

# Les obstacles épistémologiques dans l'évolution de la pensée transformiste

Jacques MIGNON et Charles GASPAR\*

PROBIO-REVUE, 2004, n° 3

## Sommaire

1. Introduction
2. Les obstacles épistémologiques dans l'histoire des sciences biologiques
  - 2.1 Legs de l'Antiquité
  - 2.2 Un obstacle technique aux études de physiologie
  - 2.3 Des explications spéculatives !
  - 2.4 Le problème de la génération
  - 2.5 L'éclosion de l'hypothèse transformiste
  - 2.6 Petite histoire de la science des fossiles
  - 2.7 L'hérédité des caractères acquis
  - 2.8 L'éternelle querelle des gradualistes et des saltationnistes
3. Histoire des idées transformistes
  - 3.1 L'Antiquité
    - 3.1.a Une idée mécaniste qui fait naître toutes choses au hasard
    - 3.1.b Un regard finaliste
  - 3.2 De Lucrèce à Linné
  - 3.3 Les philosophes
  - 3.4 Buffon
  - 3.5 De Buffon à Lamarck
  - 3.6 Lamarck
  - 3.7 Darwin
  - 3.8 Théorie synthétique de l'évolution
  - 3.9 Controverses actuelles
4. Conclusions
5. Bibliographie

## 1. Introduction

Un des objectifs de l'enseignement des sciences consiste à faire évoluer la pensée commune de l'étudiant vers un mode de connaissance scientifique en lui fournissant les éléments nécessaires à l'édification de concepts rapidement opératoires et propres à la discipline enseignée. Le concept s'exprime ainsi comme l'unité de base de la connaissance scientifique, alors que la notion constitue l'outil exprimant généralement la pensée commune. C'est dans la phase de transformation des notions en concepts que s'inscrit l'action de l'enseignant.

Pour saisir toute la puissance et la portée des concepts scientifiques, il est impératif de coupler une réflexion épistémologique à l'approche didactique de ces concepts. En outre, tout concept scientifique est indissociable de son histoire (Rumelhard, 1986). L'approche didactique doit donc se faire, d'une part par le biais d'une démarche

\* Zoologie générale et appliquée, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, B-5030, Gembloux.

épistémologique, d'autre part par une analyse historique visant non seulement à comprendre la complexité des phénomènes, mais aussi à rechercher des paramètres jouant un rôle dans la genèse des connaissances ainsi qu'à identifier des conditions favorisant l'appropriation du concept. En outre, l'entraînement précoce à la démarche scientifique permettrait sans doute de préparer l'apprenant à un apprentissage qui rime souvent avec les déstabilisantes et culpabilisantes erreurs et ruptures épistémologiques (Favre, 1995).

Discipline clé de la philosophie, de la didactique et des cours de sciences, l'épistémologie reste pourtant peu connue et ses objectifs ignorés. Etymologiquement, *épistémologie* signifie "discours (logos) sur la science (epistémê)". Cette discipline vise en réalité à étudier la manière dont les savoirs sont construits et se construisent; que ce soit la construction des connaissances que nous bâtissons ou la construction des savoirs que nous apprenons. L'épistémologie de la biologie étudiera donc d'une part, la manière dont les biologistes bâtissent leurs connaissances (épistémologie historique) et d'autre part, la manière dont les étudiants apprennent les savoirs propres à la biologie (épistémologie génétique).

C'est à l'approche historique que nous consacrerons les prochaines pages. Mais avant de tenter d'établir une chronologie s'étalant des précurseurs de la pensée transformiste à la mise en place d'une véritable théorie de l'évolution, en passant par la conceptualisation du transformisme et de l'évolution, il nous semble important d'envisager la sémantique du terme évolution.

La métaphore d' "évolution" ne s'est pas maintenue avec son sens du siècle passé, désignant le processus qui mène du zygote à l'adulte. Nous parlons aujourd'hui de "développement". Cette métaphore s'est par contre durcie dans une autre situation en un concept remplaçant la métaphore initiale de "transformation" et désignant le changement dans la structure et le comportement des organismes, au fil des générations. Le changement de sens du mot "évolution" date en réalité du temps de Darwin. Dans "On the origin of species" (1859), il n'utilise à aucun moment le terme évolution (tel qu'aujourd'hui utilisé), mais il parle de la transformation des espèces. Quant au terme "évolué", il ne le mentionne qu'à une seule reprise, à la dernière phrase de son ouvrage. Darwin l'utilisera encore dans "The expression of emotion" (1872) mais il faudra du temps pour que le nouveau sens du mot se répande.

Comme Isabelle Stenger le précise, le concept d'évolution est un concept nomade. En effet, dans chaque discipline où elle se loge, la notion d'évolution change un peu de sens et elle y est conceptualisée dans le contexte théorique et paradigmatique de cette discipline : en médecine, l'évolution désigne la succession des phases d'une maladie ; les évolutions d'un acrobate désignent un ensemble de mouvements coordonnés ; de même, un joueur de football qui évolue en première division nationale n'est pas soumis aux "lois" de la théorie de l'évolution.

L'apprenant d'un savoir scientifique doit construire un type de raisonnement qui se rapproche de la pensée des scientifiques. Dans ce cadre, la persistance d'obstacles épistémologiques constituera une entrave à la compréhension et à la démarche d'apprentissage. Dès lors, il n'est pas étonnant que certaines études de didactique consacrées aux représentations des élèves aient mis en évidence les fortes ressemblances existant entre ces représentations et les anciennes idées scientifiques (Preece, 1984). Il nous paraît donc justifié de nous interroger sur le parallélisme possible

pouvant exister entre la construction de la connaissance chez l'individu et les difficultés rencontrées historiquement dans l'élaboration des connaissances scientifiques.

L'approche historique de la production des idées, de la genèse des connaissances, est toujours éclairante et peut nous renseigner sur l'appréhension des savants et sur les conditions de l'élaboration d'un savoir scientifique organisé en théories et mettant en oeuvre différents concepts. A ce titre, elle peut constituer un outil intéressant pour les recherches en didactique (Benseghir et Closset, 1996). Il convient néanmoins d'être prudent quant à une éventuelle interprétation des similitudes observables entre la phylogenèse et l'ontogenèse - entre l'évolution des représentations au cours de l'histoire des sciences et l'évolution des représentations des apprenants. En effet, le cadre épistémologique, le contexte culturel ainsi que les enjeux économiques et sociaux ne sont pas les mêmes pour un homme de science du passé et pour un apprenant d'aujourd'hui (Vergnaud, Halbwachs et Rouchier, 1978).

## **2. Les obstacles épistémologiques dans l'histoire des sciences biologiques**

Le terme d' "histoire des sciences" désigne la manière dont les scientifiques ou certains de leurs historiens se représentent le passé du développement des sciences. Sur base du lexique épistémologique de Fourez *et al.* (1997), nous reprendrons les trois points de vue différents qui peuvent être distingués dans la manière de reconstruire ce passé :

### *❖ Le point de vue internaliste :*

Il se résume essentiellement à l'histoire des grands scientifiques et de leurs théories. Elle présente surtout une rétrospective de la manière dont les conceptions scientifiques ont évolué ou se sont succédées, faisant globalement l'impasse sur les conditionnements ou les éléments sociétaux contemporains de l'invention scientifique.

### *❖ Le point de vue externaliste :*

Cette approche envisage la science comme un produit d'une société, prenant en compte l'influence des conditions économiques, politiques, sociales et culturelles sur les développements scientifiques. Cette vision de l'histoire considère parfois les conditions sociétales favorisant ou empêchant les développements scientifiques.

### *❖ Le point de vue contextualiste :*

Il s'attache à tout l'historique des représentations scientifiques et essaiera de voir comment les conditions sociétales ont contribué à leur évolution (importance des controverses), leur stabilisation et leur standardisation.

