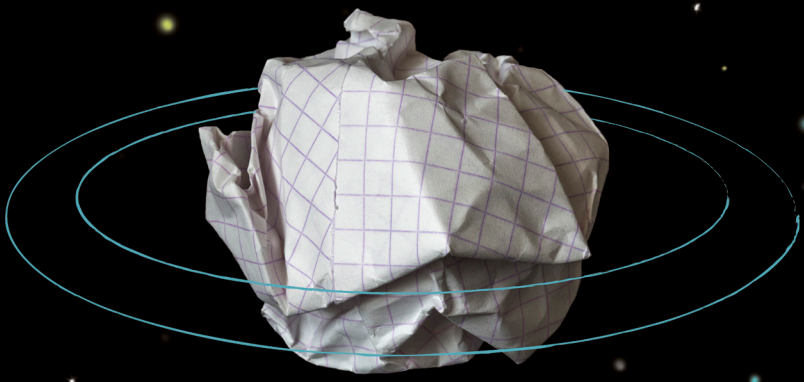
MARIO LIVIO

Fabuleuses erreurs

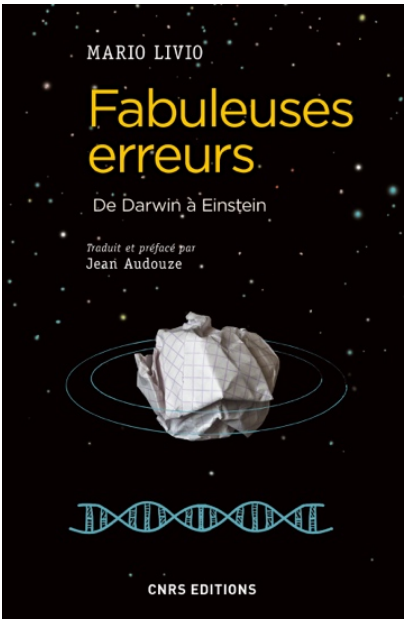
De Darwin à Einstein

Traduit et préfacé par
Jean Audouze



CNRS EDITIONS

Présentation de l'éditeur



Charles Darwin, Lord William Kelvin, Linus Pauling, Fred Hoyle, Albert Einstein : cinq scientifiques hors du commun qui ont accompli des découvertes scientifiques considérables. Mais également cinq hommes qui se sont aussi, souvent en même temps, parfois lourdement, fourvoyés sur certains sujets. Charles Darwin n'a pas bien évalué les effets de « dilution » dans la transmission des caractères génétiques ; Lord Kelvin a largement sous-évalué l'âge de la Terre ; Linus Pauling s'est fait « coiffer au poteau » dans la découverte de la structure de l'ADN par Jim Watson et Francis Crick ; Fred Hoyle fut un partisan irréductible de la théorie de l'Univers stationnaire ; enfin, Einstein créa une constante cosmologique pour une mauvaise raison.

Il ne s'agit pas d'énumérer les erreurs de ces grands hommes, mais bien plutôt de constater et d'analyser les conséquences bénéfiques de ces errements : la théorie de l'évolution de Darwin fonde la génétique moderne ; Kelvin enseigne à ses successeurs comment utiliser la thermodynamique en astronomie et en géologie ; Linus Pauling introduit superbement les considérations chimiques en biologie ; Fred Hoyle démontre les bienfaits et les limites des approches scientifiques qui se démarquent des théories « à la mode » et, curieusement, au lieu d'être une erreur, l'introduction de la constante cosmologique par Einstein s'avère extraordinairement bénéfique.

C'est à une véritable enquête policière, qui dévoile de nombreux aspects jusque-là ignorés de l'histoire des sciences, que s'est consacré l'astrophysicien Mario Livio, qui expose ici de façon originale et vivante les chemins parfois tortueux empruntés par la recherche scientifique.

Mario Livio est un astrophysicien de renommée internationale qui a travaillé pendant 24 ans auprès du Télescope Spatial Hubble et l'auteur de nombreux ouvrages de vulgarisation qui ont tous rencontré un vaste public.

Fabuleuses erreurs

Mario Livio

Fabuleuses erreurs

De Darwin à Einstein

Traduit de l'anglais et préfacé
par Jean Audouze

CNRS ÉDITIONS
15, rue Malebranche - 75005 Paris

Collection « Le Banquet scientifique »
dirigée par Jean Audouze

© CNRS Éditions, Paris, 2017

ISBN : 978-2-271-011708-3
ISSN 2109-8638

PRÉFACE À LA VERSION FRANÇAISE DE « BRILLIANT BLUNDERS »

Je suis très heureux de proposer au public de langue française cette traduction d'un livre dont le titre est un oxymore, puisqu'il attribue à un mot qui signifie « erreur », « bourde », « faute »… l'épithète de « fabuleux », « remarquable »… Ce livre, qui condense avec talent les pages les plus passionnantes de l'histoire des sciences de la nature, constitue, lui, une brillante démonstration d'un paradoxe apparent, mais que les Anglo-Saxons comprennent facilement : on apprend beaucoup plus de ses erreurs que de ses succès. Dans la phrase devenue triviale : « l'erreur est humaine » git une vérité profonde ; l'intelligence et les sens de l'homme sont ainsi faits qu'ils favorisent l'erreur, et les meilleurs d'entre nous sont ceux qui savent tirer parti de ces « bourdes » pour progresser dans la connaissance de la Nature et de l'Univers.

L'auteur de ce livre, mon ami Mario Livio, qui est depuis plus de quinze ans directeur de recherche à l'Institut Scientifique du Télescope Spatial à Baltimore, consacre ses activités de popularisation de la science à l'écriture d'ouvrages tels que, outre celui-ci, *L'Univers en expansion*, *Le nombre d'or*, *L'équation qui ne peut être résolue* ou encore *Dieu est-il mathématicien*[1] ?. Dans ce livre-ci, il nous invite à suivre en détail la vie, les œuvres et les erreurs de cinq savants immenses : Charles Darwin (1809-1882), à qui l'on doit la théorie de l'évolution ; William Thomson, mieux connu sous le

1. Les éditions Odile Jacob ont publié une traduction de ce livre en octobre 2016.

nom de Lord Kelvin (1827-1907), qui donna son nom à l'échelle des températures absolues mais dont il est question ici pour ses travaux concernant la détermination de l'âge de la Terre ; le chimiste et physicien Linus Pauling (1901-1994), à qui l'on doit la découverte de la structure en hélice des protéines ; l'astrophysicien Fred Hoyle (1905-2001), qui est le principal découvreur de la nucléosynthèse des éléments chimiques dans les étoiles, sans oublier Albert Einstein (1879-1955), à qui l'on doit, entre autres, les deux théories de la relativité (restreinte et générale).

Comme le montre cet ouvrage, ces scientifiques hors du commun ont apporté des contributions essentielles aux connaissances de l'homme et, parfois, en même temps, se sont fourvoyés sur certains sujets de façon plus ou moins importante : Charles Darwin n'a pas bien évalué les effets de « dilution » dans la transmission des caractères génétiques d'une population à ses descendants ; Lord Kelvin a donné un âge à la Terre dix fois plus petit que la valeur couramment admise aujourd'hui de 4,5 milliards d'années ; Linus Pauling s'est fait « coiffer au poteau » dans la découverte de la structure de l'ADN par Jim Watson et Francis Crick ; Fred Hoyle fut un partisan irréductible de la théorie de l'Univers stationnaire, alors même que toutes les évidences observationnelles sont encore aujourd'hui en faveur d'une théorie évolutive (Big Bang) de l'Univers. Enfin, Einstein créa une constante cosmologique qu'il inclut dans ses équations de la relativité générale pour une mauvaise raison, celle de rendre notre Univers statique.

