais de darwinisme, en écrivant : "Cet auteur accepte l'évolution darwinienne et n'en appelle pas explicitement à «autre chose», mais il s'en approche dangereusement avec

3. Simon Conway Morris, *Life's Solution*, op. cit., p. 11.

4. *Ibid.*, p. 424, note 174.

des expressions telles que «évolution dirigée», «ingénieusement organisées» ou «pré-arrangées⁵».

Tout en essayant de se démarquer de certaines de ses conclusions philosophiques présentes ou passées, Jean Chaline a toujours fortement soutenu le travail d'Anne Dambricourt et l'a intégré dans sa propre théorie. En revanche, il rejette avec force l'approche finaliste de Rosine Chandebois⁶, alors que, d'une certaine façon, tout en clamant son rejet du finalisme, il présente une théorie montrant une structure globale de l'évolution qui est presque aussi hérétique que celle de Chandebois pour le darwinisme classique. Anne Dambricourt ne perd pas une occasion de dire qu'elle ne cherche nullement à démontrer l'existence d'un plan divin; une façon, sans doute, de bien marquer son désaccord avec Rosine Chandebois qui affirme : "Il faut admettre un plan qu'on ne saurait qualifier autrement que de divin⁷." La même Rosine Chandebois accuse Chauvin d'avoir pillé ses idées, bien que Chauvin ait été finaliste avant que Chandebois ne publie ses ouvrages. *Dieu des étoiles*, *Dieu des fourmis* de Chauvin a été très fortement influencé par l'ouvrage de Michael Denton qui, à l'époque, n'était pas paru en France (et qui n'est cité qu'une seule fois dans l'ouvrage). Vincent Fleury, lui, mentionne régulièrement les travaux d'Anne Dambricourt et comme Jean Chaline, les a intégrés dans sa propre théorie. Bref, tout cela peut contribuer à d'intéressants rapprochements mais ne forme pas encore une école de pensée même si nous avons montré au début de ce chapitre qu'on pouvait bâtir une synthèse à partir des points les plus solides de ces nouvelles approches du vivant.

Bien entendu, il y a encore du travail à faire et nous ne pouvons ici que modestement indiquer quelques pistes. L'une d'entre elles concerne la notion d'espèce et les questions touchant à la classification.

5. Christian de Duve, *A l'écoute du vivant*, op. cit., p. 208.

6. Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin ?*, op. cit., p. 188.

7. Rosine Chandebois, *Pour en finir avec le darwinisme*, op. cit.

L'ouvrage majeur de Darwin a pour titre *L'Origine des espèces*. Cela constitue un intéressant paradoxe, car en fait... Darwin ne croyait pas à la notion d'espèce. A son époque, les espèces étaient fixes, c'étaient des créations divines, établies une fois pour toutes. Dans la vision évolutionniste *et* gradualiste que voulait promouvoir Darwin, les espèces ne pouvaient être autre chose qu'une illusion ou une fiction, un concept commode dont nous avons besoin au plan linguistique et dans la vie de tous les jours, mais qui ne reposait sur aucune réalité. Comme je l'ai déjà dit, selon Darwin, nous n'aurions pas forgé la notion d'espèce si nous pouvions vivre un million d'années, car nous aurions alors vu les espèces se transformer insensiblement les unes dans les autres, et nous n'aurions pas pu déterminer où elles commençaient et où elles s'arrêtaient. Nous n'aurions pu parler que du grand fleuve du vivant, emportant tous les êtres dans des flots tumultueux se répartissant en de nombreuses branches.

Eh bien, non. L'un des grands enseignements de ces nouvelles conceptions, c'est que la notion d'espèce doit être prise au sérieux, même si, comme nous allons le voir, elle doit être affinée. La théorie des équilibres ponctués de Gould (même dans sa version où elle ne contient aucun saut) a permis de mettre fin à cette vision, en montrant que les espèces étaient stables pendant la plus grande durée de leur existence. La sagesse populaire est loin d'avoir toujours raison. Mais sur ce point, il semble bien que les hommes de terrain aient eu raison contre des spécialistes mondialement reconnus.

Ernst Mayr a vécu seul au milieu d'une tribu de Papous de Nouvelle-Guinée et s'est émerveillé du fait qu'ils avaient 136 noms différents pour désigner les 137 espèces d'oiseaux identifiées par ce grand zoologiste. Bien qu'il soit l'un des piliers du néodarwinisme, Mayr, instruit par l'expérience, devint un grand défenseur de la réalité de la notion d'espèce. Jared Diamond fit une expérience encore plus intéressante avec ces mêmes Papous. Il amena sept d'entre eux dans une zone où vivaient des

oiseaux qu'ils n'avaient jamais vus et leur demanda de classer chaque oiseau nouveau, en les rapprochant de l'espèce la plus proche qu'ils connaissaient. Un bon sujet de thèse pour un étudiant d'Harvard ou de Cambridge ! Sur 103 oiseaux examinés, le groupe de Papous conclut avec justesse dans 91 cas, en rapprochant sans se tromper les oiseaux concernés de leurs parents les plus proches dans le groupe que, eux, connaissaient. Dans un cas particulier, l'un d'entre eux identifia même une espèce aberrante de coucou que Diamond ne savait où classer⁸. Comme le dit Gould dans un chapitre consacré à ce thème : "Un quahog est un quahog⁹." C'est ce que lui a dit un pêcheur de la Nouvelle-Angleterre, alors que Gould, grand spécialiste, avait confondu ce coquillage avec un clam.

Néanmoins, la notion d'espèce doit être étendue ou modifiée. Utilisé au départ pour illustrer des conceptions fixistes et créationnistes, ce concept a ensuite traversé, en y étant fort mal à l'aise, cent cinquante années de darwinisme avec lequel il semblait être en contradiction. Dans une situation où la biologie ne sera plus ni créationniste ni darwiniste, il nous faut de nouveaux concepts pour affirmer l'unité de type des êtres vivants. Nous avons déjà la démarche des cladistes qui répartissent les animaux non pas en "qui est l'ancêtre de qui", mais en "qui est proche de qui", sur la base d'une synthèse des différentes caractéristiques de l'animal. C'est une approche globale qui va dans la bonne direction, mais elle n'est pas suffisante.

Il faut trouver un langage et une classification qui puissent faire émerger ces archétypes, ces plans d'organisation (appelez-les comme vous voudrez) dont le structuralisme montre la réalité. Des milliers d'espèces de mouches ne peuvent se différencier que par des détails infimes, alors que des réductionnistes comme Pascal Picq prétendent que l'homme et le singe sont des espèces sœurs, voire même que l'homme *est* une espèce de singe. Et ce

8. Jared Diamond, "Zoological classification system of a primitive people", *Science*, 151, 1966, p. 1102, 1104.

9. Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, *op. cit.*, p. 198, 207.

alors que nous avons vu que les grands singes et nous sommes séparés par deux plans d'organisation intermédiaires, qui ne sont apparus que grâce à une et peut-être plusieurs macromutations du type "monstre prometteur coordonné". Il y a donc clairement quelque chose à revoir dans la classification actuelle. Celle-ci doit intégrer et refléter les sauts majeurs qui ont existé au cours de l'évolution et "l'unité de type" des êtres vivants. C'est d'ailleurs un thème de recherche qu'il faudra développer au XXI^e siècle : distinguer les évolutions graduelles de type darwinien, les évolutions non graduelles et non darwiniennes, et les évolutions graduelles qui semblent également non darwiniennes parce que orientées, comme celles des thériodontes. Mais cela n'est qu'un aspect du vaste chantier qui nous attend.

Une révolution qui ne s'ébruite pas

Le fait que la théorie qui a influencé toutes nos conceptions du vivant et de son évolution soit dès aujourd'hui dépassée par une approche nouvelle devrait constituer une véritable révolution culturelle dans notre société. Or, il est à craindre que ce ne soit pas le cas avant longtemps. Finalement, les darwiniens ont très bien retenu la leçon de cette vieille dame de l'époque victorienne, qui aurait dit, en apprenant les théories de Darwin : "Admettons que nous descendons du singe, mais au moins faites que cela ne s'ébruite pas." C'est exactement la tactique qui se développe actuellement sous nos yeux. Les mécanismes darwiniens ne sont plus de nature à constituer l'explication unique, ni même principale de la structure et des principaux aspects des êtres vivants, mais il est clair que cela ne s'est pas encore ébruité. Et pourtant il est possible que la diffusion de cette nouvelle vision soit pour nous une question de survie.

Faire évoluer la biologie est une question de survie

La dernière victoire – posthume celle-là – du darwinisme sera la suivante. Il est impératif pour notre survie de développer une

biologie non darwinienne. En d'autres termes, cela veut dire que la biologie non darwinienne pourrait bien être une nécessité qui sera sélectionnée de façon darwinienne dans le monde des idées. En effet, si nous ne faisons pas ce saut vers une nouvelle biologie, nous risquons purement et simplement de disparaître, telle une espèce incapable de s'adapter à un nouvel environnement et de répondre à la pression que la sélection naturelle exerce sur elle. Carl Woese nous a expliqué à quel point il était important de sortir du réductionnisme en biologie. Là aussi, la sagesse populaire le constate en permanence autour de nous. Quoi que l'on nous dise, quelles que soient les grandes campagnes contre le cancer ou contre le sida, on voit bien qu'il "manque un truc". Si l'approche réductionniste de la médecine basée sur la biologie actuelle pouvait venir à bout du cancer, ce serait fait depuis longtemps, et on dirait aujourd'hui lors d'un diagnostic : "Ce n'est pas grave, c'est un cancer." (Il y a vingt ans, certains journaux prédisaient que ce serait le cas en l'an 2000.) Loin de moi l'idée de nier les immenses progrès de la médecine et la forte augmentation du taux de survie des malades du sida et de certains cancers. Néanmoins, chacun peut constater que nous sommes très loin d'avoir les bases qui permettraient de soigner véritablement ces maladies, voire d'éviter leur développement.