Notre approche, consacrée aux obstacles épistémologiques dans l'histoire des sciences biologiques, vise à contextualiser l'évolution des idées transformistes développées par la suite. Nous évoquerons essentiellement les conditions sociétales des XVI<sup>ème</sup>, XVII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles : période au cours de laquelle l'idée d'évolution s'est développée et s'est finalement concrétisée en théories explicatives. Pour ce faire, nous avons principalement eu recours aux ouvrages de de Lanessan (1914), Petit et Théodorides (1962), de Wit (1994) et surtout de Guyénot (1941).

## **2.1. Legs de l'Antiquité**

Le legs de l'Antiquité au Moyen Âge n'est pas méprisable: la classification des animaux d'Aristote s'imposa même jusqu'en 1800. L'œuvre d'Aristote a donné énormément aux siècles futurs mais les a également lourdement handicapés, pénalisant la marche de la science jusqu'au milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle. De même, les conceptions physiologistes et anatomistes de Galien (v130-v200), bourrées d'idées absurdes (les idées étaient plus fortes que les faits) et de renseignements inexacts, demeurèrent longtemps le fondement indiscuté de la science anatomique. C'est au nom de la tradition galénique que certains s'efforcèrent de ruiner la magnifique découverte du mouvement circulatoire par Harvey (de 1615 à 1628). D'autre part, vu la reconnaissance par l'Eglise des écrits de Galien, s'opposer à Galien revenait à s'opposer à l'Eglise !

La mise au point de méthodes de classification des végétaux puis des animaux constitue certainement l'étape initiale du développement des sciences au XVII<sup>ème</sup> siècle. Etape initiale et primordiale, la systématique nécessita d'intéressantes observations morphologiques de détail en vue d'établir une classification basée sur la notion de parenté naturelle. Cette notion de parenté naturelle est cependant restée complètement étrangère à l'idée de communauté d'origine, et ce jusqu'après les travaux de Linné, à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Il faudra l'effort des morphologistes pour que des questions d'affinité, de parenté et d'évolution puissent se poser.

## **2.2. Un obstacle technique aux études de physiologie**

D'autres obstacles seront également à surmonter. Le premier, d'ordre technique, réside dans l'impossibilité d'observer en détail les structures végétales et animales. Le développement de l'anatomie végétale et l'étude des structures animales seront étroitement liés à l'histoire du microscope. Inventés au début du XVII<sup>ème</sup> siècle et développés essentiellement en Italie, les premiers microscopes étaient simplement constitués d'un tube de plomb et d'une lentille possédant un fort pouvoir grossissant. Fin du XVI<sup>ème</sup> siècle, on commença à examiner les objets par transparence. Les microscopes composés de deux lentilles étaient fort peu utilisés. Les travaux de Hooke (1635-1703), Grew (1641-1712), Malpighi (1628-1694), Leeuwenhoek (1632-1723) et Swammerdam (1637-1680) illustrent l'essor de la micrographie en Europe, mais l'absence de perfectionnement des appareils limitera les découvertes durant tout le XVII<sup>ème</sup> siècle. Les techniques de préparations resteront également très rudimentaires, ignorant les procédés de coloration et d'éclaircissement. Les objectifs achromatiques datent de 1830 et les premiers microscopes modernes furent construits à partir de 1880. Ce lent perfectionnement de l'appareil optique et des méthodes d'examen retarda l'évolution des connaissances sur la structure intime des animaux et conduisit parfois à l'élaboration de spéculations fantaisistes.

Les expériences de physiologie végétale sur la nutrition, la circulation, les échanges gazeux et la respiration s'ébauchent au XVII<sup>ème</sup> siècle mais ne deviendront scientifiquement explicables qu'au XVIII<sup>ème</sup>, à la suite des découvertes de la chimie. La dissection et la vivisection permirent à l'anatomie animale et humaine de se développer. L'anatomie comparée - terme utilisé par Grew en 1675 - ne prit de l'ampleur qu'au XVIII<sup>ème</sup> siècle, préparant ainsi le transformisme qui lui donna tout son essor.

### 2.3. Des explications spéculatives !

Les obstacles auxquels étaient confrontés les physiologistes les égarèrent dans des explications spéculatives, les faisant longtemps osciller entre deux solutions extrêmes dans l'explication du fonctionnement du corps. L'une ramenait les phénomènes de la vie à une chimie (naissante) ou à un ensemble de grossiers phénomènes physiques et mécaniques (iatrochimie et iatomécanique). L'autre, infalsifiable, différenciant l'être vivant du monde inorganique, faisait appel à des principes insaisissables et indémonstrables (animisme et vitalisme). Ces diverses conceptions *a priori*, inadéquates à la recherche scientifique, ne firent pas progresser la physiologie et paralysèrent le développement de l'anatomie et de la pathologie. Développons quelque peu ces différentes spéculations afin d'évaluer l'importance des obstacles épistémologiques qu'elles représentent.

#### ❖ *La chimie ou l'iatrochimie :*

Cette tentative d'explication fait intervenir les quelques connaissances d'alchimie et de chimie des savants du XVI<sup>e</sup> siècle, le tout agrémenté de philosophie, de magie et d'astrologie. Ce système est désigné sous les noms de chimie-médecin ou iatrochimie, signifiant étymologiquement la chimie-médecin. Après Paracelse (1493-1541) puis le belge Van Helmont (1577-1644), c'est Sylvius (1614-1678) qui fonda réellement l'iatrochimie, faisant intervenir le feu et la fermentation (putréfaction - effervescence) dans la destruction des aliments, l'effervescence et la distillation du sang dans la production d'esprits vitaux. Ce courant de pensée ramène la vie à un ensemble de fermentations, de fusions, de sublimations, de précipitations, de distillations et de réactions entre acides et alcalis. Les iatro-chimistes voient les aliments se transformer en chyme, le chyme se transformer en sang et le sang se transformer en chair (de Lanessan, 1914).

#### ❖ *L'iatomécanique :*

Cette théorie trouve son origine dans les conceptions biologiques du philosophe Descartes (1596-1650). Il croyait possible d'expliquer la vie par ce que l'on savait alors des mathématiques, de la mécanique et de la physique. Il compare les glandes à des tamis (théorie qui régnera jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle) ; il explique la digestion par des phénomènes mécaniques et calorifiques - la circulation sanguine par la dilatation du sang chauffé par le feu qui est dans le coeur de la machine animale (l'idée du feu est empruntée à Galien). Bien que pour nous surprenante, la machine cartésienne a suscité l'enthousiasme et constitue le point de départ de l'iatomécanique développée en Italie par Borelli (1608-1679) et Baglivi (1668-1706), développée ensuite par Boerhaave (1668-1738). Appliquant les principes mathématiques, statistiques, hydrauliques et la pesanteur à la structure du corps vivant, cette école compare les mâchoires à une tenaille, le système entier des vaisseaux à des tubes hydrauliques, le coeur à un ressort, les viscères à des filtres, le poumon à un soufflet et les muscles à des cordes. Les théories des iatomécaniciens, mélangées d'un peu de chimie, représentèrent l'essentiel de la physiologie jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, aucun progrès n'ayant été réalisé dans la connaissance du mécanisme de la sécrétion.

#### ❖ *Animisme :*

Réaction de Stahl (1660-1734) à l'absence d'un principe expliquant la coordination des

parties et le fonctionnement des organes dans la doctrine physique du corps, l'animisme cherchait à préciser ce qu'est la vie. Stahl reprend une conception ancienne, distinguant deux parties dans l'être humain, le *mixte* (particules constitutives du corps) et le *vivant* (l'âme qui est le principe même de la vie). Enseigné à la célèbre école de Montpellier, l'animisme n'avait en réalité aucune valeur comme explication scientifique.

#### ❖ *Vitalisme :*

Le montpelliérain Barthez (1734-1806) rejette l'animisme car rien ne prouve que l'âme est à l'origine de tous les phénomènes de la vie. Il développe le vitalisme en envisageant un nouveau principe, différent à la fois de l'âme et du corps: le *principe vital*. Ce dernier serait la cause de tous les processus de la vie. Il agirait en déterminant et en modifiant l'action des parties de la matière.