L'intérêt de cet ouvrage n'est pas tant dans le repérage des erreurs de ces grands hommes mais plutôt dans l'analyse qu'il propose de toutes les conséquences bénéfiques de ces errements : avec les premiers travaux de Gregor Mendel, la théorie de l'évolution de Darwin fonde la génétique moderne ; Kelvin montre à ses successeurs comment utiliser la thermodynamique en astronomie et en géologie ; Linus Pauling introduit superbement les considérations chimiques en biologie ; Fred Hoyle, par son exemple, démontre les bienfaits et les limites des approches scientifiques qui se démarquent des théories « à la mode » (voire qui leur tournent le dos) ; curieusement, au lieu d'être une erreur, l'introduction de la constante cosmologique par Einstein s'avère être un facteur extrêmement bénéfique en cosmo-

logie moderne. Mario Livio nous livre avec talent les circonstances dans lesquelles ces erreurs ont été mises en évidence, mais surtout, la façon dont elles ont permis le progrès.

L'enseignement des sciences en France fait beaucoup trop « l'impasse » sur l'histoire des différentes disciplines. De ce point de vue, cet ouvrage vient combler avec bonheur ce genre de lacune. De plus, ce qui force mon admiration est le sérieux de l'investigation à laquelle s'est livré Mario ; il n'a pas hésité à traquer dans plusieurs bibliothèques des documents mal connus et pourtant pertinents, et à interroger de nombreux acteurs via des interviews et des conversations personnelles. C'est une véritable enquête policière à laquelle s'est consacré l'auteur, avec son talent et son intelligence hors du commun. Le lecteur, qui se laissera séduire par la vivacité et l'intérêt de ce formidable récit, pourra, s'il le souhaite, procéder à ses propres recherches grâce à un appareil de notes particulièrement bien documenté.

J'espère que cette traduction française est le reflet fidèle de cette belle et originale façon empruntée par Mario Livio pour nous faire vivre « de l'intérieur » l'aventure scientifique qui s'attache à essayer de comprendre l'Univers et ce qui nous entoure dans tous leurs aspects. Je le remercie très chaleureusement, d'abord d'avoir bien voulu me confier la traduction de son excellent ouvrage, ensuite d'avoir répondu très généreusement à mes nombreuses questions. Ses réponses m'ont beaucoup aidé dans l'établissement de cette version en français. Je remercie également Elisabeth Vangioni et Marie Bellosta pour leurs suggestions visant à l'amélioration de ce texte. Si malgré le concours de ces amis éminents, des erreurs subsistent, j'en serai le seul responsable.

Je souhaite à tous les lecteurs de cet ouvrage le même plaisir que j'ai eu à pénétrer dans ce très beau texte.

Jean Audouze

AVANT-PROPOS

Pendant que je travaillais à la rédaction de ce livre, il ne se passait pas de semaines sans que quelqu'un ne vienne m'interroger à propos de son sujet. Je répondais invariablement : « il s'agit d'erreurs scientifiques mais ce n'est pas une autobiographie ». Cette réponse suscitait quelques rires et parfois une approbation du genre « c'est une idée intéressante ». Mon ambition est simple : corriger l'impression généralement partagée, selon laquelle les percées scientifiques ne sont rien d'autre que de magnifiques « success stories ». De fait, rien n'est plus éloigné de la vérité. Non seulement la route vers le succès est pavée d'erreurs, mais encore, plus le résultat est important, plus grande est la probabilité de se tromper.

Emmanuel Kant, le grand philosophe allemand écrivait : « *Deux éléments nous remplissent d'admiration et de respect* : *les cieux étoilés qui sont au-dessus de nous et la morale qui est en nous.* » Depuis la publication de sa *Critique de la Raison Pratique* (1788), nous avons accompli beaucoup de progrès dans notre compréhension du ciel ; ce n'est pas le cas, en revanche, de la morale individuelle. Il est apparemment beaucoup plus difficile de comprendre la vie et l'esprit. Néanmoins, les sciences de la vie en général – et les recherches sur le cerveau de l'Homme en particulier – progressent actuellement à une vitesse incroyable. Aussi, il n'est pas inconcevable qu'un jour nous comprenions complètement pourquoi l'évolution des espèces a abouti à la conception d'un être conscient.

Tout en cherchant à relater les efforts remarquables déployés pour comprendre la Vie et l'Univers, ce livre s'intéresse davantage

au chemin suivi plutôt qu'aux résultats finaux. J'ai tenté de porter l'attention sur les processus de la pensée scientifique et sur les obstacles qui surviennent dans la recherche et moins sur les découvertes elles-mêmes.

De nombreux collègues m'ont apporté leur aide tout au long de la gestation de cet ouvrage, certains même sans s'en rendre compte. Je remercie Steve Mojzis et Reika Yokochi pour leurs échanges à propos de la géologie. Je remercie également Jack Dunitz, Horace Freeland Judson, Matt Meselson, Evangelos Moudrianakis, Alex Rich, Jack Szostak, et Jim Watson pour avoir bien voulu partager avec moi leurs connaissances sur la chimie, la biologie et plus précisément sur les œuvres de Linus Pauling. Je dois beaucoup à Peter Eggleton, John Faulkner, Geoffrey Hoyle, Jayant Narlikar et Lord Martin Rees pour leurs discussions utiles concernant l'astrophysique, la cosmologie et les travaux de Fred Hoyle.

Je souhaite exprimer ma gratitude à tous ceux qui m'ont fourni des éléments essentiels pour ce livre, à savoir Adam Perkins et le personnel de la Bibliothèque de l'Université de Cambridge pour des documents à propos de Darwin et de Lord Kelvin ; Mark Hurn de l'Institut d'Astronomie de Cambridge pour d'autres relatifs à Lord Kelvin et Fred Hoyle ; Amanda Smith de l'Institut d'Astronomie de Cambridge au sujet de Fred Hoyle et pour les photos de Jim Watson et Francis Crick ; Clifford Meade et Chris Petersen d'Oregon State University pour des documents sur Linus Pauling, tout comme Loma Karklins, responsable des archives de Caltech ; Sarah Brooks du Groupe de *Nature* pour un document lié à Rosalind Franklin ; Bob Carswell et Peter Hingley pour m'avoir fourni des papiers sur Georges Lemaître provenant de la Royal Astronomical Society, mais aussi Liliane Moens, responsable des Archives Georges Lemaître ; Kathryn McKee de St John's College de Cambridge pour des documents relatifs à Fred Hoyle. Quant à Albert Einstein, je suis redevable à Barbara Wolff, responsable des Archives Albert Einstein, Diana Kormos Buchwald du Einstein Papers Project, Daniel Kennefick de l'Université de l'Arkansas, Michael Simonson de l'Institut Leo Baeck, Christne Lutz de l'Université de Princeton et Christine Di Bella de l'Institute for Advanced Studies de Princeton.