Comment pourrait-on espérer qu'il en soit autrement, un demi-siècle seulement après la découverte de l'ADN ? Il est urgent d'évoluer, car nous devons faire face à des défis de plus en plus importants, souvent causés par nos propres activités, comme le développement des bactéries résistant aux antibiotiques, et demain la cavalcade dans notre environnement de quelques gènes fous issus de manipulations génétiques. Lors d'une conférence à l'UIP, Antoine Andreumont, professeur de médecine à l'université Paris-VII et directeur du service de bactériologie de l'hôpital Bichat, a estimé que vers 2050 nous n'aurons plus aucun antibiotique pour lutter contre certaines bactéries. En effet, un antibiotique utilise une "porte" pour entrer dans une bactérie et la tuer. Une bactérie normale possède une centaine de portes qui, au départ, sont toutes ouvertes ou presque. Chaque fois que, par la

sélection naturelle que nous lui faisons subir (mécanisme tout à fait darwinien, sauf si le néolamarckisme était un jour validé dans ce domaine), les portes de la bactérie se ferment une à une, nous sommes amenés à développer d'autres antibiotiques qui entrent par d'autres portes. Mais que ferons-nous le jour où toutes les portes seront fermées ? Eh bien, nous serons obligés de développer des approches complètement nouvelles, ou nous reviendrons un siècle en arrière en étant à la merci des bactéries.

Mais comment développer ces nouveaux concepts ? J'ai organisé un jour une rencontre entre le prix Nobel de chimie Ilya Prigogine, et le PDG de L'Oréal de l'époque, Lindsay Owen Jones. Prigogine lui a dit quelque chose que je n'oublierai jamais : "Si vous voulez augmenter l'efficacité de vos produits de 10 %, vous devez réunir une équipe de 400 chercheurs pendant un an, et vous êtes sûr qu'à la fin de l'année ils auront trouvé le moyen d'obtenir un tel progrès. Si vous voulez augmenter l'efficacité de vos produits de 100 %, vous devez constituer 5 ou 6 équipes de 4 à 5 personnes et les payer pendant 5 ou 6 années à chercher, même s'ils n'obtiennent aucun résultat, dans les directions les plus diverses et les plus étranges. Vous avez 80 % de chance que l'une de ces équipes augmente de 100 % l'efficacité d'un de vos produits."

En d'autres termes, les mécanismes qui permettent des sauts conceptuels majeurs ne sont pas de même nature que ceux qui permettent d'améliorer les connaissances existantes. Et c'est ici que le débat sur la nouvelle biologie se retrouve au cœur du problème. Il est logique, en science, de favoriser (au moins en théorie) l'esprit d'initiative et l'originalité. C'est loin d'être toujours le cas¹⁰, mais en biologie la situation est encore pire. Pour la raison que nous avons développée dans l'introduction, la majorité des biologistes verraient dans toute biologie un peu trop structuraliste, ou allant un peu trop loin dans la mise en évidence d'un non-hasard dans l'évolution, le risque d'un retour du spectre du créationnisme et de l'obscurantisme. Quand pousse une petite

10. Voir par exemple le très intéressant ouvrage de Lee Smolin, *Rien ne va plus en physique*, Paris, Dunod, 2002.

fleur non darwinienne quelque part, une belle promesse d'idée nouvelle, on devrait bien évidemment la cultiver, l'arroser, la favoriser, mais c'est exactement le contraire qui se produit, on la piétine dès qu'elle sort de terre.

Thomas Kuhn a montré comment le remplacement d'un paradigme par un autre était une chose difficile et tumultueuse¹¹. Les tenants du paradigme ancien s'arc-boutent, font tout pour empêcher la diffusion des idées nouvelles, puis un changement brutal se produit et les idées nouvelles deviennent rapidement majoritaires. Ce fut le cas avec les thèses de Copernic et de Galilée, c'est ce qui s'est produit avec la mécanique quantique et la relativité générale, c'est ce qui se produira un jour avec le structuralisme biologique. En attendant, tous ceux qui soutiennent la raison, qu'ils soient spiritualistes ou humanistes, doivent se mobiliser pour que change une situation où une seule approche possède une situation aussi hégémonique. On n'est pas obligé d'attendre les bras croisés que le changement de paradigme se fasse tout seul. Dans le cas présent, c'est l'intérêt de toute l'humanité.

Il n'y a pas que Galilée qui doive être réhabilité

Le premier travail essentiel est donc de faire évoluer les mentalités. L'histoire des idées nous montre que c'est une tâche longue et difficile, alors autant commencer tout de suite. Le premier point concerne la réhabilitation. L'Eglise catholique a réhabilité Galilée¹². Les victimes des grands procès staliniens et de la révolution culturelle ont été réhabilitées, elles aussi. Eh bien, il faudrait, dans les congrès mondiaux de biologie, se mettre à réhabiliter massivement. Non seulement Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, D'Arcy Thompson et Richard Goldschmidt, mais aussi quelqu'un comme Saint George Mivart dont je n'ai pas encore parlé, et que Darwin

11. Thomas Kuhn, *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1983.

12. Le 31 octobre 1992, j'avais d'ailleurs l'honneur d'être ce jour-là, à moins de 30 ans, le plus jeune invité de l'Académie pontificale des sciences, à assister à cet événement historique.

considérait de son vivant comme son plus redoutable opposant, au point de rajouter, dans la dernière édition de *L'Origine des espèces*, un chapitre entier¹³ pour répondre aux critiques de Mivart contenues dans son ouvrage *La Genèse des espèces*¹⁴. La thèse centrale de Mivart, qui était parfaitement évolutionniste, était que la sélection naturelle existait mais qu'elle ne suffisait pas, à elle seule, à rendre compte de la nature des êtres vivants. Il insiste sur le fait que la sélection naturelle n'explique pas pourquoi il existe tant de cas de convergences dans la nature. Les difficultés posées par le darwinisme disparaissent, selon Mivart, si l'on accepte que de nouvelles formes puissent apparaître rapidement en fonction de lois dépendant "en partie de facteurs d'origine interne, ce qui ressemble à la façon dont les cristaux s'édifient par eux-mêmes, en fonction des lois internes de la substance dont ils sont formés"¹⁵. Facteurs internes, sauts, parallèle avec les cristaux, convergence, canalisation, tout était déjà là, dès 1871 ! Sur le fond, c'est bien entendu Mivart qui avait raison et non Darwin, celui-ci s'étant fourvoyé en donnant trop de crédit à la notion de sélection naturelle et en allant trop loin dans le parallèle qu'il a effectué avec la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs, comme Jerry Fodor, Tom Bethell ou Rémy Chauvin l'ont dit et redit. Pourtant, aujourd'hui, Mivart est (presque) oublié de tous, et il est impossible de trouver une édition de son livre¹⁶. On entend parfois, comme suprême insulte dans la bouche des darwiniens, que les non-darwiniens ne font que "répéter les critiques de Mivart" pour bien montrer à quel point la critique du darwinisme est

13. Là aussi les lecteurs français de l'édition actuellement diffusée de *L'Origine des espèces* ne le sauront pas, ce chapitre ayant été supprimé.

14. Saint George Mivart, *On the Genesis of Species*, New York, Appleton & Company, 1871.

15. *Ibid.*, p.143.

16. Heureusement, il existe une personne qui a mis à disposition, gratuitement, sur Internet, l'édition d'origine. Je conseille au lecteur de s'y reporter : <http://www.macrodevelopment.org/mivart/>. L'auteur de ce site nous dit qu'il espère que Mivart pendra place aux côtés de Darwin dans l'histoire de la biologie ; c'est aussi mon souhait.

obsolète et dépassée. Mais justement, il se trouve – ô ironie – que Mivart avait raison, avec cent cinquante années d'avance, comme le montrent, par exemple, les propos de Fodor dans la revue *Le Débat*. Mivart mérite d'autant plus d'être réhabilité qu'il fut à la fin de sa vie "excommunié" par la communauté scientifique à cause de son refus d'accepter le darwinisme comme explication de l'évolution... et excommunié par l'Eglise catholique parce qu'il soutenait fermement l'idée d'évolution ! Un saint martyr (son prénom était "Saint George" et non simplement George), qui pourrait servir de patron à tous ceux qui cherchent une troisième voie entre le créationnisme et le darwinisme. Une "réhabilitation", c'est-à-dire des congrès, des études, des thèses sur la façon dont les idées de ces grands précurseurs peuvent aujourd'hui être remises à l'ordre du jour, d'une façon modernisée bien sûr, et guider notre recherche, est absolument nécessaire.

Écoutons ce que la nature cherche à nous dire

Il faut développer l'interdisciplinarité et favoriser l'intégration de la physique, de la chimie et de la biologie. Il faut œuvrer au développement d'une nouvelle génération de biologistes, non pas intéressés par la physique comme un endroit étrange, où l'on peut trouver quelques concepts bizarres qui pourraient s'avérer utiles, mais comme un domaine central et essentiel pour trouver de futures innovations, dans leur domaine. Les exemples de Carl Woese, de Chaline, d'Ogryzko, nous montrent la voie, mais ils sont encore, ô combien, des exceptions.

Il faut ensuite examiner les anomalies qui sont autant de signes que des découvertes nous attendent à l'extérieur de la synthèse actuelle. Pendant des décennies, l'avancée du périhélie de Mercure était une anomalie que le système newtonien ne pouvait pas expliquer. La plupart des scientifiques se sont intéressés à autre chose, c'est-à-dire à ce que le système newtonien pouvait expliquer et dont ils pouvaient tirer quelque gloire en faisant des découvertes. C'est pourquoi il a fallu attendre Einstein pour comprendre que le périhélie de Mercure ne pouvait s'expliquer qu'avec une tout autre vision du monde et qu'il était là

depuis deux cents ans pour nous susurrer d'une voix douce que personne n'écoutait : "Non, la théorie de Newton n'est pas le fin mot de l'histoire, oui, une autre vision du monde est possible." C'est à cause de cette "surdité" que les spécialistes de la mécanique pure et appliquée ont dû, un jour, à travers la voix de leur président, Sir James Lighthill, s'excuser auprès du public pour avoir propagé des idées fausses pendant deux siècles, en ce qui concernait le système newtonien¹⁷. Nous sommes cent cinquante ans après la publication de *L'Origine des espèces*, on ne peut qu'encourager les biologistes à être plus performants que les mécaniciens célestes, en n'attendant pas cinquante ans de plus pour faire ce mea culpa. Or, nous avons devant nous aujourd'hui toute une série d'équivalents au périhélie de Mercure qui nous susurrent : "Regardez par ici, découverte à faire, nouveau concept, nouveau concept", mais la plupart du temps, chaussés de lunettes darwiniennes ne permettant de regarder que dans une seule direction, nous refusons d'entendre ces voix. Nous devons donc particulièrement travailler pour que les nouvelles générations s'intéressent à ces "anomalies" qui pourraient s'avérer révélatrices.