### **2.4. Le problème de la génération**

Les investigations expérimentales de Harvey, Lavoisier, Réaumur, Spallanzani et Haller sur les différents systèmes de l'organisme vont mettre fin à quatre siècles de balbutiements et permettre ainsi à la physiologie de trouver la voie qui conduira à une explication véritable des phénomènes vitaux. Un obstacle restait de taille : celui de la génération. De longs efforts (Redi : 1621-1697, Leeuwenhoek : 1632-1723, Vallisneri : 1661-1730 puis Spallanzani : 1729-1799) ont été nécessaires pour éliminer l'antique idée de la *génération spontanée*. Fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, certains expliquaient encore les vers intestinaux par la génération spontanée. Par manque de maîtrise des conditions expérimentales, de nombreuses expériences, en apparence précises, ont conduit à des conclusions erronées et ont retardé la marche de la science. Une fois reconnus les deux éléments reproducteurs, les querelles reprirent entre partisans de l'apport par le mâle de l'élément reproducteur fondamental - la femelle ne fournissant qu'une sorte de matrice nutritive (animalculistes) et les partisans de l'apport par la femelle du principe essentiel de la génération - le rôle du mâle étant réduit à une simple stimulation (ovistes). Toutes deux exclusives, ces théories n'apportaient aucune réponse satisfaisante au problème de la fécondation, et encore moins au phénomène de l'hérédité. Les nombreuses querelles laissèrent la place aux ovo-vermistes, pour qui les deux parents interviennent dans la reproduction par une semence particulière. Ce n'est qu'au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle que furent acquises les notions relatives aux modalités de la reproduction: la première observation de la pénétration d'un spermatozoïde dans un ovule datant de 1875 !

Nous ne développerons pas cet important chapitre de l'histoire des sciences biologiques. Il nous faut cependant aborder sommairement deux théories à l'origine d'obstacles épistémologiques dans le propos évolutif qui nous concerne. Nous avons évoqué les querelles entre animalculistes et ovistes. Ces deux courants se référaient à la théorie de la préformation. Celle-ci consistait à admettre que le foetus est déjà contenu, avant la fécondation, soit dans le spermatozoïde, soit dans l'ovule. Cette théorie avait l'avantage de résoudre le problème de l'embryogénie. Il n'y avait jamais de véritable engendrement, d'ontogénie. La génération se ramenait en somme au déplissement, à l'éveil et à la naissance d'un foetus déjà entièrement constitué. C'est dans ce sens que l'on employait alors les termes évolution et développement. La théorie de l'évolution imaginait le déploiement et le déroulement d'un embryon préformé mais replié sur lui-même, plissé, ratatiné. Cette théorie impliquait la nécessité d'un emboîtement des germes (dans l'oeuf pour les ovistes et dans le spermatozoïde pour

les animalculistes). Il faudra attendre la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle et les travaux de Wolff sur les embryons de poulets pour apporter la preuve décisive que les organes ne sont pas préformés mais sont réalisés progressivement au cours de l'embryogénie. Opposé à la construction progressive de l'embryon, partie préformée par partie préformée, il constate des phénomènes de plissement, d'invagination, de soudure, d'états très simples se compliquant progressivement, de véritables formations d'organes (épigenèse). Ses travaux n'eurent que peu d'écho et oublié jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle.

## **2.5. L'éclosion de l'hypothèse transformiste**

Avec le XIX<sup>ème</sup> siècle naît la théorie qui révolutionnera la biologie. Lamarck donne son premier exposé relatif à l'hypothèse transformiste dans son *Discours d'ouverture* du 11 mai 1800, il est alors âgé de 55 ans. C'est pourtant dans l'atmosphère du XVIII<sup>ème</sup> siècle qu'il a conçu, médité et mis au point sa théorie. C'est grâce aux travaux de ses prédécesseurs, d'efforts dispersés et de tentatives fragmentaires qu'ont pu être exprimées ses idées transformistes. Guyénot (1941) distingue trois conditions essentielles qui ont contribué à briser le moule trop étroit dans lequel le Créationnisme (inspiré de la Genèse) a maintenu enfermé durant des siècles la pensée des naturalistes. Nous les développons ci-après.

### ***L'étude des fossiles et des couches de l'écorce terrestre***

Ces données paléontologiques fournissent la plus belle preuve d'une évolution de la vie.

Elles ont permis de constater que :

- l'âge du monde et l'âge de la vie sont bien plus importants que ce que présente la Bible,
- la terre a changé de configuration au cours des siècles,
- la mer avait couvert les régions qui forment aujourd'hui les continents,
- les flores tropicales s'étaient développées là où règne actuellement un climat tempéré,
- jadis ont vécu des animaux et des plantes qui n'existent plus,
- nombre de fossiles correspondent à des espèces disparues,
- les formes contemporaines sont apparues relativement récemment.

Progressivement, lentement, l'idée fondamentale d'une transformation des faunes et des flores au cours du temps a pu se développer.

### ***L'étude approfondie des espèces et de leurs variétés, celle de la distribution géographique des organismes, les expériences de croisement, les cultures dans diverses conditions, l'observation de quelques mutations***

Ces nombreuses études ont peu à peu ruiné le dogme de la fixité des espèces lié à la doctrine créationniste et imposé par nécessité par Linné. Adanson, attachant une grande importance aux variétés, lui substitua la conception d'une variabilité des formes organisées et fonda la classification naturelle qui ouvrit les voies à l'idée de parenté et de descendance. Il distinguait déjà les variabilités individuelles (somations) et les variations héréditaires (mutations) mais cette distinction n'était pas très nette et la confusion sera à la base des erreurs de Lamarck et de Darwin.

***Le renouveau des conceptions philosophiques vis-à-vis des croyances traditionnelles : l'œuvre des philosophes de l'Encyclopédie***

Buffon, vers 1750, a dû voiler sa pensée et se rétracter pour échapper aux foudres de l'Eglise lorsqu'il retraça une histoire de la terre non conforme au récit de la Genèse et s'attaqua à la croyance de la fixité des espèces. L'émancipation progressive des Voltaire, Diderot, d'Alembert et Helvetius permirent à Lamarck d'utiliser les documents à sa disposition pour formuler librement, à l'aube du XIX<sup>ème</sup> siècle, les conceptions les plus audacieuses sur l'origine de la vie, celle de l'homme et l'évolution des êtres vivants. On pouvait alors admettre, soit une création initiale d'êtres très simples, prototypiques, soit une naissance spontanée de la vie par le jeu des forces naturelles. Les termes "Créateur" et "Etre suprême" firent progressivement place au terme vague de "Nature".

Outre les trois conditions développées ci-dessus, il a fallu une maturité des esprits pour les rendre moins crédules, moins satisfaits d'explications verbales, avides de démonstrations, de certitudes. Il a fallu que naissent progressivement l'esprit et la rigueur scientifiques. Il a fallu les travaux, les essais, les contributions disparates et de valeurs inégales des E. Darwin, Ch. Bonnet, J.B. Robinet, B. de Maillet, M. de Maupertuis, Buffon, Lacépède et J.B. Lamarck, ... pour que se développe une véritable théorie explicative de l'évolution.

## **2.6. Petite histoire de la science des fossiles**

Revenons un instant sur l'importance de la Paléontologie. Nous avons vu qu'elle constitue la plus belle preuve de l'évolution de la vie. Il nous semble donc important d'en étudier les prémices afin de mettre en évidence les différents obstacles à sa construction, et par là même, à la naissance de l'idée de transformation des êtres vivants.