Je remercie particulièrement Jill Lagerstrom, Elisabeth Fraser et Amy Gonigam de l'Institut Scientifique du Télescope Spatial et le personnel de la Bibliothèque de l'Université John Hopkins pour leur aide dans l'établissement de la bibliographie. Je suis redevable à Sharon Toolan pour son excellent travail de préparation du manuscrit à l'impression, à Pam Jeffries en ce qui concerne la réalisation des figures et à Zak Concannon qui a amélioré certaines d'entre elles. Comme toujours, mon épouse Sofie, patiente et encourageante, m'a apporté un soutien sans faille.

Je remercie enfin mon agent, Susan Rabiner, pour son appui indéfectible, mon éditeur, Bob Bender pour ses commentaires avisés, Loretta Denner pour son assistance dans la préparation des épreuves, et Johanna Li pour son aide bienveillante tout au long de la production de la version originale de ce livre.

Chapitre premier

Erreurs et Gaffes

> *Les fortes sottises sont souvent faites, comme les grosses cordes, d'une multitude de brins. Prenez le câble fil à fil, prenez séparément tous les petits motifs déterminants, vous les cassez l'un après l'autre, et vous dites : ce n'est que cela ! Tressez-les et tordez-les ensemble, c'est une énormité.*
>
> Victor Hugo (*Les Misérables*, II, 5, 10)

Quand le fantasque Bobby Fischer, l'un des plus célèbres joueurs d'échecs, vint à Reykjavik (Islande) au cours de l'été 1972 pour disputer un match de championnat du monde contre Boris Spassky[1], le monde des échecs était dans l'attente d'un évènement extraordinaire. Même les gens qui n'avaient manifesté jusqu'alors aucun intérêt pour ce jeu retinrent leur souffle pour ce que l'on appelait alors « le match du siècle ». Lors du vingt-neuvième coup du premier jeu, alors qu'il était dans une position qui devait le conduire immanquablement à la victoire, Fischer opta pour un déplacement que même un joueur amateur aurait rejeté instinctivement. Cet épisode célèbre est l'exemple typique de ce qui est connu comme un « aveuglement aux échecs », une erreur notée par « ?? » dans la littérature consacrée à ce jeu, et qui aurait fait honte à un enfant de cinq ans, membre d'un club local. Ce fut particulièrement surprenant venant de la part d'un homme parvenu à ce match après une séquence de vingt victoires remportées contre les meilleurs joueurs au monde (dans la

1. Une description détaillée de ce match fut publiée par Evans et Smith (1973). Elle est résumée sur le site www.mark.weeks.com/chess/72fs$$.htm.

plupart des compétitions de niveau mondial, il y a quasiment autant de parties nulles que de victoires pures et simples). Est-ce que ce type « d'aveuglement » ne survient que dans le monde des échecs ou bien y a-t-il d'autres entreprises intellectuelles qui sont sujettes à des erreurs comparables ?

Oscar Wilde écrivait : « L'expérience est le nom que chacun donne à ses erreurs. » En effet, nous commettons tous de très nombreuses bourdes dans notre vie de tous les jours. Nous enfermons nos clés à l'intérieur de notre voiture, nous achetons des valeurs mobilières de qualité médiocre ou bien nous en acquérons d'autres, en principe satisfaisantes, au mauvais moment. Nous surestimons notre capacité à assumer de multiples tâches et nous rendons responsables de nos malheurs des causes qui n'ont rien à y voir. De fait, cette incapacité à comprendre les raisons de nos échecs fait que nous ne sommes que très rarement capables de tirer les leçons de nos erreurs. En tout cas, nous ne nous en rendons compte qu'après coup – d'où la définition de l'expérience énoncée par Oscar Wilde. De plus, nous sommes bien meilleurs juges des erreurs des autres que des nôtres[2]. Comme le remarque le prix Nobel d'économie, par ailleurs psychologue, Daniel Kahneman : « Je ne crois pas que les gens soient capables de modifier leur façon de penser ; en revanche, je les crois tout à fait capables de relever les erreurs des autres. »

Il en est de même des procédures pourtant mises au point avec grand soin, telles que les systèmes de justice pénale. Ceux-ci peuvent se tromper de façon dramatique. C'est ainsi, par exemple, que Ray Krone, un habitant de Phoenix (Arizona)[3], passa plus de dix ans derrière les barreaux et fut condamné à mort après avoir été, par deux fois, jugé coupable d'un crime odieux qu'il n'avait pas commis. Il fut finalement disculpé et le véritable assassin démasqué grâce aux tests ADN[4].

---

2. Ainsi la fameuse parabole de l'Evangile de la paille et de la poutre (NdT).

3. Une description de cette très triste affaire peut être trouvée sur le site www.innocenceproject.org/Content/Ray_Kroone.php

4. Le cas rapporté ici par l'auteur n'est hélas pas le seul, et de loin. C'est le principal argument invoqué par les adversaires de la peine de mort aux États-Unis pour tenter d'obtenir sa suppression (NdT).

Le propos de cet ouvrage ne concerne pas de tels dysfonctionnements malgré leur gravité. Nous évoquerons ici, plutôt, les erreurs scientifiques. Par erreur scientifique, je considère plus spécifiquement les fautes conceptuelles qui peuvent mettre en danger des théories entières ou qui peuvent stopper le progrès de la science.

L'histoire de l'humanité est remplie de relations d'erreurs concernant une très grande variété de domaines. La Bible ou encore la mythologie gréco-romaine en recèlent un grand nombre. Dans le livre de la Genèse, par exemple, la première action d'Eve, notre mère à tous, fut de céder à la tentation présentée par le Serpent et de manger le fruit défendu. Cette monumentale erreur de jugement fut à l'origine du bannissement d'Adam et Eve, qui furent ainsi chassés de l'Eden. Selon le théologien du XIII^e^ siècle, Thomas d'Aquin, cet événement eut pour conséquence d'interdire aux hommes l'accès à la vérité absolue. Dans la mythologie grecque, la malencontreuse séduction de la belle Hélène, l'épouse du roi de Sparte, par le berger Pâris est la cause de la destruction totale de la ville de Troie. De fait, ces deux exemples ne concernent que les aspects les plus superficiels du problème : tout au long de l'Histoire, les généraux les plus réputés, les philosophes les plus célèbres, les penseurs les plus profonds commirent des bourdes très graves. Au cours de la Seconde Guerre mondiale, le maréchal allemand Fedor Van Bock[5] prit à nouveau la même décision stupide que Napoléon qui attaqua la Russie en 1812. Ces valeureux guerriers ne tinrent pas compte du pouvoir insurmontable du « Général Hiver », cet hiver russe très long et très rigoureux auquel leurs armées n'étaient pas du tout préparées. L'historien britannique A.J.P. Taylor[6] résuma les malheurs de Napoléon de la façon suivante : « Comme la plupart de ceux qui étudient l'histoire, Napoléon apprit des erreurs passées comment en commettre de nouvelles. »

Dans le domaine de la philosophie, la physique du grand Aristote est pleine d'idées fausses, telles que la croyance selon laquelle les corps doivent se mouvoir vers leur place « naturelle ».

---

5. Il semble plus juste de rendre Hitler lui-même responsable de cette décision suicidaire (NdT).

6. Alan John Percival Taylor (1906-1990), Taylor, 1963.

Ces idées sont aussi « absurdes » que l'annonce par Karl Marx de la chute imminente du capitalisme. De même, beaucoup des spéculations psycho-analytiques » de Sigmund Freud, comme « l'instinct de mort », une pulsion hypothétique de retour à un état de repos avant la vie, ou encore l'impact d'un complexe d'Œdipe lors de l'enfance sur les névroses des femmes, se sont révélées tout simplement grossièrement fausses.