Il faut développer ce que les Anglo-saxons appellent le "*contrarian thinking*", c'est-à-dire la capacité à penser différemment, à "sortir de la boîte" ou du troupeau. C'est quelque chose de bien connu des investisseurs. Quand vous savez que tout le monde va se comporter d'une certaine façon, le meilleur moyen de gagner de l'argent, c'est d'anticiper cela et de se comporter différemment. Il faut donner des bourses pour que des étudiants et des chercheurs développent spécifiquement des pensées différentes des courants dominants. J'ai pu être témoin de l'impossibilité de faire financer des études reposant sur des postulats non darwiniens, pourtant parfaitement raisonnables. Il faudrait donc ouvrir des rubriques "pensées contraires" dans tous les grands journaux scientifiques et planter, dans les laboratoires de recherche, des panneaux : "Ici, on est autorisé à penser hors du paradigme dominant."

17. James Lighthill, voir Ilya Prigogine, "Temps, dynamique, chaos", dans Jean Staune (dir.), *L'Homme face à la science*, Paris, Criterion, 1992, p. 28.

L'époque où les manuels scolaires étaient visionnaires

Le dernier point que je veux aborder est l'éducation. C'est un sujet particulièrement "chaud" à cause des perturbations introduites aux Etats-Unis par les créationnistes, puis par le dessein intelligent. Les créationnistes ont d'abord demandé un temps égal pour l'enseignement de la "science de la création" basée sur la Genèse et l'enseignement de l'évolution. Cette demande absurde n'a heureusement jamais abouti. Les créationnistes se sont alors "recyclés" en soutenant le mouvement du dessein intelligent pour demander que ce soit cette fois-ci le dessein intelligent qui soit enseigné au même titre que le darwinisme. Après de nombreuses polémiques, un procès retentissant à Dover, en Pennsylvanie, a jugé que le dessein intelligent ne pouvait être enseigné comme une théorie scientifique. Ces deux étapes dans le combat des créationnistes américains contre le darwinisme illustrent non seulement leur stupidité, mais surtout l'énorme service qu'ils rendent au darwinisme. Imaginez qu'ils se soient mobilisés pour que soient enseignés dans les écoles les travaux de Simon Conway Morris ou de Christian de Duve. Qui aurait pu s'opposer à ce qu'on mentionne les thèses d'un des plus grands paléontologistes actuels et d'un prix Nobel de médecine ? Mais les créationnistes ne sont pas capables de saisir l'intérêt que pourrait avoir l'enseignement de telles thèses pour des conceptions non matérialistes du monde. Tout ce qu'ils veulent, c'est un enseignement où l'on affirme que l'intervention d'un agent intelligent extérieur est absolument nécessaire pour que l'évolution puisse continuer son chemin jusqu'à des êtres comme nous.

Malgré ce contexte très défavorable – car dès que l'on prétendra parler d'une approche autre que l'approche darwinienne dans les lycées, on nous jettera immédiatement à la figure que "nous voulons agir comme les créationnistes américains" –, je pense qu'il ne faut pas hésiter à se battre pour cela, car nous ne pourrions effectuer les progrès nécessaires que si nous donnons à ceux qui seront les futurs chercheurs les moyens d'ouvrir leurs esprits à une nouvelle conception de la vie. Pour cela, il n'y a rien d'extraordinaire à faire, juste à reprendre et améliorer... les

manuels de biologie officiels de l'enseignement français avec lesquels j'ai passé le bac dans les années 1980.

J'entends déjà les rires des darwiniens : "Et pourquoi ne pas revenir aux manuels du XIX^e siècle, tant qu'on y est ?" En fait, il est facile de montrer que ce sont les manuels *actuels* qui constituent un retour en arrière et que les manuels précédents étaient étonnamment visionnaires. J'ai entre les mains l'ouvrage pour la terminale D de Bordas sous la direction de Charles Désiré, professeur au lycée Henri-IV à Paris. Non seulement, comme le voulait le programme officiel de l'époque, l'ouvrage parle *des* théories de l'évolution et non pas de *la* théorie de l'évolution, montrant ainsi l'existence d'une pluralité d'approches, mais en plus, il ouvre toute une série de pistes dans sa conclusion, qui recoupent de façon étonnante les progrès qui seront effectués dans les vingt années suivantes. Ainsi, l'ouvrage se termine par ces mots : "Des facteurs internes, dans une certaine mesure indépendants du milieu, pourraient imposer une direction à l'évolution. Si l'évolution nous apparaît comme la meilleure et même la seule explication possible des faits paléontologiques et de la nature actuelle, si le mécanisme de la micro-évolution commence à être compris, il faut constater que le déterminisme de la macro-évolution échappe encore aux biologistes¹⁸." Et voilà, tout est là : "facteurs internes indépendants du milieu", "déterminisme de la macroévolution". Il n'y a plus qu'à rappeler les approches historiques de Geoffroy Saint-Hilaire, ce qui ferait honneur à la science française, voire de D'Arcy Thompson, pour introduire nos chères têtes blondes à cette nouvelle conception de la vie dont nous avons vu ici la solidité et la légitimité.

Pour la raison, contre l'obscurantisme

L'obscurantisme, c'est s'opposer à la diffusion des connaissances. Il est clair qu'il y a eu et qu'il y a encore dans de nombreux

18. Charles Désiré (dir.), *Sciences naturelles, terminale D*, Paris, Bordas, 1981, p. 487.

endroits de cette planète, un obscurantisme d'origine religieuse qui s'oppose par exemple à la diffusion des preuves selon lesquelles l'homme descend des primates. Mais ce n'est pas pour cela qu'il faut oublier l'existence d'un autre obscurantisme, scientifique celui-là, et qui voudrait, au nom de la lutte contre l'obscurantisme (!), priver d'informations le grand public en général et les étudiants en particulier, sur les faits que nous avons décrits ici.

Je n'oublierai jamais la conférence de "Marco" Schützenberger donnée à la Sorbonne en février 1991, dans le cadre du premier grand colloque international que j'aie organisé. Cet homme, petit, maigre, au visage en nez d'oiseau, venait de faire une magnifique conférence sur les limites du darwinisme. Des centaines de personnes étaient suspendues à cette voix faible qui avait montré que la critique du darwinisme n'était pas basée sur un *a priori* spiritualiste, mais au contraire sur l'amour de la raison. Il aimait trop la science pour lui laisser dire, par l'intermédiaire du darwinisme, des choses qui, comme nous l'avons montré ici, ne sont parfois que des contes de fées. Il avait largement dépassé son temps de parole et je m'apprêtais à devoir, à regret, l'interrompre, quand il conclut ainsi : "Ce que j'ai dit n'est pas un discours irrationnel : j'ai prêché pour la raison. J'ai prêché pour la science. Je pense que la science dit quelque chose de vrai sur le monde. Le danger vient à partir du moment où la science érigée en paradigme se coince provisoirement dans ce qu'elle croit être des certitudes. Je crois que c'est une attitude erronée ; j'ai donc prêché pour la raison contre cette science-là. Il y a, en intelligence artificielle, une très jolie anecdote : on demandait à l'un des fondateurs de l'intelligence artificielle si un jour les machines égaleraient l'homme. Il avait commencé par faire l'éloge de l'intelligence artificielle mais à la fin il dit : «Oui, mais vous ne vous ferez jamais la machine qui sait dire m.... !» Et je dirais la même chose, la raison dépasse la science en ce que parfois elle sait dire m.... à celle-ci¹⁹".

19. "Marco" Schützenberger, "Le Hasard peut-il produire la complexité du vivant ?", dans *l'Homme face à la science*, op. cit., p. 183, 184.

Conclusion

Plus encore que nos conceptions de l'Univers, nos conceptions concernant la nature de la vie et des êtres vivants comme de l'histoire qui a mené jusqu'à nous, jouent un rôle social, politique, économique, culturel, psychologique, philosophique et même anthropologique absolument fondamental. C'est notre raison même d'être au monde, le statut de notre condition humaine qui est en jeu.

Or, depuis cent cinquante ans, c'est sous l'angle de la contingence et de la toute-puissance de la sélection naturelle que nous avons regardé le vivant en général et l'humain en particulier. Même si l'humanité est loin d'avoir attendu Darwin pour avoir développé l'égoïsme, l'exploitation d'autrui, la violence, l'oppression et la misogynie, il ne faut pas négliger à quel point l'idée que toute la complexité et l'efficacité de la nature proviennent d'un mécanisme de lutte pour la vie, où ceux qui avaient réussi avaient été sélectionnés parce qu'ils étaient les plus adaptés, a pu développer et renforcer certaines tendances néfastes qui étaient déjà présentes en nous.

Les animaux et l'homme sont vus comme des espèces de Lego, des assemblages hétéroclites de pièces qui se sont agrégées par hasard les unes aux autres au cours de l'évolution. Des "bricolages", comme le disait lui-même avec force François Jacob. Dans ce cas, qu'est ce qui nous empêche de modifier l'homme et les animaux ? J'ai entendu un grand généticien américain dire : "Le génome de l'homme n'est que le résultat d'une suite d'événements aléatoires, en quoi serait-il sacré et au nom de quoi devrions-nous nous interdire de le modifier ?"

Comme je l'ai montré dans mon précédent ouvrage¹, les révolutions qui ont déjà eu lieu au cours du XX^e siècle en physique, en astrophysique et en mathématiques, sont porteuses de sens. Elles nous amènent à un "réenchantement du monde", selon l'expression d'Ilya Prigogine. La grande majorité des scientifiques qui participent de près ou de loin à ce mouvement où science et spiritualité, connaissance de pointe et anciennes intuitions des traditions, peuvent se retrouver, appartiennent aux sciences de la matière plus souvent qu'aux sciences de la vie. Ainsi, les sciences de la vie seraient le lieu du désenchantement du monde alors que celles de la matière pourraient contribuer à ce réenchantement. Une dangereuse séparation existerait donc à l'intérieur de nos connaissances, comme C. P. Snow l'avait développé dans un autre contexte en parlant du fossé entre les deux cultures (la culture humaniste d'un côté, la culture scientifique de l'autre) qui existe dans notre civilisation.