Il est surprenant d'apprendre que les prêtres égyptiens ainsi qu'Hérodote, Strabon, Plutarque et Ovide attribuaient aux coquilles fossiles une origine marine, persuadés que les lieux de découvertes étaient jadis occupés par la mer, croyant aux métamorphoses du sol. Mais les anciens n'avaient pas toujours une vision très nette de l'origine des fossiles. Xénophane concluait que la terre avait été jadis capable d'engendrer les êtres vivants dont on retrouve les traces. Aristote ne se prononça pas nettement sur la signification des fossiles. Pline (23-79) considérait les fossiles comme des pierres produites par la foudre ou des jeux de la nature s'amusant à donner à de simple cailloux des ressemblances avec des coquilles, des feuilles ou des poissons. Cette dernière opinion, peut-être parce qu'elle était naïve, eut un succès prolongé jusqu'à la fin du Moyen-Age. Fin du XV<sup>ème</sup> siècle, Léonard de Vinci (1452-1519) émit des doutes sur la naissance des pierres figurées sous l'influence des étoiles. Frascator, en 1517, affirma que les fossiles représentaient des restes d'animaux ayant réellement vécu. C'est un céramiste, Bernard Palissy (v1510-v1590), qui en 1575, osa dire dans Paris que les coquilles fossiles étaient de véritables coquilles déposées autrefois par la mer, se rendant parfaitement compte que les couches fossilifères étaient le résultat d'une sédimentation au fond des eaux. Palissy eut à réfuter une conception vivement soutenue par les théologiens et expliquant les coquilles pétrifiées comme des restes du déluge, lorsque les eaux surmontèrent les plus hautes montagnes puis se retirèrent. Cette théorie de l'origine diluvienne des fossiles fut cependant adoptée par le plupart des savants du XVII<sup>ème</sup> et du XVIII<sup>ème</sup> siècles, pesant non seulement sur l'interprétation des fossiles mais aussi sur les tentatives faites par différents géologues pour reconstituer l'histoire de la terre.

Au XVIII<sup>ème</sup> siècle se développa le goût des collections de fossiles. Personne ne mettait

plus en doute que les fossiles soient des débris d'êtres vivants, on croyait de moins en moins à l'origine diluvienne mais personne n'osait imaginer quels profonds remaniements avait dû subir la terre. Cependant, vers le milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle, deux oeuvres allaient fixer définitivement les idées : le *Telliamed* de de Maillet et *l'Histoire de la Terre* (puis les *Epoques de la Nature*, 1778) de Buffon. L'influence de l'ouvrage de Buffon fut énorme. Il ruinait définitivement l'hypothèse diluvienne mais valut à l'auteur l'obligation de se rétracter, suite à la condamnation par la Faculté de Théologie de la Sorbonne, déclarant qu'il croyait très fermement tout ce que l'Écriture rapporte de la Création. Néanmoins, il avait montré que la terre était passée par une série d'âges, de périodes, au cours desquels les causes naturelles (développées plus tard par Lyell - ayant directement inspiré les réflexions de Charles Darwin lors de sa première expédition aux Galápagos) avaient modifié la configuration du sol. Il avait exprimé des idées très claires sur la sédimentation et la superposition des couches selon leur ordre d'ancienneté. Il avait vu dans les fossiles des animaux disparus, et affirmait que les espèces se transforment au cours du temps: "Combien d'autres espèces s'étant dénaturées, c'est-à-dire perfectionnées ou dégradées par les grandes vicissitudes de la terre et des eaux, par l'abandon ou la culture de la nature, par la longue influence d'un climat devenu contraire ou favorable, ne sont plus les mêmes qu'elles étaient autrefois ... ". La connaissance des fossiles, une fois établie, commençait à suggérer l'idée d'une Evolution des êtres vivants.

### **2.7. L'hérédité des caractères acquis**

Lors de la publication de Darwin sur l'Origine des Espèces, une certaine idée de l'évolution était largement acceptée. Néanmoins, la théorie de la sélection naturelle fut, pour divers motifs, vigoureusement rejetée (Ridley, 1997). L'intervention de la sélection naturelle ne donnait aucune explication satisfaisante de l'hérédité. En réalité, les différentes théories de l'hérédité ayant cours au temps de Darwin, se sont toutes avérées fausses.

Dans sa théorie de la pangenèse, Darwin acceptait l'hérédité des caractères acquis. A l'époque, le débat porta sur l'importance relative de la sélection naturelle et de l'hérédité des caractères acquis. Il fallut attendre la mise en évidence par Auguste Weismann (1834-1914) de la non transmission héréditaire des caractères acquis pour que se pose la question de savoir si une part quelconque de l'évolution pouvait être attribuée à l'hérédité lamarckienne.

En 1883, dans son avant-propos du discours "De l'hérédité" (réédition de 1990), Weismann explique qu'à son sens, la substance à laquelle l'hérédité doit être liée ne peut être que la substance des cellules germinatives. Il poursuit en expliquant: "si mes opinions se trouvent être justes, l'idée que nous nous faisons au sujet des transformations des espèces aura également à subir un remaniement complet, car tout le système de la transformation par l'usage et la désuétude, édifié et fréquemment utilisé par Lamarck et Darwin, devra être abandonné".

Malgré les preuves de non hérédité des caractères acquis, il fallut plus d'un demi siècle pour qu'une théorie de l'évolution réellement nouvelle voie le jour et mette fin aux nombreuses controverses.

Au début du vingtième siècle, la majorité des scientifiques considéraient que la sélection naturelle n'était qu'un processus évolutif parmi d'autres. A la même époque, la

"redécouverte" de la théorie de Mendel (1822-1884) ouvrit la porte aux travaux de Hugo De Vries (1848-1935) et William Bateson (école des mutationnistes). Ces premiers mendéliens étaient radicalement opposés à la théorie darwinienne, considérant que l'évolution procédait par macromutations - par grosses variations héréditaires entre parents et descendants.

Finalement, c'est l'acceptation, dans les années vingt, de la théorie de Mendel qui permit le développement de la génétique moderne et la renaissance de la théorie darwinienne dans la théorie synthétique de l'évolution, lui offrant le fondement solide qui lui avait manqué pendant un demi siècle: une théorie éprouvée de la transmission héréditaire.

## **2.8. L'éternelle querelle des gradualistes et des saltationnistes**

Dans la théorie darwinienne, les organes évoluent graduellement et chacune des étapes successives ne sera favorisée par la sélection naturelle que si elle présente un avantage adaptatif. A priori, la sélection naturelle ne peut donc expliquer le développement d'organes tels que les ailes, les yeux, etc. Différents processus autres que la sélection naturelle vont donc être imaginés afin d'expliquer les premières étapes de l'évolution d'organes nouveaux. Ces processus hypothétiques faisaient appel à des mutations dirigées ou des variations directionnelles. L'hérédité lamarckienne, intégrant l'hérédité des caractères acquis, était la plus populaire de ces théories.

La théorie synthétique de l'évolution a incontestablement triomphé jusqu'au début des années 1960. Deux points de vue largement opposés apparurent alors au sein de ses partisans, l'un prônant l'exclusivité de la sélection naturelle comme agent de l'évolution, l'autre considérant que le hasard tient une place au moins aussi importante que la sélection naturelle dans l'évolution. La première tendance, considérant que toutes les caractéristiques d'un organisme ont un sens adaptatif, allait aboutir à un "darwinisme du gène", parfois qualifié d' "ultra-darwinisme". Ce courant allait en particulier susciter la naissance d'une discipline très controversée : la sociobiologie (Edward O. Wilson, 1975 – *Sociobiology*). La seconde tendance, prônant l'importance du hasard, a été développée et défendue par le généticien japonais Motoo Kimura et a abouti à une théorie non darwinienne de l'évolution : la théorie neutraliste (1968). Cette théorie propose une solution à la fois (1) au dilemme de Haldane (1957), selon lequel la transformation génétique d'une population ne pouvait porter simultanément sur plus d'une douzaine de gènes, ainsi (2) qu'à l'énigme de l'énorme quantité de polymorphisme présente dans les populations naturelles, mise en évidence par Th. Dobzhansky. La théorie de Kimura repose sur le fait qu'une grande majorité des allèles sont "neutres" au regard de la sélection naturelle. Dans une population, si on retrouve différents allèles d'un même locus, il est probable qu'aucun d'entre eux ne soit meilleur que les autres, qu'ils soient équivalents. Au sein de cette population, le remplacement d'un allèle par un autre serait donc dû au hasard et non à la sélection naturelle. Cette théorie n'est néanmoins pas anti-darwinienne, car elle admet le rôle important joué par la sélection naturelle.