On peut penser : « OK, tout le monde commet des erreurs, mais quand il s'agit des plus grands hommes de science, tels que Linus Pauling, deux fois lauréat Nobel, ou bien le sublime Albert Einstein, ceux-ci exprimèrent correctement les théories qui les rendirent célèbres, n'est-ce pas ? » Après tout, la gloire des temps modernes ne réside-t-elle pas dans l'élaboration de la démarche scientifique et dans celles de mathématiques parfaitement démontrées qui sont le langage de la science fondamentale ? Eh bien, croire que les théories échafaudées par ces esprits illustres ou par des penseurs aussi éminents sont exemptes d'erreurs est totalement inexact.

Le propos de cet ouvrage est de présenter de façon détaillée quelques-unes des erreurs surprenantes commises par des scientifiques de premier rang et d'en analyser les conséquences inattendues. En même temps, mon souci est de chercher à comprendre les causes de ces erreurs et à les examiner à la lumière de ce que nous savons du fonctionnement de l'esprit humain. Finalement, je souhaite montrer que le chemin vers la découverte et l'innovation se fraye à travers les erreurs.

J'ai choisi d'explorer en détail la thématique de l'évolution, qui est particulièrement sujette à l'énonciation de multiples erreurs. En effet, les théories concernant l'évolution de la vie sur Terre, l'évolution de la Terre elle-même ainsi que celles qui traitent de l'Univers dans son ensemble sont parsemées d'innombrables méprises.

Erreurs sur l'évolution et évolution des erreurs

Selon l'Oxford English Dictionary, le mot « évolution » renvoie à la définition suivante : « Le développement ou la croissance selon ses tendances intrinsèques de quelque chose qui peut être comparé à

un être vivant. Il s'agit des progrès ou de l'origine de quelque chose se développant naturellement qui se distingue de sa production par un acte spécifique. » Cette définition ne donne pas le sens originel de ce mot. En latin, « *evolutio* » fait référence à feuilleter ou lire un livre qui se présente sous la forme d'un rouleau de parchemin. Quand le mot devint populaire en biologie, il fut d'abord utilisé seulement pour décrire la croissance d'un embryon. La première référence de ce mot à la genèse d'une espèce est trouvée dans les écrits du naturaliste suisse Charles Bonnet qui prétendait que Dieu a pré-organisé l'apparition d'espèces nouvelles dans les germes des toutes premières formes de vie qu'il créa.

Au cours du XX^e^ siècle, le mot « évolution » est devenu si intimement associé au nom de Darwin qu'il est difficile de croire que dans la première édition de 1859 de son chef d'œuvre *Sur l'Origine des Espèces*, Darwin ne mentionne pas ce mot dans le corps du livre, encore que les derniers mots de l'ouvrage soient « ont évolué ».

Depuis l'époque de la publication de ce livre, le mot « évolution » a acquis le sens mentionné précédemment. Aujourd'hui, on parle de l'évolution de choses aussi diverses que la langue anglaise, la mode, la musique, les logiciels informatiques, etc. (comptez le nombre de pages web consacrées à l'évolution de ce qui est « tendance » !). Le Président Woodrow Wilson[7] fit une fois la remarque selon laquelle la Constitution des Etats-Unis était en constante évolution : « Le Gouvernement n'est pas une machine mais un être vivant […]. Il relève de Darwin et non de Newton. »

Le fait que je me focalise sur l'évolution de la Vie, de la Terre et de l'Univers ne signifie pas que ce sont les seuls domaines scientifiques soumis à des erreurs manifestes. De fait, j'ai choisi d'aborder ces sujets pour deux raisons principales : la première est que j'ai souhaité examiner de façon critique les erreurs commises par les savants dont les noms viennent à l'esprit de tous. Les errements de tels génies, même de ceux des deux derniers siècles concernent très spécifiquement les questions que se posent aujourd'hui les scientifiques, et même le public dans son ensemble. J'espère être en mesure de montrer que l'analyse de ces erreurs constitue un savoir qui n'est

7. Wilson 1913.

pas seulement intéressant mais qui peut également être utilisé pour influencer les actions dans les domaines allant de la pratique scientifique au comportement éthique. La seconde raison est simple : les évolutions de la vie, de la Terre et de l'Univers sont des sujets qui fascinent tout un chacun depuis le début de l'histoire de l'humanité et pas seulement les scientifiques ; ils ont inspiré des recherches incessantes pour tenter de révéler nos origines et de reconstruire notre passé. La curiosité des hommes vis-à-vis de ces questions est au moins en partie à la source des croyances religieuses, des récits mythiques de création et des interrogations philosophiques. Parallèlement, les aspects les plus empiriques et les plus évidents de cette curiosité ont finalement donné naissance à la science. Les progrès que les hommes ont accomplis pour comprendre certains des processus complexes à l'œuvre dans l'évolution de la Vie, de la Terre et du cosmos sont tout à fait miraculeux. Aussi incroyable que cela puisse paraître, nous pouvons aujourd'hui retracer l'évolution de l'Univers jusqu'au moment où celui-ci n'était âgé que d'une fraction minime de seconde. Malgré cela, beaucoup de questions restent sans réponses et le sujet de l'évolution demeure aujourd'hui encore un sujet brûlant.

Cela me prit un certain temps de décider quels scientifiques de premier plan feraient partie de ce voyage à travers les eaux profondes théoriques et expérimentales. Finalement je me suis concentré sur les erreurs commises par cinq personnalités. Ma liste de savants étonnamment « fautifs » comprend le célèbre naturaliste Charles Darwin, le physicien Lord Kelvin, qui donna son nom à l'échelle des températures absolues, Linus Pauling, l'un des chimistes les plus influents de sa discipline, l'astrophysicien et cosmologiste britannique Fred Hoyle et Albert Einstein, qui n'a besoin d'aucune introduction. Dans chaque cas, j'aborderai le thème central de deux manières différentes et complémentaires. D'une part, j'évoquerai quelques-unes des théories de ces grands savants en montrant les relations fascinantes qu'elles peuvent entretenir du point de vue assez inhabituel de leurs faiblesses et parfois de leurs échecs. D'autre part, j'analyserai les différents types d'erreurs et je tenterai d'identifier leurs causes psychologiques. Comme nous le verrons, les erreurs ne sont pas toutes de même niveau ; celles dont il sera question ici, qui concernent

ces cinq savants, sont très différentes les unes des autres. L'erreur de Darwin fut de ne pas prendre conscience de toutes les implications d'une hypothèse. Kelvin se trompa en ignorant des possibilités imprévues. L'erreur de Pauling résultat d'une confiance exagérée, fondée sur des succès antérieurs. Hoyle se trompa en cherchant systématiquement à s'opposer à la science conventionnelle. Einstein fut mal inspiré de suivre une voie qui semblait esthétiquement simple. La conclusion la plus importante que nous tirons de ces analyses est que les erreurs ne sont pas seulement inévitables mais plus encore, qu'elles prennent une part essentielle dans le progrès scientifique. Le développement de la science n'emprunte pas un chemin direct vers la vérité ; S'il n'y avait pas des faux départs et des culs de sac, les scientifiques emprunteraient de mauvaises directions pendant trop longtemps. Les erreurs décrites dans ce livre ont toutes, d'une façon ou d'une autre, agi comme des catalyseurs facilitant des découvertes impressionnantes, d'où leur appellation d'erreurs « fabuleuses ». Elles dissipèrent les brumes dans lesquelles la science cheminait dans cette succession de petits pas, ponctués occasionnellement par des sauts significatifs.