Mais c'est au plan sociétal que les conséquences ont été les plus dévastatrices. Le capitalisme classique est basé sur la prédation : BNP avale Paribas, BNP-Paribas aurait voulu avaler la Société Générale, et BNP-Paribas-Société Générale, si elle avait existé, aurait certainement repris à son tour le Crédit lyonnais. On nous explique que les raiders, qui achètent les entreprises pour les dépecer et les revendre en morceaux, ont une influence positive sur l'économie. Avec le risque d'une OPA pesant sur ses épaules, le chef d'entreprise va être plus performant pour éviter que ses actionnaires ne vendent leurs actions. En d'autres termes, le raider serait comme le lion qui oblige la gazelle à courir de plus en plus vite sous peine d'être mangée. Depuis un siècle et tout particulièrement dans ces dernières décennies où l'on a vu se dérouler toute une série de méga-fusions, la sélection naturelle et la loi du plus fort ont été les inspiratrices d'un système qui prétend faire reposer sa légitimité sur le progrès et l'efficacité pouvant résulter de ce type de mécanisme.

Pire encore, l'eugénisme heureusement aujourd'hui rejeté (au moins en apparence) par toutes les civilisations après les terribles

1. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, op. cit.

événements du XX^e siècle, s'est nourri de cette vision. Les darwiniens ont tout tenté pour laver leur grand homme de ce "péché originel". C'est Francis Galton, le cousin de Darwin et l'un des fondateurs de l'eugénisme, qui aurait trahi ses idées en les appliquant aux sociétés humaines. Le philosophe Patrick Tort s'est tout particulièrement spécialisé dans ce domaine. Il a inventé "l'effet réversif de l'évolution". La sélection naturelle a fini par sélectionner la charité et la compassion, c'est-à-dire un comportement dirigé contre la sélection naturelle. La sélection naturelle aurait donc fini par sélectionner la non-sélection. Ce raisonnement est totalement *ad hoc* car il n'y a pas la moindre preuve de l'existence d'un quelconque gène de la compassion ou de l'altruisme chez l'homme, et rien n'indique que la sélection naturelle soit pour quelque chose dans l'émergence de ces valeurs. C'est une tentative assez désespérée pour "acheter une bonne conduite" humaniste au darwinisme. Car ce n'est certainement pas l'altruisme qui vient en premier à l'esprit quand on pense au darwinisme. Patrick Tort cite Darwin : "Nous ne saurions restreindre notre sympathie [pour les plus faibles] en admettant même que l'inflexible raison nous en fit une loi [la raison nous amènerait à nous en débarrasser...] sans porter préjudice à la plus noble partie de notre nature²." Dans sa volonté de dédouaner Darwin, Patrick Tort le censure (on commence à en avoir l'habitude), en oubliant de rapporter d'autres propos contenus dans le même chapitre.

Quand on lit le paragraphe consacré à l'action de la sélection naturelle dans les nations civilisées, on se rend compte que Darwin s'inquiète beaucoup à l'idée que les faibles et les pauvres pourraient se reproduire à un taux plus important que les riches et les bien-portants : "La conscription enlève les plus beaux jeunes gens qui sont exposés à mourir prématurément en cas de guerre, qui se laissent souvent entraîner au vice et qui, en tout cas, ne peuvent se marier de bonne heure. Les hommes petits, faibles, à la constitution débile, restent au contraire chez eux et ont, par

2. Charles Darwin, *La Descendance de l'homme*, Paris, L'Harmattan, 2006, p. 145.

conséquent, beaucoup plus de chance de se marier et de laisser des enfants [...] D'autre part, les enfants de parents qui meurent jeunes et qui par conséquent ont, en règle générale, une mauvaise santé et peu de vigueur, héritent plus tôt que les autres enfants. Il est probable aussi qu'ils se marient plus tôt et qu'ils laissent un plus grand nombre d'enfants qui héritent de leur faible constitution³." Heureusement, il y a des phénomènes de compensation : "Il importe de constater qu'il se produit toujours, même chez les nations les plus civilisées, une certaine élimination des individus moins bien doués. On exécute les malfaiteurs ou on les emprisonne pendant de longues années, de façon qu'ils ne puissent transmettre facilement leur vice. Les hypocondriaques et les aliénés sont enfermés ou se suicident⁴." Et puis, heureusement les hommes riches et intelligents ont des compensations car ils peuvent "choisir, de génération en génération, les femmes les plus belles et les plus charmantes et, ordinairement, ces femmes sont douées d'une bonne constitution physique et d'un esprit supérieur⁵". Et puis, grâce à cette accumulation des capitaux, "les arts", c'est-à-dire, pour Darwin, nos connaissances, progressent. Or, "c'est principalement par l'action des arts que les races civilisées ont étendu et étendent aujourd'hui partout leur domaine et arrivent ainsi à supplanter les races inférieures⁶."

Certes, les idées de Darwin ne sont ni pires ni meilleures que celles de la majorité des penseurs dont il était le contemporain. Les féministes pourront même apprécier qu'il considère qu'une femme belle doit aussi être intelligente. Mais il est difficile de le présenter comme un adversaire de l'eugénisme ou même quelqu'un qui aurait été neutre par rapport à cette pratique. Si l'humanisme de Darwin ne l'amène en aucune façon à conseiller que nous prenions des mesures rigoureuses pour limiter la possibilité des pauvres ou des faibles de se reproduire, il ne se félicite

3. Charles Darwin, *La Descendance de l'homme*, op. cit., p. 146.

4. *Ibid.*, p. 147.

5. *Ibid.*, p. 146.

6. *Ibid.*, p. 150.

pas moins que des mécanismes de régulation naturelle le fassent pour nous, même s'il regrette que ces mécanismes soient insuffisants. Et il cite sans aucune répugnance des propos eugénistes, voir racistes, de Galton et d'autres auteurs, comme cette tirade sur l'irlandais "malpropre, sans ambition, insouciant, qui se multiplie comme un lapin"⁷. Ceux qui voudront en savoir plus pourront se rapporter avec profit à l'œuvre d'André Pichot, et tout particulièrement à son ouvrage *La Société pure : de Darwin à Hitler*⁸, où ce chercheur du CNRS, spécialiste de l'histoire de la biologie, montre bien l'influence que la biologie moderne a eue sur les idéologies favorisant l'eugénisme.

Mais voilà, la "meilleure idée de tous les temps", comme la nomme le philosophe Daniel Dennett, l'idée selon laquelle toutes les caractéristiques des êtres vivants, non seulement leurs organes mais aussi leurs comportements, proviennent d'un processus de sélection naturelle, est *fausse*. Bien évidemment, la sélection naturelle existe et se manifeste à de nombreux niveaux différents dans la nature, mais elle ne constitue ni l'unique ni le principal moteur de l'évolution.

Nous avons vu beaucoup de choses au cours de cet ouvrage. Pour terminer, rassemblons ce qui est *certain*.

- La sélection n'explique pas la structure fondamentale des êtres vivants mais seulement certaines de leurs adaptations.
- Le hasard n'exclut pas l'inévitabilité. Les contraintes qui s'exercent sur les êtres vivants peuvent garantir que certains résultats apparaîtront, même dans le cas où les processus de base de l'évolution reposeraient sur le hasard.
- Ces contraintes qui s'exercent sur les êtres vivants sont d'autant plus fortes que les êtres en question sont évolués.
- L'évolution innove de moins en moins. Nous, *Homo sapiens*, sommes probablement la dernière innovation importante qui soit apparue.

7. André Pichot, *La Société pure : de Darwin à Hitler*, Paris, Flammarion, 2000.

8. *Ibid.*

- Des sauts ont bien eu lieu au cours de l'évolution, et ils n'ont pas pu se faire uniquement par hasard.
- Chez les êtres vivants la structure est première par rapport à la fonction. L'adaptation est secondaire, ce n'est pas elle qui produit une structure fondamentale, comme le plan des vertébrés tétrapodes.
- Les organismes ont leur propre logique interne et semblent parfois la suivre, quelles que soient les modifications de l'environnement qu'ils traversent et la sélection qui s'exerce sur eux.
- L'évolution, vue dans son ensemble, a une logique qui inclut la croissance vers la complexité. Elle ne correspond pas du tout à l'idée d'une évolution "buissonnante" qui partirait dans toutes les directions.
- L'apparition indépendante de formes identiques est un argument fort en faveur du structuralisme.
- Les éléments de base de la vie que sont les protéines sont comme les cristaux de neige, leur forme tridimensionnelle est inscrite dans les lois de la nature.
- Les formes biologiques peuvent donc être d'origine naturelle et non le résultat de processus contingents, et cela d'autant plus qu'un certain nombre de ces formes peuvent être représentées à l'aide de formules mathématiques.
- Il existe un écho génétique de cette conception typologique ou archétypale des êtres vivants, car on a identifié des réseaux de gènes de régulation qui sont identiques chez de très nombreux êtres vivants et qui n'ont donc probablement pas varié depuis des centaines de millions d'années.

Il suffit de relire et d'intégrer l'un après l'autre tous les points énoncés ici pour se rendre compte à quel point la vision nouvelle qui émerge de la synthèse que nous avons réalisée est différente de la vision néodarwinienne classique. C'est une découverte aussi importante pour comprendre notre situation dans le monde que celles de Galilée ou de Copernic. Exactement comme pour ces derniers à leur époque, on ne parle pas de cette découverte aujourd'hui ou l'on en parle peu, et ceux qui s'en font les relais sont victimes d'une inquisition à l'envers, mise en place par ceux qui prétendent faussement agir au nom de la raison, sans

se rendre compte qu'ils dupliquent les comportements des obscurantistes que leurs ancêtres des XVII^e et XVIII^e siècle avaient combattus à juste titre.

La première chose à faire est donc, comme nous l'avons déjà développé, de diffuser l'information et d'organiser la recherche autour des différents éléments de cette nouvelle conception des êtres vivants. Comme nous l'avons vu, nous avons déjà suffisamment de bases pour savoir quelles sont les grandes lignes de cette conception, même si elle est encore loin de former une théorie complète et structurée.

Nous pouvons résumer comme suit les implications qu'elle peut avoir sur notre société.