Lors de l'essor de la théorie neutraliste, un autre défi à la théorie synthétique fit son apparition, ou plus exactement sa réapparition. Différentes études tentaient à montrer que la naissance d'une nouvelle espèce pouvait s'effectuer tout d'un coup, comme par un saut, à partir d'une espèce-souche. Ces observations ressuscitaient la "théorie saltationniste" ou "théorie des mutations systémiques" émise dans les années 1930-

1940 par le généticien allemand (immigré aux Etats-Unis) Richard Goldschmidt. Elle n'avait pas convaincu les évolutionnistes de l'époque et avait sombré dans l'oubli après avoir été tournée en ridicule suite à sa dénomination de "modèle de la naissance d'un monstre prometteur". En 1968, l'australien White rapporta ses observations sur la naissance de cinq espèces de sauterelles australiennes à partir d'une même espèce. Ces espèces variaient par des détails morphologiques, mais surtout par l'aspect de leurs chromosomes. Les nouvelles espèces semblaient donc s'être formées par suite de modifications chromosomiques fonctionnant comme barrières d'isolement et réalisant d'un coup la spéciation. Dans ce type de spéciation, ce n'est donc pas la sélection naturelle qui préside à la formation d'une nouvelle espèce, mais bien le seul hasard des mutations chromosomiques (par exemple: fraction ou fusion de chromosomes). White publia en 1978 un recueil d'observations de "spéciations chromosomiques" dans un livre très remarqué "Modes of speciation". Il y décrit entre autre l'importance du rôle qu'a du jouer ce type de spéciation au cours de l'évolution. Dans les années 1970, d'autres modèles de spéciation apparurent, faisant également appel à différents phénomènes génétiques spéciaux ayant en commun de se déclencher et de se dérouler largement au hasard, indépendamment de toute référence à l'adaptation à l'environnement. Ernst Mayr, grand initiateur de la théorie néo-darwinienne, se rallia dès les années 1950 à l'idée de spéciations par phénomènes génétiques exceptionnels (théorie des "révolutions génétiques" modifiant d'un coup la valeur sélective des différents allèles à tous les loci).

Début des années 1970, l'étude des spéciations par phénomènes génétiques exceptionnels n'était pas la seule à faire resurgir le "spectre de Goldschmidt". En effet, Les paléontologistes américains Stephen Jay Gould et Niles Eldredge ont présenté, en 1972, un modèle d'évolution qui permettait et permet encore d'expliquer les sauts évolutifs observés au niveau des fossiles prélevés dans des couches géologiques successives. Basée sur l'étude de lignées évolutives de Trilobites, le remplacement brusque d'une espèce par une autre s'y explique (1) par une spéciation géographique sur le modèle de la "révolution génétique" au sein d'une petite population fondatrice, suivie (2) du remplacement de l'espèce ancestrale par l'espèce descendante, suite à une migration de celle-ci sur les lieux occupés par celle-là. Gould et Eldredge déclarèrent que l'évolution paraissait procéder par alternance de phases de "stase évolutive" (stabilité d'une espèce dans le temps) suivie de phases de "ponctuation" (spéciations rapides), d'où le nom de modèle ou théorie des "équilibres ponctués" proposé pour qualifier ce nouveau mode d'évolution.

La théorie des "équilibres ponctués" eut d'énormes conséquences sur la vision de l'évolution: Elle permit entre autres de considérer qu'il existe une sélection des espèces au sein d'une lignée, de la même manière que la sélection trie les individus au sein des populations, à l'intérieur des espèces. Cette notion de sélection inter-espèces suppose qu'il existe une macro-évolution, à distinguer de la micro-évolution, considérée comme le tri entre individus d'une même espèce. Les phénomènes mis en cause dans la genèse des groupes taxonomiques de haut rang doivent donc être recherchés en dehors du cadre classique de la théorie synthétique.

Durant les années 1980, la théorie des équilibres ponctués fut également l'objet de nombreuses polémiques suite à une publication de Gould dans laquelle il déclarait : "la théorie néo-darwinienne est effectivement morte, même si on continue à la présenter comme la théorie de l'évolution dans les manuels". Il y déclarait également que Goldschmidt avait eu partiellement raison. Il semble actuellement que le cadre général

des recherches à venir correspondre à celui pressenti par Eldredge en 1982. Il conclut en effet son article sur la macro-évolution en précisant qu'il existe au moins deux niveaux semi-indépendants dans l'évolution : celui des individus au sein des populations (micro-évolution) et celui des espèces et taxons supérieurs (macro-évolution). Il propose également d'autres niveaux. Par exemple, il existe un niveau supérieur à la macro-évolution : c'est celui où se réalisent la prolifération ou l'extinction de plusieurs lignées évolutives indépendantes. De même, il existe un niveau inférieur à celui des populations : celui de la biologie du développement qui consiste en l'étude de l'influence des modifications des voies du développement sur les changements évolutifs révélés par les structures adultes. Pour mieux rendre compte de l'origine de la diversité du monde, il faudra donc reconnaître qu'il existe différents niveaux d'évolution semi-indépendants et que chaque niveau possède sa propre catégorie de phénomènes qu'il ne faut pas réduire aux termes des niveaux sous-jacents comme l'avait fait la théorie néo-darwinienne.

### **3. Histoire des idées transformistes**

Notre présentation de l'évolution chronologique de la pensée transformiste consistera essentiellement en une approche internaliste accompagnée de quelques références sociétales. Dans cette perspective, l'histoire des idées transformistes se ramènera donc essentiellement à l'histoire des grands scientifiques et de leurs théories. Le chapitre précédent constitue sans conteste l'approche contextualiste de cette Histoire des idées transformistes, parfois largement inspirée de "L'évolution des espèces" de Jean Rostand (1932).

Outre le très réducteur énoncé chronologique, le lecteur voudra bien voir dans cette histoire des idées transformistes la multiplicité et la diversité des contributions, de même que la co-existence répétée de controverses dynamisantes.

Nous l'avons vu, la notion, moins restrictive que le concept, se réfère généralement aux théories implicites contenues dans l'interprétation courante, selon une culture donnée. Ceci nous amène à rechercher les précurseurs de la pensée transformiste parmi les grands philosophes de l'Antiquité, premiers à avoir émis quelques idées relatives à l'origine du monde vivant.

#### **3.1. L'Antiquité**

Platon (428-348) prône l'existence de deux mondes, l'un est idéal et constitue le réel alors que l'autre est illusoire et est perçu par nos sens. Les variations des êtres vivants peuvent être considérées comme des représentations imparfaites des formes parfaites (archétypes). Cette conception typologique de l'espèce rend donc impossible toutes formes d'évolution.

L'antiquité n'échappe cependant pas aux conflits intellectuels et se caractérise par l'opposition entre l'idée mécaniste que toute chose naît du hasard et la pensée finaliste qui attribue à une sorte d'intelligence la cause de tout l'ordre apparemment observable dans les êtres vivants. Comme nous le verrons ci-après, plusieurs conceptions d'importance s'y manifestent néanmoins :

- La production de l'harmonie organique par le hasard et la mort (Empédocle, Démocrite, ...) ;
- La hiérarchie des êtres vivants et la gradation naturelle (Aristote) ;
- La lutte des vivants pour la vie (Lucrèce).

Ces différentes tentatives d'explication de la nature et de la diversité des formes de vie se sont cependant cristallisées sous forme de dogme et ont été pendant des siècles l'obstacle le plus sérieux à l'étude inductive et vraiment scientifique de la vie. Elles ont été interprétées théologiquement comme le modèle de la création par Dieu de chaque espèce d'êtres vivants telle qu'elles existent actuellement (Simpson, 1951).