J'ai organisé ce livre de sorte que pour chaque scientifique, soit d'abord présentée l'essence des théories pour lesquelles il est le plus connu. Plutôt que d'en exposer des comptes rendus détaillés, j'ai choisi d'introduire les idées de ces maîtres par des résumés très brefs, de manière à remettre dans leur contexte les erreurs qu'ils ont commises. J'ai également choisi de concentrer mon propos sur une erreur plutôt que de lister toutes les fautes commises par ces grands esprits tout au long de leurs carrières. Ce livre commencera donc avec le grand savant à propos duquel le New York Times indiquait dans sa notice nécrologique du 21 avril 1882 : « On l'a beaucoup lu mais on en a parlé encore beaucoup plus. »

Chapitre 2

L'Origine

> *Il y a de la grandeur dans cette vision de la vie, avec ses nombreuses potentialités, en ayant été insufflée sous une forme ou sous une autre ; et tandis que notre Terre orbite autour du Soleil selon les lois de la gravité, la vie évolue en partant de formes simples vers d'autres encore plus belles et plus splendides.*
>
> Charles Darwin

Ce qu'il y a de plus frappant concernant la vie sur Terre, c'est sa prodigieuse diversité. Prenons une promenade lors d'une après-midi de printemps. Il y a de grandes chances de rencontrer plusieurs espèces d'oiseaux, de nombreux insectes, peut-être un écureuil, quelques personnes (dont certaines promènent leur chien), et une très grande variété de végétaux. Pour ce qui est des caractéristiques faciles à distinguer, les organismes vivant sur terre différent par leur taille, leur couleur, leur forme, leur habitat, leur nourriture et leurs capacités. On trouve d'un côté les bactéries qui ont une taille de l'ordre d'une fraction de micron, et de l'autre, les baleines bleues qui mesurent une trentaine de mètres. Parmi les milliers d'espèces de de mollusques marins vermiformes, certains ont une apparence banale alors que d'autres montrent des couleurs parmi les plus somptueuses au monde. Les oiseaux peuvent voler à des altitudes incroyables : le 29 novembre 1975[1], un grand vautour fut aspiré dans l'un des

1. Le record semble appartenir au vautour connu sous le nom de Griffon de Rüppell (*Gyps rueppellii)* ; voir www.straightdope.com/columns/read/1976/how-high-can-birds-and-bees-fly.

moteurs d'un avion à réaction à 13 000 mètres au-dessus de la Côte d'Ivoire. D'autres oiseaux comme les oies migratrices à tête barrée et les cygnes siffleurs volent couramment à des altitudes supérieures à 8 000 m. Pour ne pas être en reste, les animaux marins détiennent des records semblables en profondeur. Le 23 janvier 1960, l'explorateur des abysses Jacques Piccard[2] et le lieutenant Don Walsh de la Marine américaine plongèrent à bord d'un engin spécial appelé « bathyscaphe », au plus profond de l'Océan Pacifique, en un point appelé la tranchée Mariana, au large du sud de Guam. Quand ils atteignirent la profondeur de 12 000 m, – ce qui fut alors le record absolu, ils furent surpris de découvrir autour d'eux une nouvelle espèce de crevette vivant en profondeur qui ne semblait pas affectée par l'incroyable pression de quelques 1 170 bars. Le 26 mars 2012, le réalisateur de films James Cameron atteignit le lieu le plus profond de la tranchée Mariana, à bord d'un sous-marin spécialement conçu. Il décrivit cet endroit comme un paysage gélatineux aussi désolé que la surface de la Lune. Mais il rapporta aussi la présence d'êtres vivants ayant l'apparence de crevettes de taille inférieure à 2 cm.

Personne ne sait vraiment combien il y a d'espèces vivantes sur Terre. Un catalogue récent[3], publié en 2009 décrit formellement et affecte des noms officiels à environ 1,9 millions d'espèces. Cependant, comme la plupart des espèces vivantes sont des micro-organismes ou des invertébrés minuscules souvent très difficiles à observer, les estimations du nombre total d'espèces demeurent généralement très incertaines. Les valeurs généralement citées vont de 5 à 100 millions d'espèces différentes, quoique l'intervalle 5 à 10 millions semble le plus probable (les travaux les plus récents[4] prédisent un chiffre d'environ 8,7 millions). Cette grande incertitude n'est pas surprenante quand on pense qu'une cuillérée à café de poussières[5] prélevées sous nos pieds contient plusieurs milliers d'espèces distinctes de bactéries.

---

2. Voir « Jacques Piccard », Encyclopedia of World Biography, 2004. www.encyclopedia.com/doc/1G2-3404707243.html.
3. Chapman, 2009.
4. Mora *et al*., 2011.
5. Gans *et al.*, 2005.

La seconde caractéristique surprenante de la vie sur Terre, outre sa diversité, réside dans l'incroyable capacité d'adaptation des végétaux et des animaux. Que ce soit le nez en forme de tube d'un fourmilier, la longue langue du caméléon capable d'attraper une proie en 3/100e de secondes, le bec puissant de forme caractéristique du pic ou le cristallin de l'œil d'un poisson, les organismes vivants sont parfaitement conçus pour les tâches que la vie leur impose. Les abeilles sont non seulement bâties pour pouvoir s'installer confortablement à l'intérieur des fleurs qu'elles butinent, mais les fleurs elles-mêmes tirent parti de leurs visites pour se reproduire en recouvrant de pollen leurs abdomens et leurs pattes.

Il y a de nombreuses espèces biologiques qui vivent en symbiose (dans une interaction : « gratte moi le dos, je te gratterai le tien ! »). Le poisson clown[6] par exemple vit au milieu des tentacules urticantes de l'anémone de mer Ritteri. Ces tentacules le protègent de ses prédateurs et il protège à son tour l'anémone des attaques d'autres poissons qui veulent s'en nourrir. Le mucus spécial qui entoure le corps du poisson clown le prémunit des tentacules empoisonnés de son hôte et renforce cette adaptation harmonieuse. Un partenariat a même été développé entre les bactéries et les animaux. Par exemple, dans les courants du fond des mers, des moules qui vivent au milieu de fluides riches en hydrogène prospèrent en faisant vivre et en les plaçant à l'intérieur de leurs corps une population de bactéries qui consomme le dit hydrogène. De même, une bactérie du genre *Rickettsia* confère des avantages de survie à des mouches blanches qui évoluent autour de la patate douce et en tire un bénéfice pour elle-même[7].

Accessoirement, un exemple très communément cité comme une relation symbiotique extraordinaire n'est peut-être rien d'autre qu'un mythe. De nombreux textes décrivent les services mutuels rendus par le crocodile du Nil et un petit oiseau du nom de pluvier égyptien. Selon Aristote[8], quand le crocodile se met à bailler, le

6. Dont le nom scientifique est : *Amphiprion ocellaris*.

7. L'auteur aurait pu évoquer la symbiose qui existe entre les hommes et leur « flore intestinale » constituée de milliers d'espèces différentes de bactéries (NdT).