Nous sommes plus libres que prévu

Bien sûr qu'il y a des instincts, bien sûr que la génétique exerce sur nous une influence, mais si toute une série de caractéristiques existent pour d'autres raisons que d'avoir été sélectionnées par la sélection naturelle, nous sommes beaucoup plus libres que ce que la vision standard, diffusée par les darwiniens et relayée par les médias, nous incite à penser. Nous pouvons trouver en nous-mêmes les ressources pour une vraie liberté, à partir du moment où nous savons qu'une partie du déterminisme génétique dont on nous rebat les oreilles est illusoire.

Les êtres vivants ne sont pas des Lego

Nous pouvons maintenant voir derrière chaque être vivant une structure, un plan d'organisation, une cohérence générale qu'il était impossible de percevoir tant que l'on était dans une vision adaptationniste, basée sur le fait que chaque élément avait été sélectionné pour une raison particulière, ou dans la vision de la contingence et du bricolage, selon laquelle ces éléments seraient là sans raison particulière. Si les organismes ont leur cohérence interne, une des conclusions profondes qu'il faut en tirer, c'est que nous ne devons pas jouer les apprentis-sorciers en nous lançant dans des manipulations dont nous sommes de toute façon loin de connaître les tenants et les aboutissants. Ceci est encore

plus valable pour l'homme que pour les animaux, non à cause d'une supériorité particulière que nous aurions sur eux (même s'il n'est pas absurde de prétendre qu'elle existe), mais à cause de démonstrations, comme celles faites par Anne Dambricourt selon lesquelles nous sommes porteurs d'une logique interne alors que les grands singes ou les petits singes ne le sont plus. Se mettre à jouer avec le génome d'un être ayant encore une potentialité à évoluer est beaucoup plus grave que de jouer avec le génome d'un être dont on peut penser qu'il n'en a plus, tels ces animaux panchroniques qui n'évoluent plus depuis des millions d'années.

Le racisme n'a aucune base rationnelle

Depuis le lendemain de la deuxième guerre mondiale, il n'a pas manqué de scientifiques pour s'élever contre l'idée que le racisme pourrait trouver une quelconque justification dans le domaine scientifique (peut-être pour faire oublier, comme le pense André Pichot, qu'auparavant de nombreux scientifiques avaient laissé penser le contraire). Mais si nous adoptons cette vision typologiste de la nature où ce qui définit un ensemble d'individus, c'est le plan d'organisation qu'ils ont en commun, et si nous sommes le fruit d'une évolution en marches d'escalier (voir la figure 8.3), alors il est clair que tous les hommes, même les premiers *Homo sapiens*, sont tout aussi "hommes" les uns que les autres puisque dans une évolution par saltation, reposant sur le passage d'un plan d'organisation à un autre, il est tout simplement impossible de prétendre que certains individus d'un groupe seraient plus près de l'espèce ancestrale que d'autres.

La vie est réintégrée dans l'Univers

Il y a des lois en physique, en chimie, en astronomie, et maintenant il y a aussi des lois en biologie de l'évolution. L'évolution n'échappe pas à ce qui constitue l'essence même des sciences : reposer sur des lois. La spécificité de la science de l'évolution, c'est-à-dire le fait qu'elle ne reposerait pas sur des lois mais uniquement sur la contingence de l'histoire, ne peut plus être mise

en avant. Les contraintes qui s'exercent sur l'histoire sont telles que nous avons vu que des êtres conscients pourvus d'un gros cerveau auraient émergé d'une façon ou d'une autre, même si une météorite n'avait pas mis fin brutalement à l'aventure des dinosaures.

La coopération peut être aussi efficace que la confrontation

Il existe de nombreux cas où les organismes vivants coopèrent entre eux au lieu de s'affronter. À partir du moment où la sélection naturelle n'est plus le moteur principal de l'évolution, il faut aussi repenser notre vision de l'économie pour montrer à quel point il peut être fructueux de mettre en place des jeux gagnant-gagnant entre fournisseurs et clients, ou même entre compétiteurs, pour partager certaines informations ou certaines recherches, plutôt que de baser la croissance uniquement sur la confrontation, c'est-à-dire sur la loi du plus fort⁹.

Après ces implications qui concernent la société, terminons, comme je vous l'avais promis en introduction, par quelques considérations un peu plus métaphysiques. C'est un terrain glissant puisque, comme nous l'avons vu, on est rapidement accusé, quand on aborde ce sujet, d'avoir des *a priori* qui sont de nature à déconsidérer ce que vous avez pu dire sur un plan strictement scientifique. Comme je l'ai rapporté, Richard Dawkins peut aller parfois jusqu'à refuser de discuter de questions concernant la validité du darwinisme avec un interlocuteur si celui-ci croit en Dieu. Mais d'un autre côté, Richard Dawkins et ceux qui partagent ses positions, ne se sont pas privés pendant des années d'affirmer que la vision darwinienne reposant sur la sélection naturelle était beaucoup plus compatible avec une vision athée du monde qu'avec une vision spirituelle : "L'Univers que nous observons a exactement les propriétés auxquelles on peut s'attendre s'il

9. C'est une démarche que je développe depuis 1995 en tant qu'enseignant dans le MBA du groupe HEC et avec de nombreux groupes de chefs d'entreprise français.

n'y a, à l'origine, ni plan, ni finalité, ni mal, ni bien, rien que de l'indifférence aveugle et sans pitié¹⁰." Ainsi, l'auteur de *Pour en finir avec Dieu*¹¹, qui est l'un des biologistes les plus médiatiques dans les pays anglo-saxons, n'hésite pas à montrer comment le domaine scientifique qui est le sien peut fournir un soutien à la position qu'il a, par ailleurs, sur les questions métaphysiques. Or, nous venons de voir à quel point les choses ont changé dans le domaine scientifique considéré.

Principe anthropique versus dessein intelligent

Mais pour pouvoir continuer à avancer dans ce domaine, une distinction capitale doit d'abord être exposée : celle qui existe entre le principe anthropique et le dessein intelligent. Le principe anthropique est une théorie issue de l'astrophysique qui est basée sur le fait que lorsqu'on modélise l'évolution de notre univers et que l'on change l'une de ses caractéristiques, celui-ci n'est plus adapté au développement de la complexité. Soit qu'il s'effondre sur lui-même, soit qu'il se dilue dans le néant, soit qu'aucune source d'énergie ne puisse y exister, etc.¹² De nombreux physiciens et astrophysiciens se sont alors basés sur le fait que les lois de la physique avaient cette étrange particularité de présenter un réglage incroyablement spécifique pour en déduire que cela était cohérent avec l'idée que notre univers était la manifestation d'un projet ou d'un programme. Comme nous l'avons vu, le dessein intelligent postule lui, qu'une intervention d'une entité *extérieure* aux lois de l'Univers est nécessaire pour que la complexité puisse se développer¹³.

Ainsi, dans un cas nous sommes face à une situation où le fait que les lois de l'Univers aient des caractéristiques très particulières

10. Richard Dawkins, *Le Fleuve de la vie. Qu'est ce que l'évolution ?*, Paris, Hachette, 1997, p 150.

11. Paris, Robert Laffont, 2006.

12. Voir Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, *op. cit.*, chapitre 8.

13. Michael Behe est particulièrement clair sur ce point. Le dessein intelligent n'est pas dans les lois de la nature, il est au-delà. Voir Michael Behe, *La Boîte noire de Darwin*, *op. cit.*, p. 385, note 1.

autorise à penser, sans le prouver, que l'Univers peut avoir été réglé par un "designer" pour se développer dans une certaine direction alors que dans l'autre, on nous dit que l'étude de l'Univers implique la certitude qu'il y a un designer qui a violé les lois de la nature pour que la complexité puisse se développer.

Même si ces deux approches parlent toutes les deux d'un designer, elles n'ont pas du tout le même statut, ni au plan épistémologique, l'une respectant l'intégrité de la science, l'autre non, ni au plan philosophique, l'une inclinant à penser et à s'interroger, l'autre avançant des certitudes. C'est bien pour cela que le principe anthropique est soutenu par des dizaines de personnalités scientifiques à travers le monde, que ce soient des chrétiens, des juifs, des musulmans, des hindouistes, voire même un bouddhiste comme Trinh Xuan Thuan¹⁴, alors que l'*intelligent design* n'est soutenu que par un petit "quarteron" de scientifiques. Il y a donc des façons très différentes d'aborder la question du "designer" en science. Les sceptiques qui refuseront de reconnaître l'existence d'une différence fondamentale entre ces deux approches devront alors expliquer pourquoi un des principaux opposants, sinon le principal, à l'*intelligent design*, Ken Miller, développe et utilise le principe anthropique quand il veut montrer que l'Univers peut être porteur de sens¹⁵.

A la suite de Michael Denton, nous pouvons donc appliquer le principe anthropique dans le domaine de la biologie. Quand on regarde l'évolution dans son ensemble, cela ressemble à un programme. Et il ne manque pas de spécialistes de l'évolution pour affirmer que la tendance générale de cette dernière vers plus de complexité est parfaitement compatible avec la vision selon laquelle nous ne sommes pas les fruits du hasard. Nous avons vu tous les éléments qui parlent de façon rationnelle en faveur d'une telle interprétation de l'évolution selon laquelle l'apparition

14. Voir par exemple Trinh Xuan Thuan, *La Mélodie secrète*, Paris, Fayard, 1988, ainsi que l'ouvrage collectif *Science et quête de sens*, *op. cit.*, que j'ai dirigé et dans lequel de nombreux participants évoquent le principe anthropique.

15. Ken Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, *op. cit.*, p. 284-290.

d'êtres comme nous était inscrite dès le Big Bang dans les lois de l'Univers.

Néanmoins nous ne devons pas oublier la situation des hommes de la planète imaginaire avec lesquels nous avons commencé cet ouvrage. Ce n'est pas parce qu'il y a des régularités dans la nature (dans leur cas, parce qu'il existe des saisons) que ces régularités sont automatiquement porteuses de sens ni fournissent la preuve qu'un esprit quelconque les aurait programmées. Les régularités existent simplement parce qu'il y a des lois de la nature, mais constater que ces lois, y compris les lois de l'évolution, sont telles que des êtres complexes, pourvus d'un gros cerveau, doivent apparaître et se développer, est évidemment quelque chose qui nous incite à penser que la biologie peut prendre toute sa place dans le réenchantement du monde aux côtés de la physique, de l'astrophysique ou des mathématiques.