### **3.1.a. Une idée mécaniste qui fait naître toutes choses du hasard**

#### ❖ ANAXIMANDRE DE MILET (610-547)

Les animaux procèdent de la vase marine. Ils y logeaient chacun dans une coque épineuse... Une fois éclos, "ils modifiaient en peu de temps leur genre de vie". L'idée sous-jacente d'adaptation au milieu est présente.

#### ❖ EMPEDOCLE D'AGRIGENTE (495-435)

Reconnaît trois périodes dans l'histoire de la vie :

- Apparition de "morceaux séparés", directement surgis du soi.
- Période d'amitié : assemblage "au hasard", tout est possible... et dans cette faune baroque et désharmonieuse, seuls quelques êtres qui se trouvaient fortuitement conditionnés pour vivre vont persister.
- Période de haine : apparition de la sexualité. Les animaux ne naissent plus directement de la terre, mais par voie de génération, d'autres animaux semblables.

Il y aurait eu une succession de faunes qui se remplacèrent l'une l'autre, et dont chacune marqua un progrès vers l'harmonie.

#### ❖ DEMOCRITE (460- ?)

Théorie atomiste. Il explique la formation de toute la nature par le mouvement fortuit des atomes dans le vide. Il nie qu'une tendance, une volonté ait présidé à la production de quoi que ce fût. L'homme, fils du hasard, sortit de l'eau et du limon, "comme un vermisseau".

#### ❖ STRATON DE LAMPSAQUE (? -270)

Partage avec les atomistes la croyance à la formation des êtres par la voie des combinaisons fortuites. Les êtres vivants sont en somme une élite de monstre. Les mauvaises combinaisons étant éliminées. Le hasard peut donc engendrer le coordonné, l'achevé. La monstruosité constitue donc la règle. (tout à fait opposé aux idées d'Aristote)

#### ❖ EPICURE (341-270)

Philosophe, il partage également l'idée du "hasard créateur".

#### ❖ LUCRECE (95-53)

Romain, il reprend l'idée que la terre a généré tout ce qui vit. Comme Empédocle, il pense qu'il se forma d'abord une majorité de monstres, d'êtres étranges... Quelques espèces purent ensuite se rencontrer, se nourrir et connaître le plaisir de la conjonction des sexes. Elles grandirent et persistèrent. La finalité organique n'est donc qu'un cas

particulier du possible, qu'un accident privilégié. Ce n'est pas à dessein, après réflexion, que les éléments primordiaux ont pris leur place! Aucun organe ne s'est formé en vue de l'avantage qu'il devait procurer. "Nous n'avons pas des yeux pour voir, nous voyons parce que nous avons des yeux". Lucrèce est le premier à parler du grand combat pour l'existence : "outre l'élimination des monstres inaptes à la vie, il y eut destruction de races viables, mais insuffisamment armées ou protégées, car tous les êtres vivants luttent entre eux".

### **3.1.b. Un regard finaliste**

#### ❖ ANAXAGORE DE KLAZOMENES (500-428)

laisse constater dans l'Univers, singulièrement dans les corps vivants. Il pose le problème de la "finalité organique" et nie qu'on puisse rendre compte de cette finalité par les seules propriétés de la matière, à l'exclusion de l'esprit.

#### ❖ ARISTOTE (384-322)

Il voit en Anaxagore de Klazomènes le seul raisonnable de ses prédécesseurs et conteste que le hasard aveugle ait pu produire l'Univers et surtout le monde de la vie où éclate à dessein la finalité, où "les dieux se laissent quasiment toucher". Aristote n'est donc pas favorable à l'idée transformiste. Pour lui, le monde vivant n'est pas issu de tâtonnements et la monstruosité constitue l'exception.

C'est le premier à discerner la hiérarchie des vivants, la série ou l'échelle naturelle : "entre tous les êtres, il y a d'insensibles transitions". Attention, il ne soupçonne nullement que les êtres d'organisation supérieure aient pu chronologiquement succéder aux inférieurs, ni que ceux-ci aient pu donner naissance à ceux-là ! Les animaux sont considérés comme des hommes imparfaits, et l'homme est celui en qui la forme a le mieux vaincu la matière.

#### ❖ THEOPHRASTE D'ERESOS (370-285)

Successeur d'Aristote, il signale l'influence modifiante qu'exercent sur les végétaux le climat, l'humidité, la pluie, la nature du sol... Il aperçoit quelques difficultés où se heurte la doctrine aristotélicienne des causes finales. Il dénonce, dans la nature, des choses mal faites, telles que les organes sans fonction (mamelles des mâles) et les organes fragiles (bois de cerfs). Il reste néanmoins fidèle à la doctrine du maître et explique les infractions par la résistance qu'oppose la matière au principe formel.

## **3.2. De Lucrèce à Linné**

Après la décadence d'Alexandrie, les œuvres des savants et des philosophes grecs sont conservées à Constantinople. Les seules idées quelque peu originales émises durant ces quelque dix-huit siècles sont l'œuvre d'auteurs chrétiens admettant une formation graduelle de la nature vivante. A la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle et au XVIII<sup>ème</sup> siècle, la mise au point de la notion précise d'espèce va enfin permettre d'aborder avec succès le problème de la formation des espèces vivantes.

#### ❖ GREGOIRE DE NYSSE (331-396)

Il considère que la création divine ne fut que potentielle et que l'univers s'est développé graduellement à partir d'un matériel chaotique.

❖ *SAINT AUGUSTIN (354-430)*

Pour lui, Dieu ne créa point d'emblée toute la nature. Il donna à la terre et aux eaux, en les tirant du néant, le pouvoir d'amener au jour, à époque fixée, tous les êtres destinés à répandre la vie et le mouvement dans les airs, dans les mers et sur tous les points du globe.

❖ *NEMESIUS (Evêque d'Ephèse)*

Il parle de "la sorte de parenté qui unit tous les êtres vivants" et se prononce pour une création par degrés.

❖ *SWAMMERDAM (1637-1680)*

Il discerne des ressemblances saisissantes entre tous les animaux et affirme qu'"on pourrait, dans une certaine mesure, affirmer que Dieu n'a créé qu'un seul animal, diversifié en un nombre infini de sortes et d'espèces".

❖ *NEWTON (1642-1727)*

Il parle également de l'incontestable uniformité qui paraît dans le corps des animaux. Les transformistes y verront plus tard l'indice d'une parenté réelle.

❖ *JOHN RAY (1627-1705)*

Décrit l'espèce comme l'ensemble des êtres donnant par multiplication des êtres semblables à eux. Cette définition de l'espèce ne peut reposer que sur un fixisme de principe. Se pose alors le problème de l'origine des variétés.

❖ *LEIBNIZ (1646-1716)*

Il émet des considérations assez neuves : "peut-être que, dans quelques temps ou dans quelques lieux de l'Univers, les espèces des animaux sont, ou étaient, ou seront plus sujettes à changer qu'elles ne le sont présentement parmi nous".

❖ *MARCHANT (1719)*

Ce français aborde le problème de la transmutation des formes vivantes et admet la création de types primitifs, considérablement diversifiés au cours des âges. Il envisage alors de sacrifier la notion d'espèce à la notion de genre, qui serait, en systématique, la seule réalité. Son transformisme limité est très original pour l'époque.

❖ *LINNE (1707-1778)*

Initialement fixiste radical, il doute ensuite d'avoir assisté à des changements d'espèces et propose en 1762 des conclusions proches de celles de Marchant. Il propose l'hybridation et l'influence de l'environnement comme sources possibles de nouvelles espèces.

❖ *ADANSON*

En 1763, il est pour la mutabilité des espèces mais se rallie à la thèse fixiste en 1769 car il ne parvient pas à forcer expérimentalement la transmutation des espèces.

### 3.3. Les philosophes

Les philosophes français du XVIII<sup>ème</sup> siècle vont spéculer sur le problème des espèces. Maupertuis posera rapidement les grandes questions des transformistes :

- la formation de tous les êtres vivants à partir d'un seul type originel ;
- la production de nouvelles espèces par variations individuelles et fortuites ;
- l'influence des circonstances externes ;
- l'hérédité des caractères acquis.