8. Aristote, IVe siècle avant J.C.

petit oiseau « pénètre dans sa bouche et lui nettoie les dents », ce qui permet au pluvier de se nourrir tandis que le crocodile gagne en confort. Une description semblable se trouve dans *l'Histoire Naturelle* du philosophe romain Pline l'Ancien[9] (Ier siècle de notre ère). Cependant, on ne trouve aucun récit de ce type dans la littérature scientifique contemporaine et aucune photographie ne vient le corroborer. Peut-être ne devrions-nous pas être très surpris étant donné le nombre d'erreurs publiées par Pline l'Ancien : la plupart de ses arguments scientifiques se sont révélés faux !

La diversité prolifique et l'adaptation d'un très grand nombre d'espèces vivantes, convainquirent de nombreux théologiens, depuis Thomas d'Aquin au XIIIe siècle, jusqu'à William Paley au XVIIIe siècle, que la vie sur Terre requiert la main habile d'un créateur suprême. De telles idées avaient déjà cours au Ier siècle avant J.C. Le célèbre orateur romain Cicéron[10] affirmait que le monde naturel devait avoir une origine « divine » : « Si toutes les parties de l'Univers ont été formées de telle façon qu'elles ne peuvent pas être mieux adaptées à leur usage ni d'apparence plus splendide […]. Si donc les œuvres de la nature sont supérieures à celles créées par l'Homme et si le génie humain n'accomplit rien de mieux qu'en appliquant sa raison, alors nous devons accepter que la nature aussi n'est pas dépourvue de raison. »

Cicéron fut aussi le premier à utiliser la métaphore de l'horloger qui devint plus tard l'argument essentiel en faveur d'un « dessein intelligent ». Selon les mots de Cicéron : « Il peut sûrement ne pas être correct de considérer une statue ou un tableau comme une œuvre d'art ou de se convaincre à partir d'observations lointaines du déplacement d'un bateau que son mouvement est contrôlé par la raison et les aptitudes de l'Homme ou en examinant la forme d'un cadran solaire ou d'une horloge à eau pour estimer l'heure du jour que ceci est le résultat de l'expertise humaine et non de la chance, il semble donc illusoire de considérer que l'Univers est dépourvu de sens puisqu'il contient tous ces talents, ainsi que les artisans qui en sont pourvus. »

9. Pline l'Ancien, Ier siècle A.D., voir www.perseus.tufts.edu.
10. Cicéron, -45 avant J.C.

C'est précisément ainsi que William Paley raisonna deux mille ans plus tard[11] : un montage habile suppose un inventeur, tout comme un concept implique un concepteur. Paley affirmait qu'une montre complexe attestait l'existence d'un horloger. Par conséquent, ne pouvons-nous pas aboutir à la même conclusion pour quelque chose d'aussi magnifiquement réussie que la Vie ? Après tout : *« Chaque indication d'un processus de fabrication et chaque expression d'un concept qui se manifeste dans une montre existent dans les œuvres de la nature ; avec une différence en ce qui concerne la nature de réaliser tout cela en plus grand et à un niveau bien au-dessus de tout calcul. »* Ce plaidoyer fervent en faveur de la nécessité d'un créateur (puisque la seule autre possibilité totalement inacceptable serait le hasard) convainquit de nombreux philosophes de la nature jusqu'au début du XIX^e^ siècle.

Dans l'argument du créateur, il y avait également de façon implicite un autre dogme : on croyait que les espèces vivantes étaient « immuables ». L'idée d'une existence sans fin avait ses racines dans une longue chaîne de croyances à propos d'autres entités considérées comme durables et immuables. Dans la tradition aristotélicienne, par exemple, on suppose que la sphère des étoiles est totalement inviolable. Cette supposition a volé en éclat à l'époque de Galilée, avec la découverte d'étoiles « nouvelles » (qui sont de fait des supernovas, à savoir des étoiles qui explosent). Les progrès impressionnants de la physique et de la chimie au XVII^e^ et au XVIII^e^ siècle ont permis de remarquer que certaines espèces chimiques étaient plus fondamentales et plus permanentes que d'autres, et qu'un certain nombre d'entre elles étaient en pratique éternelles. On s'est rendu compte, par exemple, que des éléments tels que l'oxygène ou le carbone ont des propriétés constantes, tout au moins à l'échelle de l'humanité – l'oxygène respiré par Jules César est le même que celui inhalé par Isaac Newton. De même, les lois du mouvement et de la gravité formulées par Newton s'appliquent partout, des pommes qui tombent

11. Paley, 1802. William Paley (1743-1805) publia un livre retentissant intitulé *La théologie naturelle*, dans lequel il comparait une roche à une montre. Il est amusant de constater que grâce à la datation radiométrique (voir chapitre 5), les roches peuvent servir à la détermination de l'âge de la Terre – une période bien plus longue que celles jamais mesurées par des chronomètres.

sur le sol aux orbites des planètes autour du Soleil, et apparaissent invariables dans le temps et dans l'espace. Cependant, en l'absence de toute indication pour déterminer quels sont les données quantitatives, les concepts fondamentaux et ceux qui ne le sont pas, la majorité des naturalistes du XVIII^e^ siècle s'en sont tenus à la vision de la Grèce antique, d'espèces vivantes idéales et fixes (et ce, en dépit de courageuses tentatives de la part de philosophes empiriques tels que John Locke, George Berkeley et David Hume).

Telles étaient les opinions courantes à propos de la vie, jusqu'à ce qu'un homme ait l'audace, la vision et la perspicacité de tisser un ensemble important de données disparates en une magnifique tapisserie. Cet homme fut Charles Darwin (la figure 1 le montre à la fin de sa vie) et sa remarquable théorie unificatrice constitue l'œuvre scientifique mais non mathématique la plus brillante. Darwin a littéralement transformé de mythe en science les idées concernant la vie sur Terre.

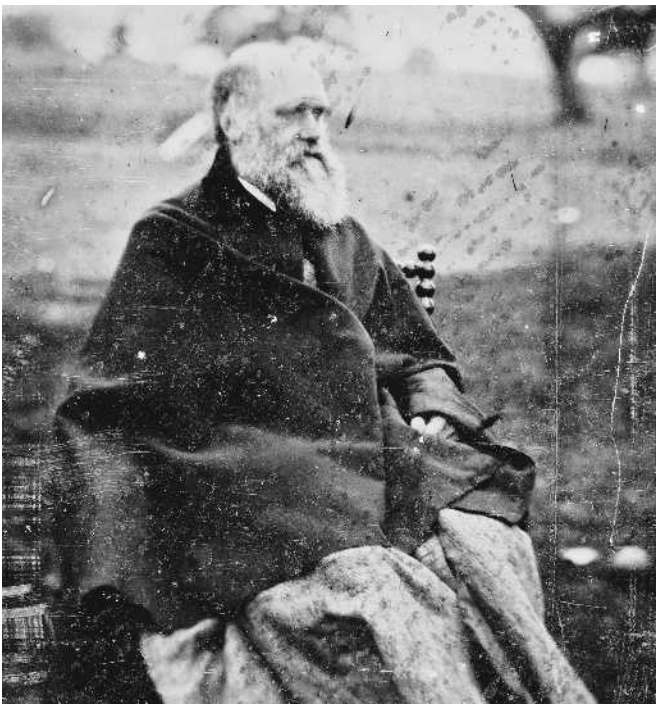


Figure 1 – Charles Darwin à la fin de sa vie.