Le lion et le dauphin

Il me semble qu'un pas supplémentaire peut être effectué, mais cette fois-ci au plan philosophique.

Ainsi que je l'ai mentionné au premier chapitre, un des spectacles les plus horribles que j'ai pu voir dans la nature (il y en a, hélas, de bien plus horribles dans les sociétés humaines) est celui du lion tuant systématiquement les petits du mâle rival qu'il avait supplanté afin de pouvoir assurer sa propre descendance. Le lion n'est pas responsable de l'horreur de son comportement. Il est déterminé génétiquement pour agir ainsi. Il s'agit d'un parfait exemple de comportement darwinien, explicable par le mécanisme de la sélection naturelle.

Mais il y a aussi le dauphin, celui que j'évoque au chapitre 4, qui créait des bulles d'air en forme d'anneau avec lesquelles il joue. Cette scène du dauphin qui, de prime abord, peut paraître insignifiante, m'a elle aussi profondément marqué. Ce comportement est le plus éloigné que je connaisse chez un animal de ceux générés par l'adaptation, la sélection ou l'utilitarisme. C'est en effet un comportement gratuit, qui n'est en rien motivé par une parade amoureuse en vue de séduire une femelle ou quoi que

ce soit d'autre. On perçoit comme une manifestation de la joie d'exister dans ce dauphin qui joue.

Le dauphin qui joue ou l'homme qui le premier traversa l'Atlantique en solitaire n'accomplissent-ils pas déjà des actes non darwiniens, des actes qui n'ont aucune utilité en termes évolutionnistes et qui dépassent leur condition de simples machines à porter des gènes égoïstes ?

L'acte gratuit n'est-il pas la première étape vers une véritable liberté permettant d'échapper à tous les déterminismes, qu'ils soient génétiques ou qu'ils soient ceux liés à un éventuel programme qui serait inclus dans l'évolution ?

Regardons derrière nous, mesurons la longueur du chemin qui, en partant du Big Bang, en passant par les premières cellules, les premiers vertébrés et les 60 millions d'années du processus de développement de la bipédie, a mené jusqu'à nous. Invertissons notre regard et regardons maintenant en nous-mêmes. Ce que nous voyons n'est-il pas la clef de cette extraordinaire histoire : la production un jour sur une planète ou peut-être sur plusieurs d'un être capable de posséder et d'exercer une vraie liberté, concept radicalement nouveau par rapport à tous les êtres vivants qui l'ont précédé ? Si cette hypothèse est la bonne, espérons que nous serons à la hauteur de cette responsabilité.

Guide de lecture

Il est clair qu'il est impossible de conseiller un livre et un seul à ceux qui veulent s'intéresser à ce domaine complexe et fascinant qu'est l'évolution de la vie, et ce d'autant plus qu'il existe tant d'écoles et d'opinions contradictoires. Voici quelques suggestions (pour les références complètes des ouvrages mentionnés, se reporter à la bibliographie située à la suite de ce guide).

Pour le grand public

Une compréhension très complète du darwinisme sous sa forme la plus "forte" peut être facilement acquise à la lecture de *L'Horloger aveugle* de Richard Dawkins et de *Darwin est-il dangereux ?* de Daniel Dennett. Des opinions contraires ont été développées par Rémy Chauvin, tout particulièrement dans *Le Darwinisme ou la fin d'un mythe* et par Michael Denton dont *L'Evolution a-t-elle un sens ?* est un des ouvrages que je recommande le plus. Il ne s'agit pas d'un ouvrage critiquant le darwinisme, contrairement à *Evolution : une théorie en crise*, son premier ouvrage (qui reste intéressant à consulter même s'il ne faut pas tenir compte du chapitre sur l'embryologie et si son auteur a changé d'avis depuis en ce qui concerne l'optique générale de sa conclusion), mais d'un exposé sous une forme assez extrême, de la conception selon laquelle la vie est canalisée. Pour s'introduire à la pensée de Stephen Jay Gould, rien ne vaut la lecture du *Pouce du panda*

où figurent quelques-uns de ses articles les plus importants sur la nature de l'évolution, et de *L'Eventail du vivant*, où il expose sa position sur la contingence. L'ouvrage de Vincent Fleury *De l'œuf à l'éternité* est une bonne introduction aux logiques internes et à l'idée que les formes sont déterminées par les lois de la physique. Le numéro de la revue *Le Débat* de novembre 2008 me paraît un achat très important pour toute personne intéressée par la question, et cela d'autant plus que le dossier est très accessible.

Enfin, il peut être assez intéressant de découvrir ensemble l'ouvrage de Michael Behe, *La Boîte noire de Darwin*, le texte fondateur de l'*intelligent design*, et *A la recherche du dieu de Darwin* de Ken Miller, qui a été écrit en partie pour le réfuter. La position structuraliste qui est la mienne rejette à la fois le darwinisme et le dessein intelligent. Mon livre se situe donc au milieu de l'espace qui sépare ceux de Behe et Miller.

Lectures plus spécialisées

Pour ceux qui veulent aller plus loin, l'énorme livre de Stephen Jay Gould, *La Structure de la théorie de l'évolution*, me paraît un investissement nécessaire. C'est le seul ouvrage où soit vraiment analysé le retour du structuralisme sous toutes ses formes. Pour gagner du temps, on pourra ne lire dans un premier temps que les chapitres, 4, 5, 10 et 11, ce qui représente déjà l'équivalent de plusieurs ouvrages normaux ! Il est aussi nécessaire à toute personne voulant s'intéresser à la question de façon approfondie de lire l'ouvrage de Conway Morris, *Life's Solution* ("La Solution de la vie"), qui n'est pas traduit en français. Un ouvrage de Christian de Duvé, soit *Poussière de vie*, soit *A l'écoute du vivant*, doit également figurer dans toute bibliographie sur la question. Il est difficile de se plonger dans l'étude de D'Arcy Thompson et de toute façon, Gould en parle très bien dans son ouvrage mais *Forme et croissance* existe en français dans une version réduite. Pour ceux qui veulent étudier les questions d'auto-organisation,

un ouvrage de Kauffman comme *At Home In the Universe* est un bon choix, ainsi que *Darwinism evolving* de David Depew et Bruce Weber (qui est nettement plus difficile) mais là encore, ces deux ouvrages n'existent pas en français. Le site de Susan Mazur vous donnera des informations sur les scientifiques travaillant à une réforme du darwinisme (<http://www.scoop.co.nz/stories/HL0807/S00053.htm>).

L'ouvrage de Jean Chaline, *Quoi de neuf depuis Darwin ?*, est très complet, même s'il est en partie descriptif et ne contient pas un travail d'analyse tel que celui de Gould. L'article de Denton, Marshall et Legge "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law" est extrêmement important, tout comme celui de Carl Woese, "A new biology for a new century". Ces deux articles sont disponibles sur le site consacré à l'ouvrage.

Le site <http://www.thegreatstory.org/convergence.html> rassemble de nombreux exemple de convergences dans le prolongement des travaux de Conway Morris. Il est développé par des chrétiens américains anti-crétionnistes.

Une spéculation sur le rôle que peut jouer la physique quantique dans l'évolution se trouve dans l'ouvrage de John Joe Mac Fadden, *Quantum Evolution*. C'est très partiel mais il existe encore peu de choses dans ce domaine qui devrait prendre de l'importance dans les décennies à venir.

Pour des renseignements complémentaires, reportez-vous au site www.audeladedarwin.fr.

Bibliographie

- Alon Uri, "Simplicity in biology", *Nature*, 446, 20 mars 2007.
- Arber Werner, "Gene products implied in the generation of microbial diversity", *Biology International*, special issue, 33, 1995.
- , "The generation of variation in bacterial genomes", *Journal of Molecular Evolution*, 40, 1995.
- D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press, 1942, trad. fr. *Forme et croissance*, Paris, Seuil, 1994.
- Adamowicz Sarah, J. Andy Purvis, Matthew A. Wills, "Increasing morphological complexity in multiple parallel lineages of the Crustacea", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, n° 12, 25 mars 2008.
- Beadle George, *The Place of Genetics in Modern Biology*, Boston, MIT Press, 1959.
- Behe Michael, *La Boîte noire de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009.
- Bethell Tom, "L'erreur de Darwin", *Harper's*, février 1976.
- Biémont Christian, Cristina Vieira, "Junk DNA as an evolutionary force", *Nature*, 443, 5 octobre 2006.
- Bieri Robert, "Humanoids on other planets?", *American Scientist*, vol. 52, 1964.
- Cairns, Overbaugh, Miller, "The origins of mutants", *Nature*, 335, 1988.
- Carrasco A. E., W. MacGinnis, W. Gehring, E.M. de Robertis, "Cloning of an *X. laevis* gene expressed during early

- embryogenesis coding for a peptide region homologous to drosophila homeotic genes", *Cells*, 37, 1984.
- Chaline Jean, *Quoi de neuf depuis Darwin*, Paris, Ellipses, 2006.
- , "L'arbre de la vie a-t-il une structure fractale ? ", *Compte-rendu de l'Académie des sciences* n° 328 (Iia), 1999
- Chaline Jean, Charles Devillers, *La Théorie de l'évolution*, Paris, Bordas, 1989.
- Chaline Jean, Didier Marchand, *Les Merveilles de l'évolution*, Dijon, Presses universitaires de Dijon, 2002.
- Chaline Jean, Laurent Nottale, Pierre Grou, *Les Cycles de l'évolution*, Paris, Hachette, 2000.
- Chandebois Rosine, *Le Gène et la forme, la démythification de l'ADN*, Montpellier, Espace 34, 1993.
- , *Pour en finir avec le darwinisme*, Montpellier, Espace 34, 1993.
- Chauvin Rémy, *Dieu des étoiles, Dieu des fourmis*, Paris, Le Pré aux Clercs, 1988.
- , *La Biologie de l'esprit*, Monaco, Editions du Rocher, 1992.
- , *Le Darwinisme ou la fin d'un mythe*, Monaco, Editions du Rocher, 1997.
- Cronly-Dillon J. R., R. L Gregory, *Evolution of the eye and visual system*, CRC Press, 1991.
- Conway-Morris Simon, *Life's Solution*, Cambridge University Press, 2003.
- Dambricourt-Mallassé Anne, "Continuity and discontinuity during modalities of hominization", *Quaternary international*, vol. 19, 85, 100, 1993.
- , *La Légende maudite du XX^e siècle*, La Nuée Bleue, 1995.
- , "Un nouveau regard sur l'origine de l'homme", *La Recherche*, 286, avril 1996.
- , *Comptes rendus de l'académie des sciences*, Paris 307, II, 199, 1998.
- Davidson Eric H., Douglas H Erwin., "Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans", *Science*, vol. 311, 10 février 2006, 5762.
- Darwin Charles, *L'Origine des espèces*, Paris, Flammarion, coll. "GF", 2008.