#### ❖ MAUPERTUIS (1698-1759)

En 1745, il s'oppose aux ovistes et aux animalculistes et propose que des espèces nouvelles ont pu apparaître par des variations individuelles fortuites. Il étiara sa théorie en 1754 en expliquant que la semence des parents contient des particules organiques, chacune étant destinée à former une partie du fœtus. La mixtion des semences mâle et femelle va ainsi permettre à chaque particule d'aller rejoindre sa place au sein du fœtus. Si un problème survient, il y aura formation d'un monstre qui par sa semence produira à son tour un autre monstre.

L'explication fournie par Maupertuis constitue la première formulation rigoureuse de l'hypothèse transformiste. Elle explique :

- l'hérédité normale ;
- la formation du fœtus ;
- la production des anomalies ;
- la transmission des modifications acquises ;
- la formation des nouvelles espèces.

Elle fait provenir tous les êtres vivants d'un seul couple initial et explique la formation d'espèces nouvelles par des variations individuelles

#### ❖ DIDEROT (1713-1784)

Probablement freiné par les risques de l'indépendance intellectuelle au XVIII<sup>ème</sup> siècle, Diderot rend hommage à Maupertuis, discute sa théorie et la rejette ensuite car elle se heurte à "la collection universelle des phénomènes et l'existence de Dieu". L'idée transformiste est néanmoins fort présente dans l'œuvre de Diderot, et il devancera Lamarck en énonçant l'idée de l'influence modifiante des besoins sur la forme, et de l'accumulation par l'hérédité des modifications ainsi produites : "Les besoins produisent les organes" - "Le défaut continuel d'exercices anéantit les organes. L'exercice violent les fortifie et les exagère".

### 3.4. Buffon

Face au problème de la mutabilité des espèces, l'évolution intellectuelle de Buffon (1707-1788) peut être scindée en trois phases distinctes :

- Fixiste : Il tire des conclusions transformistes mais les rejette car il est opposé au fait que l'anomalie puisse devenir la règle, il n'observe pas de formes intermédiaires et se demande pourquoi une espèce dégénérée se maintiendrait.
- Transformiste : Il décrit l'influence des conditions du milieu sur les quadrupèdes de l'ancien et du nouveau monde. Fidèle à sa théorie des

molécules organiques, il rejoint un peu les atomistes antiques.

- Maintien de nuances fixistes : Son transformisme se limite à une dégénérescence au sein des grandes familles et l'existence d'un type primitif par genre. Il croit en la fixité des formes au niveau supérieur.

N'ayant jamais fait provenir tous les êtres d'une ou de quelques créatures initiales, Buffon ne peut être considéré comme un initiateur du transformisme. Il fait néanmoins référence :

- à "la chaîne du grand ordre des être" (Comme Aristote et Leibniz) ;
- à la lutte des vivants pour la vie (Comme Lucrèce... et avant Lamarck) ;
- à l'influence modifiante des circonstances externes (Prépare Lamarck et G. St Hilaire)
- au temps : grand ouvrier de la nature, qui ne fait rien par saut, mais par degrés, par nuances, par successions.

### **3.5. De Buffon à Lamarck**

Les scientifiques de l'époque se partagent deux théories hautement contraires au transformisme. Il s'agit de la préformation des germes (défendue par Ch. Bonnet) et de la génération spontanée. Différents écrits relatent des idées transformistes et témoignent des préoccupations de l'époque. Peu d'idées vraiment nouvelles vont être énoncées (Herder : 1744-1803 ; Kiemeier : 1765-1844 ; Oken : 1779-1851 ; Dugès : 1797-1838). Quelques scientifiques se préoccupent de la capacité de variation des êtres vivants, de l'influence des circonstances externes, de l'influence de l'exercice sur les changements, et parfois de l'hérédité cumulative de ces changements (Treviranus : 1776-1837 ; Delaméthérie : 1743-1817 ; Cabanis : 1757-1808 et Lacépède : 1757-1825). Erasme Darwin, le grand-père de Charles Darwin, proposera différentes idées nouvelles.

#### ❖ CHARLES BONNET (1720-1793)

Sans être transformiste, Bonnet parle d'un premier monde, sorti des mains de l'Être suprême, contenant les germes de tous les vivants et soumis à diverses "révolutions du globe". A chaque révolution, les êtres vivants périssent jusqu'au dernier, ne laissant chacun qu'un germe indestructible de restitution et qui, à leur tour, à chaque fois, redonnent des êtres vivants perfectionnés. Outre cette forme d'évolution de la nature, Bonnet admet la possibilité de certaines transformations spécifiques sous l'influence des circonstances externes.

#### ❖ ERASME DARWIN (1731-1802)

La "zoonomie" d'E. Darwin regorge d'idées nouvelles. Il y parle notamment :

- d'un même filament primordial, infiniment diversifié, à l'origine de tous les êtres vivants ;
- d'arguments embryologiques et de ressemblance des structures entre tous les animaux ;
- de l'influence des circonstances externes (température, croisement, ...) sur les modifications ;
- de l'effort modifiant, adaptant l'animal ;
- de la lutte pour l'air et la lumière chez les plantes ;
- de la survie des individus les plus vigoureux dans les batailles entre mâles (idée de sélection sexuelle).

### 3.6. Lamarck

Le français Jean Baptiste Pierre Antoine Monet, chevalier de Lamarck (1744-1829), pose les bases d'un transformisme vraiment scientifique. Bien que séduisante, l'œuvre de Lamarck n'eut guère de succès de son vivant mais elle forcera l'attention des savants sur le problème de l'origine des espèces.

Suivant Lamarck :

- la vie débuta sur la terre par génération spontanée, sous la forme d'êtres extrêmement simples, à l'origine de toute la nature animée. De progrès en progrès, de complications en complications, naquirent tous les êtres qu'envisage notre biologie ;
- le seul "exercice de la vie" tend sans cesse à compliquer progressivement et régulièrement l'organisation. Les circonstances externes font apparaître des sortes d'anomalies, d'écarts, de déviations, de sorte que la régularité de l'évolution en fut troublée. Le simple pouvoir de la vie aurait suscité tous les organes essentiels (digestion, respiration et circulation) et l'influence des circonstances aurait déterminé, partiellement, l'apparition des organes accessoires (locomotion, préhension, communication,...). C'est dans l'effet des circonstances sur les organismes que se rencontre les idées originales auxquelles on réduit bien souvent le lamarckisme.

A l'exemple de Buffon, Lamarck explique les transformations d'où naissent les variétés, les races et les espèces par "le temps qui n'a point de limites" pour la nature et par les circonstances qui sont "inépuisables pour elles". Quant aux procédés par lesquels les circonstances agissent, il les découvrent dans le fait que "de grands changements dans les circonstances amènent pour les animaux de grands changements dans leurs besoins", que ces changements de besoins en amènent dans les actions (changement d'habitudes), entraînant l'usage plus ou moins grand de tels ou tels organes et leur développement ou leur réduction (de Lanessan, 1914).

L'œuvre de Lamarck n'eut pas le succès qu'avait obtenu celle de Buffon. Son transformisme fut ridiculisé par le créationnisme de Cuvier. Cependant, les travaux de paléontologie de Cuvier (1769-1832) et ceux d'anatomie de Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) vont finalement contribuer au triomphe ultérieur des idées de Lamarck.

### 3.7. Darwin

Charles Robert Darwin (1809-1882) et la théorie darwinienne de l'évolution.

L'*Origine des Espèces* était une longue argumentation étayée par trois faits majeurs. Premier fait : les variations spécifiques intéressent tous les êtres vivants. Second fait : tous les animaux et les plantes tendent à s'accroître. Troisième fait : le nombre des espèces tend néanmoins à demeurer bel et bien constant. De ce fait, Darwin déduisait deux principes décisifs : il y a lutte pour la vie, et dans cette lutte seuls les plus aptes survivent.