Révolution

La première édition du livre de Darwin[12] *Sur l'Origine des espèces vivantes* fut publiée le 24 novembre 1859 à Londres. Ce jour-là, la biologie fut entièrement révolutionnée. A propos de ce livre, Darwin disait « mon enfant ». Avant d'en analyser les principaux arguments, il semble important de comprendre ce qui *n'y est pas* abordé. Darwin ne dit pas un mot sur l'origine de la Vie ni sur l'évolution de l'Univers dans son ensemble. De plus, contrairement à ce l'on croît couramment, il n'évoque pas du tout l'évolution des humains, excepté dans un paragraphe prophétique et optimiste vers la fin de son livre, où il écrit : « Dans un lointain futur, j'entrevois[13] de larges champs pour de plus importantes recherches. La psychologie sera refondée à partir de l'acquisition nécessaire de chaque capacité et pouvoir mental, de façon graduelle. Toute la lumière sera faite alors sur l'origine de l'Homme et sur son histoire. » Ce n'est que dans un ouvrage ultérieur, intitulé *La descendance de l'Homme et la sélection en relation avec le sexe*, qui fut publié une douzaine d'années après *L'Origine*, que Darwin se décida à affirmer que ses idées sur l'évolution pourraient s'appliquer également aux hommes. De fait, il fût encore plus spécifique en concluant que les humains devaient être les descendants naturels de créatures simiesques vivant probablement dans les arbres du « Vieux Monde » (l'Afrique) : « Nous avons ainsi appris que l'Homme[14] descendait d'un quadrupède velu et à queue, probablement arboricole, ayant habité dans le Vieux Monde. Si la

12. Il y a bien sûr de nombreuses éditions de ce livre. Les deux que j'ai trouvées particulièrement intéressantes sont *L'Origine annotée*, commentée par James T. Costa (Darwin 2009) et une réimpression en fac-similé avec une introduction par Ernst Mayr (Darwin 1964).

13. Darwin 2009 [1859], p. 488. Darwin lui-même se conforma à sa propre prédiction dans *La descendance de l'Homme* publié en 1871 et dans *L'expression des émotions de l'Homme et des animaux*, publié l'année suivante. Les développements ultérieurs en psychologie évolutive » procèdent de ces efforts originaux.

14. Darwin 1981 [1871]. Une douzaine d'années après la parution de *L'origine*, Darwin se sentit assez confiant pour étendre sa théorie de l'évolution aux Hommes – un sujet qu'il essaya d'éviter dans *L'évolution*. Il est certain que la levée de boucliers contre le darwinisme aurait été bien moindre si la théorie de l'évolution n'avait pas été appliquée à l'Homme. Les idées de Darwin, exprimées dans *La descendance*, ont

structure globale de cette créature était examinée par un naturaliste, on pourrait la classer parmi les "quadrumanes" (des primates à quatre mains comme les singes), et ce, de façon aussi sûre que les parents les plus anciens des singes de l'Ancien et du Nouveau Monde. »

La plus grande partie du concept intellectuel d'évolution est cependant déjà présente dans *L'Origine*. En quelques phrases, Darwin évacue la notion de dessein, rejette l'idée que les espèces sont immuables et éternelles et propose un mécanisme permettant l'adaptation et la diversité des espèces.

La théorie de Darwin repose simplement sur quatre piliers[15] dont la solidité est acquise grâce à un mécanisme remarquable. Ces piliers sont : l'évolution, le gradualisme, l'origine commune et la spéciation. Le mécanisme fondamental qui relie l'ensemble de ces éléments est la sélection naturelle, que nous savons aujourd'hui complétée par quelques autres modes évolutifs, encore inconnus à l'époque de Darwin.

Evoquons succinctement ces différentes composantes de la théorie de Darwin. Nous reproduisons ici les idées développées par Darwin plutôt que des versions modernisées de ces concepts. Cependant, dans certains cas, il est impossible de ne pas tenir compte des faits survenus depuis Darwin. Comme nous le découvrirons dans le prochain chapitre, Darwin commit une erreur très sérieuse, qui faillit annuler sa découverte la plus importante. En effet, il ne comprit pas que la théorie génétique qu'il employait détruisait le concept même de sélection naturelle. Mais l'origine de son erreur

---

inspiré les efforts inlassables de plusieurs membres de la famille de Louis Leakey pour chercher et trouver des fossiles d'hominidés en Afrique.

15. Il existe plusieurs excellents ouvrages sur l'évolution et la sélection naturelle à différents niveaux. J'en citerai quelques-uns que j'ai trouvés particulièrement utiles : Ridley 2004a est un manuel pour étudiants débutants. Ridley 2004b est une merveilleuse anthologie d'articles de haut niveau tels que Hodge et Radick 2009 (sur Darwin), et Ruse et Richards 2009 (sur *L'Origine*. Une approche philosophique provocante peut être trouvée dans Dennet 1995. Une excellente revue de l'histoire de la théorie de l'évolution a été écrite par Depew et Weber 1995. Wilson 1992 constitue une revue complète sur la biodiversité. Dawkins 1086, 2009, Carroll 2009 et Coyne 2009 sont de magnifiques livres de vulgarisation. Pallen 2009 constitue une brève introduction particulièrement accessible. Quelques sites internet très utiles sur l'évolution : www.evolution.berkeley.edu ; www.pbs.org/evolution ; et www.nationalacademies.org.evolution.

n'était pas de son fait : personne au XIX^e^ siècle n'était en mesure de comprendre vraiment la génétique. Le premier élément de la théorie fut celui de l'évolution elle-même. Même si plusieurs des idées employées par Darwin étaient anciennes[16], les naturalistes français et anglais qui l'avaient précédé (parmi lesquels Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Jean-Baptiste Lamarck, Robert Chambers et Erasmus, le grand père de Darwin) n'avaient pas réussi à concevoir un mécanisme évolutif convaincant. Voici comment Darwin lui-même décrivait l'évolution : « L'idée que la plupart des naturalistes favorisent, et que j'ai moi-même adoptée dans le passé – selon laquelle chaque espèce est créée indépendamment l'une de l'autre – est erronée. Je suis pleinement convaincu que les espèces ne sont pas immuables ; mais que celles qui appartiennent au même genre sont des descendantes directes de certaines autres, généralement disparues. » En d'autres termes, les espèces que nous rencontrons aujourd'hui n'existent pas depuis toujours. Elles sont plutôt les descendantes d'autres espèces plus anciennes, ayant disparu. Les biologistes contemporains distinguent la *microévolution*[17] et la *macroévolution.* La microévolution inclut des changements modestes (tels que ceux observés parfois chez les bactéries) qui sont le résultat de processus se déroulant sur des périodes courtes et typiquement ne concernent que des populations locales. La macroévolution fait référence aux résultats de l'évolution atteints sur de longues périodes de temps, typiquement entre différentes espèces, et qui ont pu se produire à l'occasion d'épisodes d'extinctions massives, tels que celui qui a fait disparaitre les dinosaures. Dans les années qui suivirent la publication de *L'Origine*, le concept d'évolution devint le principe directeur de toute la recherche en biologie, à un tel point qu'en 1973, Theodosius Dobzhansky, l'un des biologistes les plus éminents de son époque, publia un article intitulé « Rien ne fait sens en biologie

16. Un ouvrage qui fit date concernant l'origine et l'histoire de la théorie de l'évolution fut écrit par Gould 2002. Une autre revue historique de haut niveau est Bowler 2009.