- Dawkins Richard, *Le Gène égoïste*, Paris, Armand Collin, 1990.
- , *Le Fleuve de la vie*, Paris, Hachette, 1997.
- , *L'Horloger aveugle*, Paris, Robert Laffont, 1999.
- Delsol Michel, avec la collaboration de Philippe Sentis et Janine Flatin, *L'Evolution biologique en vingt propositions*, Paris, Vrin, 1991.
- Dennett Daniel, *Darwin est-il dangereux ?*, Paris, Odile Jacob, 2000.
- Denton Michael J., *Evolution, une théorie en crise*, Paris, Flammarion, 1992.
- , *L'Evolution a-t-elle un sens ?*, Paris, Fayard, 1997.
- , "Organism and machine: the flawed analogy", www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0498.html.
- , *Nature's Destiny, How the laws of biology reveal purpose in the universe*, New York, Free Press, Simon & Schuster, 1998.
- Denton Michael J., Craig Marshall, "Laws of form revisited", *Nature*, 410, 22 mars 2001.
- Denton Michael J., Craig J. Marshall, Michael Legge, "The protein folds as platonic forms: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *Journal of Theoretical Biology*, vol. 219, Issue 3, 7 décembre 2002.
- Denton Michael J., Peter K. Dearden, Stephen Sowerby, "Physical law not natural selection as the major determinant of biological complexity in the subcellular realm: new support for the pre-Darwinian conception of evolution by natural law", *Biosystems*, 2003, vol. 71, n° 3.
- Dobzhansky T., "Catastrophism versus Evolution", *Science*, vol. 92, 1940, p. 358-359.
- Dorst Jean, *Et si l'on parlait un peu de la vie ?*, Paris, Maisonneuve et Larose, 1999.
- Douglas Matthew, "Thermoregulatory significance of thoracic lobes in the evolution of insects wings", *Science*, 211, 1981.
- De Duve Christian, *Poussières de vie*, Paris, Fayard, 1996.
- , *A l'écoute du vivant*, Paris, Odile Jacob, 2002.
- Edelmann J. B., M. J. Denton, "The uniqueness of biological self-organization: challenging the Darwinian paradigm", *Biology and Philosophy*, vol. 22, n° 4, septembre 2007.

- Eldredge Niles, *Reinventing Darwin*, John Wiley & Sons, 1995.
- Eldredge Niles, Stephen Jay Gould, "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism", dans T. J. M. Schopf (dir.), *Models in Paleobiology*, Freeman, Cooper and Co., 1972.
- Erwin Douglas H., "Darwin still rules, but some biologists dream of a paradigm shift", *The New York Times*, 26 juin 2007.
- Fleury Vincent, *De l'œuf à l'éternité, le sens de l'évolution*, Paris, Flammarion 2006
- , "Clarifying tetrapod embryogenesis, a physicist's point of view", *The European Physical Journal of Applied Physics*, 45, 30101, 2009.
- Fondi Roberto, *La Révolution organiciste*, Livre Club du labyrinthe, 1986.
- Fondi R., G. Sermonti, *Dopo Darwin*, Milan, Rusconi, 1980.
- Foster P. L., "Adaptive mutation: has the unicorn landed?", *Genetics*, avril 1998, 148(4), p. 1453-1459.
- Goldenfeld Nigel, Carl Woese, "La prochaine révolution en biologie", *Le Débat*, 152, 2008.
- Goldschmidt Richard, *The Material Basis of Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1940.
- , *In and Out of the Ivory Tower*, Washington, University of Washington Press, 1960.
- Goodwin Brian, *How the Leopard Changed Its Spots*, Touchstone Books, 1996.
- Gould Stephen Jay, *Le Pouce du panda*, Paris, Grasset, 1980.
- , "Is a new and general theory of evolution emerging?", *Paleobiology*, 6, 1980.
- , "Darwinism and the expansion of evolutionary theory", *Science*, 216, 1982.
- , "The meaning of punctuated equilibrium and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution", in T. Milkman (dir.), *Perspectives on Evolution*, Sunderland, Massachusetts, 1983.
- , *Darwin et les grandes énigmes de la vie*, Paris, Seuil, 1984.
- , "Tires to Sandals", *Natural History*, avril 1989.
- , *La Vie est belle*, Paris, Seuil, 1991.

- , *La Foire aux dinosaures*, Paris, Seuil, 1993.
- , *L'Eventail du vivant*, Paris, Seuil, 1997.
- , "Darwinian fundamentalism", *The New York Review of Books*, vol. 44, 12 juin 1997.
- , *Et Dieu dit : que Darwin soit !*, Paris, Seuil, 2000.
- , *La Structure de la théorie de l'évolution*, Paris, Gallimard, 2006.
- Gould Stephen Jay, Lewontin Richard C., "The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme", *Proceedings of the Royal Society London*, B 205.
- Grassé Pierre-P., *L'Evolution du vivant*, Paris, Albin Michel, 1973.
- Green, R. E., J. Krause, S. E. Ptak, A. W. Briggs, M. T. Ronan, J. F. Simons, L. Du, M. Egholm, J. M. Rothberg, M. Paunovic, S. Pääbo, "Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA", *Nature*, 444, 2006, p. 330-336.
- Jacob François, *Le Jeu des possibles*, Paris, Fayard, 1981.
- Johnson Philip, *Le Darwinisme en question*, Pierre d'Angle, 1996.
- Johnson Steven, *Emergence*, New York, Scribner, 2001.
- Heeren Fred, "A little fish challenges a giant of science", *The Boston Globe*, 30 mai 2000.
- Ho Mae Wan, *The Rainbow and the Worm*, World Scientific, 1998.
- Hsu S., A. Zee, "Message in the sky", <http://arxiv.org/abs/physics/0511135>, 6 décembre 2005.
- Jeffery N., K. Davies, W. Köckenberger, S. Williams, "Craniofacial growth in fetal tarsius bancanus: brains, eyes and nasal septa", *Journal of Anatomy*, vol. 210, 2007, p. 703-722.
- Jiang X., M. Cao, B. Teppen, S. Q. Newton, L. Schäfer, "Predictions of protein backbone structural parameters from first principles: systematic comparisons of calculated N-C(a)-C' angles with high-resolution protein crystallographic results", *Journal of Physical Chemistry*, 99, 1995, 10521.
- Kauffman Stuart, *At Home In the Universe*, Oxford, Oxford University Press, 1995.

- Keller Evelyn Fox, *Le Siècle du gène*, Paris, Gallimard, 2003.
- Kimura Motoo, *Théorie neutraliste de l'évolution moléculaire*, Paris, Flammarion, 1990.
- Kipling Rudyard, *Histoires comme ça*, Paris, Gallimard, coll. "Folio Junior", 1979.
- Koestler Arthur, *L'Etreinte du crapaud*, Paris, Calmann-Lévy, 1972.
- Lamothe Maxime, *Théorie actuelle de l'évolution*, Paris, Hachette, 1994.
- Land M. F., *Handbook of Sensory Physiology*, vol. 7/6B, *Invertebrate Visual Centres and Behaviour*.
- Lefeuvre Michel, *Scientifiquement incorrect – Les dérivés idéologiques de la science*, Paris, Salvator, 2006.
- Lewontin R. C., Rose Steven, Kamin Leon J., *Not in our genes: biology, ideology and human nature*, New York, Pantheon Books, 1984.
- Lewontin R. C., "Billions and Billions Demons", *The New York Review of Books*, 9 janvier 1997.
- Margulis Lynn, *L'Univers bactériel*, Paris, Seuil, 2002.
- Maynard John Smith, *La Biologie*, Paris, Belin, 1980.
- Mayr Ernst, *La Biologie de l'évolution*, Paris, Hermann, 1981.
- McFadden J. J., *Quantum evolution*, New York, Norton, 2000.
- McFadden J. J., J. Al Khalili, "A quantum mechanical model of adaptative mutations", *Biosystems*, 50, 1999, p. 203-211.
- Miller Ken, *A la recherche du Dieu de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009.
- Mivart George, *On the Genesis of Species*, New York, Appleton & Co., 1871.
- Monod Jacques, *Le Hasard et la Nécessité*, Paris, Seuil, 1970.
- Moreel Jean-François, *Le Darwinisme, l'envers d'une théorie*, François-Xavier de Guibert, 2007.
- Needham Joseph, *Biochemistry and morphogenesis*, Cambridge University Press, 1942.
- Noad Michael J., Douglas H. Cato, M. M. Bryden, Micheline-N. Jenner, Curt S. Jenner, "Cultural revolution in whale songs", *Nature*, 408, 537, 30 novembre 2000.