17. Les résistances aux antibiotiques et aux pesticides qui se développèrent en quelques années sont des exemples de microévolution. L'origine des mammifères à partir des reptiles est un exemple de macroévolution. Un excellent résumé de la macroévolution est Carroll, Grenier et Weatherbee 2001.

sinon la théorie de l'évolution[18] ». A la fin de son texte, Dobzhansky remarqua qu'au cours du XX^e^ siècle, le philosophe et jésuite français, Pierre Teilhard de Chardin « était un créationniste, mais qui comprenait que la Création s'était effectuée dans ce monde au moyen de l'évolution ».

Darwin emprunta l'idée contenue dans le second principe directeur, celle du gradualisme, en grande partie à partir des travaux de deux géologues. Le premier était le géologue du XVIII^e^ siècle, James Hutton, et le second, son contemporain qui devint par la suite l'un de ses meilleurs amis, Charles Lyell. Les sols géologiques sont marqués par l'existence de grandes bandes horizontales couvrant de larges zones géographiques. Ceci, couplé avec la découverte de différents fossiles à l'intérieur de ces bandes, suggéra des changements progressifs. Hutton et Lyell sont les principaux responsables de la formulation *d'uniformité*[19] selon laquelle les vitesses d'érosion et de sédimentation que l'on observe à présent sont les mêmes que celles du passé. (Nous reviendrons sur ce concept au chapitre 4, lorsque nous évoquerons les travaux de Lord Kelvin.) Darwin affirma que de la même façon que les effets géologiques modèlent la Terre graduellement mais sûrement, les modifications dues à l'évolution résultent de transformations qui concernèrent des centaines de milliers de générations. Par conséquent, on ne peut pas observer des altérations significatives sur des durées inférieures à des dizaines de milliers d'années, à l'exception peut-être des organismes qui se reproduisent très rapidement comme les bactéries, qui, comme on peut le remarquer, peuvent développer des résistances aux antibiotiques en des temps très brefs. Contrairement au « principe d'uniformité », cependant, les changements dus à l'évolution ne sont généralement pas uniformes pour une espèce donnée, et peuvent varier d'une espèce à une autre. Comme nous le reverrons plus tard, c'est la pression exercée par la sélection naturelle qui détermine en premier lieu la vitesse à laquelle l'évolution prend place. Quelques « fossiles vivants » tels

18. « Nothing in Biology Makes Sense », Dobzhansky 1973.

19. Charles Lyell (1797-1875) développa dans son livre qui fit école, intitulé *Les Principes de la Géologie* (Lyell 1830-33), le concept selon lequel les changements géologiques sont le résultat d'une accumulation continue de transformations minuscules sur des temps immensément longs.

que la lamproie[20], un poisson agnathe avec une bouche se terminant en ventouse, n'ont pas évolué sur une période de 360 millions d'années. Que l'on me permette à ce propos de remarquer que l'idée d'un changement graduel a été proposée dès le XVII^e^ siècle par le philosophe empirique John Locke, qui écrivit que « les limites entre les espèces ont été décidées par les hommes ».

Le principe nouveau de la théorie de Darwin, à savoir le concept d'un « ancêtre commun », devint[21] dans son acception moderne la principale motivation des recherches sur l'origine de la Vie. Darwin affirma d'abord qu'il n'y a aucun doute que tous les membres d'une classe taxonomique – telle que celle de tous les vertébrés – proviennent d'un ancêtre commun. Mais son imagination le conduisit trop loin dans l'analyse de ce concept. Malgré le fait que sa théorie fut antérieure à la découverte selon laquelle tous les organismes vivants ont en commun la molécule d'ADN, un petit nombre d'acides aminés, ainsi que les molécules qui transportent l'énergie, Darwin fut assez audacieux pour proclamer : « L'analogie pourrait me conduire à faire un pas de plus, à savoir que tous les animaux et toutes les plantes proviendraient du même organisme. » Puis, après avoir remarqué avec justesse que « l'analogie peut être un guide décevant », il conclut néanmoins que tous les êtres vivants, qui sont apparus sur Terre à un moment ou à un autre, doivent descendre d'une forme primordiale, dans laquelle la vie fut insufflée pour la première fois.

Vous devez vous demander comment se fait-il que si la vie provient d'un seul ancêtre commun, il en ait résulté une telle diversité ? Après tout, c'est la première caractéristique que nous avons identifiée et qui requiert une explication. Darwin ne se déroba pas et prit le problème à bras le corps – ce n'est pas un hasard si le titre de son livre contient le mot « espèce ». La solution qu'apporta Darwin au problème de la diversité[22] vient d'une autre idée originale, celle du branchement ou de la spéciation. Le raisonnement de Darwin est le

---

20. Dont le nom savant est *Priscomyzon riniensis* Gess et al. 2006.

21. Ce pilier de l'évolution darwinienne a été confirmé par de nombreuses découvertes spectaculaires. Par exemple, la découverte de fossiles à plumes tels que le *Microraptor gui* et le *Mei Long* suggére que les oiseaux descendent des dinosaures.

22. De bonnes descriptions de la spéciation peuvent être trouvées dans Schilthuizen 2001 et Coyne et Orr 2004.

suivant : la vie prend naissance à partir d'un ancêtre commun, de la même façon qu'un arbre a généralement un seul tronc. De même que des branches partent du tronc et se divisent elles-même en brindilles, « l'arbre de la Vie[23] » évolue à partir de nombreux événements, de branchements et de ramifications, donnant naissance à des espèces nouvelles à chaque nœud. Beaucoup de ces espèces s'éteignent, comme les branches mortes ou cassées de l'arbre. Cependant, comme à chaque division, le nombre d'espèces descendantes double par rapport à celui de leurs parents, le nombre d'espèces différentes pouvant augmenter énormément. Quand donc se produit la spéciation ? Selon les idées actuelles, la plupart du temps, lorsqu'un groupe appartenant à une espèce donnée se sépare géographiquement du reste de ladite espèce. Par exemple, un groupe peut errer sur le côté pluvieux d'une chaîne de montagnes, alors que le reste de l'espèce demeure sur le côté sec. Au cours du temps, ces environnements plutôt différents génèrent des chemins évolutifs différents qui conduisent à l'émergence de deux populations qui ne pourront plus se croiser – autrement dit deux espèces différentes. Dans des cas plus rares, la spéciation peut donner naissance à des espèces nouvelles provenant du croisement de deux espèces. C'est le cas du moineau cisalpin[24], dont on démontra en 2011 qu'il est génétiquement intermédiaire entre le moineau espagnol et le moineau domestique. Les moineaux cisalpins et espagnols se comportent comme deux espèces différentes, mais les moineaux cisalpins et domestiques peuvent former des hybrides.

Curieusement, en 1945, Vladimir Nabokov, le célèbre auteur de « Lolita » et de « Feu pâle », proposa une hypothèse à l'emporte-pièce concernant l'évolution d'un groupe de papillons connus sous le nom de « Polyommatus blues[25] ». Nabokov, qui s'est intéressé toute sa vie aux papillons, imagina que les papillons étaient venus en Occident à partir de l'Asie en une série de vagues s'étalant sur des millions d'années. De façon surprenante, une équipe de chercheurs utilisant les techniques du séquençage génétique confirmèrent

23. Une intéressante discussion de « l'Arbre de la Vie » peut être trouvée dans Dennett 1995.

24. Elgvin *et al*. 2011.

25. L'étude qui confirme les spéculations de Nabokov est Vila *et al.* 2011.