- Noonan J. P., G. Coop, S. Kudaravalli, D. Smith, J. Krause, J. Alessi, F. Chen, D. Platt, S. Pääbo, J. K. Pritchard, E. M. Rubin, "Sequencing and analysis of Neanderthal genomic DNA", *Science*, 314, 17 novembre 2006.
- Nottale Laurent, *La Relativité dans tous ses états. Au-delà de l'espace temps*, Paris, Hachette, 1998.
- Nottale Laurent, Jean Chaline, Pierre Grou, *Les Arbres de l'évolution*, Paris, Hachette, 2000.
- Ogryzko Vasily, "A quantum theoretical approach to the phenomenon of directed mutations in bacteria", *Biosystems*, 43, 1997.
- Ostrom G. H., "Bird flight: How did it begin?", *American Scientist*, 67, 1979.
- Poelwijk Frank J., Daniel J. Kiviet, Daniel M. Weinreich, Sander J. Tans, "Empirical fitness landscapes reveal accessible evolutionary paths", *Nature*, 445, 25 janvier 2007, p. 383-386.
- Roth J. R., E. Kofoed, F. P. Roth, O. G. Berg, J. Seger, D. I. Andersson, "Regulating general mutation rates: examination of the hypermutable state model for Cairnsian adaptive mutation", *Genetics*, avril 2003, 163(4), p. 1483-1496.
- Ridley Mark, *L'Evolution*, Paris, Belin, 1989.
- Schäfer L., "L'importance des états virtuels dans l'émergence de l'ordre complexe de l'Univers", *PhiloScience*, n° 3, 2006.
- Schäfer L., C. Van Alsenoy, J. N. Scarsdale, "Molecular structures and conformational analysis of the dipeptide N-acetyl-N'-methyl glycyl amide and the significance of local geometries for peptide structures", *Journal of Chemical Physics*, 76, 1982, p. 1439.
- Silberstein Marc, "L'unité des créationnismes", <http://www.assomat.info/L-unite-des-creationnismes-Par>.
- Shapiro Robert, *L'Origine de la vie*, Paris, Flammarion, coll. "Champs", 1999.
- Smith John Maynard, *The New York Review of Books*, 1994.
- Staune Jean, *Notre existence a-t-elle un sens ?*, Paris, Presses de la Renaissance, 2007.
- (dir.), *Science et quête de sens*, Paris, Presses de la Renaissance, 2005.

- Stanley Steven, *The New Evolutionary Timetable*, Basic Books, 1981.
- Steele Edward, Robyn A. Lindley, Robert Blanden, *Lamarck's Signature: How Retrogenes Are Changing Darwin's Natural Selection Paradigm*, New York, Perseus Publishing, 1988.
- Theiben Gunther, Heinz Saedler, "Plant biology: floral quartets", *Nature*, 409, 26 janvier 2001.
- Torkelson J., R. S. Harris, M. J. Lombardo, J. Nagendran, C. Thulin, S. M. Rosenberg, "Genome-wide hypermutation in a subpopulation of stationary-phase cells underlies recombination-dependent adaptive mutation", *The EMBO Journal*, 2 juin 1997, 16(11), p. 3303-3311.
- Tort Patrick (dir.), *Pour Darwin*, Paris, PUF, 1997.
- Weigel D., E. M. Meyerowitz, "The ABCs of floral homeotic genes", *Cell*, 1994, 78.
- Weinreich Daniel M., F. Delaney Nigel, Mark A. DePristo, Daniel L., Hartl, "Darwinian Evolution Can Follow Only Very Few Mutational Paths to Fitter Proteins", *Science*, 7 avril 2006, vol. 312, n° 5770.
- White Tim, Gen Suwa, Berhane Asfaw, "Ardipithecus ramidus, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia", *Nature*, 375, 88, 1995.
- Wilson Edward, *La Sociobiologie*, Monaco, Éditions du Rocher, 1987.
- Woese Carl R., "A new biology for a new century", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, juin 2004.

Remerciements

Même si cet ouvrage est basé sur l'analyse et la synthèse de livres et d'articles scientifiques, je n'aurai pu le faire sans les discussions répétées, rencontres et échanges, que j'ai eus avec de nombreux scientifiques qui ont travaillé, et travaillent encore, aux différents aspects de cette nouvelle vision de la vie. J'ai mentionné dans ma dédicace l'importance des discussions et des rencontres que j'ai eues avec Michael Denton (tout particulièrement pour comprendre l'importance du structuralisme) et Marco Schützenberger. Je dois remercier tout d'abord, pour le temps qu'ils m'ont consacré, Simon Conway Morris, Christian de Duvé, Werner Arber, Rémy Chauvin, Jean Chaline, Anne Dambricourt, Vincent Fleury, Vassily Ogryzko, Pierre Perrier, Lothar Schäfer.

Je remercie Henry de Lumely de m'avoir accueilli dans le DEA du Muséum national d'histoire naturelle, institution dont il était à l'époque le directeur, et d'avoir supervisé le mémoire que j'ai fait dans le cadre de ces études. Je le remercie aussi des conseils et critiques qu'il a bien voulu me faire concernant le présent ouvrage.

Je remercie profondément Henri-Pierre Aberlenc pour son patient travail de relecture et ses conseils qui ont constitué une aide très importante pour moi, ainsi que Jean-Michel Olivereau et Philippe Mizrahi, qui ont relu des parties de mon manuscrit. Bien entendu, toutes les erreurs qui pourraient encore subsister ne peuvent être imputées qu'à moi-même.

Des rencontres avec Brian Goodwin, Stuart Kauffman, Mae Wan Ho, Paul Wason, Jeffrey Schloss et Philip Clayton, ont aussi contribué à nourrir ma réflexion autour de ces domaines.

Je remercie Alain Noel et les Presses de la Renaissance qui ont autorisé la reproduction d'une série d'images de mon précédent ouvrage, Elliot Meyerowitz pour l'extraordinaire image de sa fleur "mutante" et Anders Garm pour l'étonnante image de sa méduse pourvue d'yeux

Christiane Cattin a tapé la totalité de ce texte et Pascal Ferriot a réalisé la plupart des très belles images que vous trouvez ici, avec le sens pédagogique qui est le sien. Je tiens à les remercier particulièrement tous les deux, ainsi que mon épouse Danya, qui non seulement m'a soutenu tout au long de ce travail, mais qui m'a fourni une aide essentielle dans la dernière ligne droite pour la bibliographie, les corrections, et même pour la réalisation de trois des images de cet ouvrage.

Table

Introduction – Prière de laisser le dogmatisme au vestiaire	9
1. Quoi de neuf depuis Darwin ?	19
L'idée dangereuse de Darwin, p. 19 – Darwin précurseur de l' <i>intelligent design</i> ?, p. 25 – La grande synthèse du néodarwinisme, p. 29 – Un début de diversité dans les mécanismes de l'évolution, p. 34	
2. Dawkins ou Gould : qui survivra ?	41
Le secret professionnel des paléontologistes, p. 41 – Gradualisme, équilibres ponctués et saltation, p. 43 – L'évolution, avec ou sans "monstre prometteur" ?, p. 49 – Quand Voltaire et Venise aident à critiquer les ultradarwiniens, p. 53 – Les gènes sont-ils égoïstes ?, p. 59 – Et si l'on croyait tout ce que les darwiniens disent sur eux-mêmes ?, p. 60	
3. Les épicycles du darwinisme	64
Des histoires de phacochères, de crapauds et d'autruches, p. 65 – Les chevaux, les papillons et les oiseaux entrent en scène, p. 74 – Des indices selon lesquels l'évolution pourrait être orientée, p. 79 – Osons tout remettre en question !, p. 85 – Mais c'est quoi, être adapté ?, p. 90	
4. Les extraterrestres ont-ils la même tête que nous ?	93
Être ou ne pas être... poppérien, p. 93 – L'évolution va-t-elle dans un mur ?, p. 94 – Le temps où les pommes étaient capables	

de voler, p. 97 – La science-fiction est-elle un complot antidarwinien ?, p. 99 – Tous les chemins mènent à l'œil, p. 100 – La "mammalité" est dans la nature, p. 105 – La convergence... dans toutes les directions, p. 106 – L'apparition de l'homme était-elle inévitable ?, p. 109 – Les êtres vivants comme "propriétés biologiques" de la nature, p. 115

5. Dieu joue aux dés... parce qu'il est sûr de gagner 118

L'apparition de la vie était-elle inévitable ?, p. 118 – Petit intermède sur l'*intelligent design*, p. 121 – Trop tôt pour conclure à l'existence d'un designer, p. 124 – Le hasard n'exclut pas l'inévitabilité, p. 126 – Illustration des nouveaux concepts : canalisation, convergence, paysages adaptatifs, p. 128 – Un article de *Nature* parle d'évolution prédictible, p. 139 – La croissance vers la complexité existe bien, p. 142

6. Préférez-vous les cristaux de neige ou le cou de la girafe ? . . . 144

Le grand match entre la structure et la fonction, p. 144 – Où des découvertes récentes confirment d'anciennes intuitions, p. 150 – Une victoire que l'on se garde d'ébruiter, p. 154 – Gould : un Moïse qui n'a pas voulu voir la Terre promise ?, p. 157 – Un écho génétique aux archétypes, p. 161 – Des structures qui réapparaissent encore et toujours, p. 163

7. Vers une biologie platonicienne 167

Les protéines vont-elles assurer la victoire du structuralisme ?, p. 167 – Les êtres vivants comme expressions de lois mathématiques, p. 176 – A la recherche du "monstre prometteur", p. 182 – Un parcours qui amène à rejeter le darwinisme et le dessein intelligent, p. 185 – Passer graduellement à la conduite à droite ?, p. 193 – La théorie du petit lapin qui donne naissance à un éléphant, p. 195

8. L'évolution est têtue ! 201

"Inside story" contre "East side story", p. 201 – L'Homme de Neandertal victime d'une "sortie de route" ?, p. 208 – Une découverte

qui dérange..., p. 210 – ... et qui interroge notre avenir, p. 212 – Un structuralisme dynamique, p. 215 – L'arbre de la vie est-il unique ?, p. 221 – L'évolution a-t-elle une structure fractale ?, p. 224

9. La fin de l' "intermède darwinien" 227

La bactérie qui se prenait pour Bill Gates, p. 227 – Où physique et biologie peuvent enfin se retrouver, p. 230 – Le philosophe des sciences qui massacre le darwinisme..., p. 233 – ... et le prix Nobel qui le maintient sous respiration artificielle, p. 237 – L'ordre qui venait de nulle part, p. 238 – Avons-nous vraiment de l'ADN "pourri" dans nos cellules ?, p. 244 – Où le fantôme de Lamarck revient hanter les darwiniens, p. 246

10. La primauté des lois sur la sélection :

vers une nouvelle biologie 252

Prendre de l'altitude pour regarder la vie, p. 252 – Les pièces du puzzle, p. 256 – Quand les Papous ont raison contre Darwin, p. 265 – Une révolution qui ne s'ébruite pas, p. 267 – Pour la raison, contre l'obscurantisme, p. 275

Conclusion 277

Guide de lecture 290

Bibliographie 293

Index 301

Remerciements 312