La théorie de Darwin repose sur trois principes ou concepts :

- le concept de descendance modifiée (il n'utilise pas le terme évolution) ;
- l'accumulation des modifications ;
- le concept de l'arbre évolutif,

ainsi qu'un mécanisme explicatif : la sélection naturelle.

Ernst Mayr explique ce mécanisme explicatif en différentes propositions logiques dont découlent les trois inférences suivantes :

- dans une population, seule une partie des individus survivent et se reproduisent ;
- la survie ne se fait pas au hasard, elle dépend en partie de la constitution héréditaire des individus ;
- la population se modifie graduellement et les caractères favorables s'accumulent au cours des générations.

Toute la théorie de la sélection naturelle était basée sur l'idée de variations héréditaires mais les mécanismes des variations et ceux de leur transmission étaient encore tout à fait énigmatiques. Darwin avait eu à affronter de nombreuses critiques et il commença à travailler la question de l'hérédité dès le début des années 1860. Pour Darwin, l'hérédité se faisait par mélange des influences des deux parents. Persuadé de l'importance d'un fort taux de variabilité héréditaire, il accordait une place importante à l'hérédité de l'acquis, où à d'autres principes, comme celui d'une sorte de "tendance à varier dans une même direction" qui se maintiendrait au cours des générations. Sa théorie de l'hérédité ou "Hypothèse provisoire de la pangenèse" était donc essentiellement liée au problème des variations individuelles. L'organisme dans son ensemble participait à la formation des cellules sexuelles. L'enfant était une sorte de prolongement de ses parents. Il y avait donc nécessairement transmission héréditaire des caractères acquis durant la vie individuelle (Lenay, 1990).

### **3.8. Théorie synthétique de l'évolution**

Développée dans les années 1920-1930 et 1940, la théorie synthétique de l'évolution a concilié les approches de Darwin et de Mendel. Elle a officiellement vu le jour au terme du congrès de Princeton en janvier 1947. Cette théorie synthétique de l'évolution considère que la sélection naturelle reste le principal mécanisme de l'évolution, en agissant au sein des populations sur les variations des fréquences alléliques.

**Ces variations sont dues au hasard des mutations et la sélection naturelle va tendre à optimiser de façon graduelle l'adaptation d'une espèce à son environnement en conservant les individus les plus aptes, qui transmettront alors leurs gènes à la génération suivante.**

A l'occasion du centième anniversaire de la communication de Darwin et Wallace, Gavin De Beer (1958) pouvait écrire: "Les mutations et les recombinaisons de gènes fournissent la variation sur laquelle la sélection agit pour produire l'évolution exactement de la manière qu'exige la théorie de Darwin".

Comme nous l'avons vu, cette association de concepts ne s'est pas imposée immédiatement aux début de la génétique expérimentale. En effet, pour les premiers généticiens, la sélection n'était qu'un facteur d'élimination d'individus inaptes. Ils considéraient que "les nouvelles espèces élémentaires apparaissent brusquement, sans forme de passage", ou que "les nouvelles espèces élémentaires deviennent immédiatement stables". Lorsque les gènes furent mis en cause, on comprit que la variation était un processus permanent, concernant une multitude de caractères parce qu'elle est induite à chaque génération par les modalités de la reproduction. Le génome varie au moins parce qu'il y a des mutations chromosomiques et des mutations de gènes. Chez les organismes sexués, la variation est encore accrue considérablement

par les modalités de la méiose et de la fécondation aboutissant à des recombinaisons de gènes. Il y a donc évolution parce que ces génomes remaniés sont diversement viables ou adaptés; ils passent au crible de la sélection naturelle (Leclercq, 1978).

Parce qu'elle s'oppose au hasard, les néo-darwiniens pensent que la sélection naturelle est le principal agent directeur de l'évolution. Elle est définie comme "un mécanisme destiné à engendrer un degré excessivement élevé d'improbabilités". Cette même idée de sélection naturelle agissant comme un "anti-hasard" est développée notamment dans les "Essais sur l'Evolution" de Dobzhansky et Boesiger (1968). L'évolution n'est pas pour autant considérée comme prédéterminée; c'est un procédé créatif !

Reprenons les propos de Leclercq (1978) illustrant la puissance et la fécondité de la théorie synthétique de l'évolution. "Présentée et défendue brillamment en Angleterre par Fisher, Haldane, De Beer, Ford ; aux Etats-Unis par Mayr, Simpson, Dobzhansky ; en France par Cuénot, Teissier, Theilhard de Chardin, Lamotte ; en Allemagne par Rensh, la théorie synthétique de l'évolution reçut l'adhésion générale. Sa fécondité s'est révélée extraordinaire : d'innombrables généticiens, statisticiens, éleveurs, observateurs de l'évolution à l'oeuvre l'ont assurée, étudiant la dynamique des populations, déterminant les fluctuations apparentes des génomes et la valeur de survie des caractères, analysant les pressions de la sélection, expliquant par le jeu des gènes l'adaptation qui se fit ou qui se fait".

### 3.9. Controverses actuelles

Le débat scientifique sur la théorie de l'évolution ne porte plus aujourd'hui sur la réalité de l'évolution, ni sur la reconstitution des arbres généalogiques des divers groupes d'animaux et de plantes (bien qu'il existe encore quelques controverses), ni même sur l'affrontement entre lamarckisme et darwinisme. Dans les années 1960-1970, un nouveau courant critique de la théorie synthétique a vu le jour au Japon (M. Kimura) et aux Etats-Unis (S.J. Gould). Aujourd'hui, la controverse scientifique porte principalement sur deux préoccupations : (1) Quelle place tient réellement la sélection naturelle dans l'évolution ? Le hasard n'intervient-il pas tout autant, voire plus ? (2) Comment se passe concrètement la naissance d'une espèce ? L'explication "néo-darwinienne" n'est pas la seule possible et cette question reste placée au premier plan des préoccupations scientifiques.

Afin de mieux cibler la pertinence et la portée des principales critiques faites à l'encontre de la théorie synthétique de l'évolution, il est utile de se référer aux grands principes et corrélats conceptuels du darwinisme, de même, il nous faut reprendre l'idée maîtresse de la théorie synthétique de l'évolution :

La sélection naturelle reste le principal mécanisme en agissant au sein des populations sur les variations des fréquences alléliques. Ces **variations** sont dues au **hasard des mutations** et la **sélection naturelle** va tendre à optimiser de façon **graduelle** l'**adaptation** d'une **espèce** à son environnement en **conservant** les individus les plus **aptes**, qui **transmettront** alors leurs **gènes** à la génération suivante.

Différentes critiques ont été formulées à l'encontre de cette théorie, et essentiellement à propos de la sélection naturelle comme élément générant l'ordre (Kauffman, 1993). Quelques unes de ces critiques sont présentées ci-dessous.

- Considérer la sélection comme unique source d'ordre, c'est considérer que les mutations peuvent se faire dans toutes les directions, ce qui est faux.
- Tous les gènes ne seront pas transmis à la génération suivante mais seulement une partie limitée à certains traits de caractères.
- La sélection naturelle n'agit pas sur chaque trait présent dans un organisme. En réalité, les traits sont corrélés de telle manière qu'un trait négatif peut être sélectionné en étant couplé à des traits positifs. En outre, certains allèles sont "neutres" au regard de la sélection naturelle.
- Chez un organisme, beaucoup de traits semblent n'avoir aucune fonction et sont néanmoins présents, même s'ils ne sont pas favorisés par la sélection naturelle. La sélection n'agirait donc que sur une partie des caractères. Il existerait donc une sélection restrictive.
- La sélection agit sur un petit nombre de phénotypes car de tous les phénotypes possibles, seuls quelques uns sont réellement réalisés. Il existe donc un vide dans l'espace phénotypique. Existerait-il des contraintes inconnues qui rendent impossible la réalisation de certains phénotypes utiles, ou bien les phénotypes réalisés sont-ils simplement dus à une évolution ramifiée aléatoire à travers l'immense espace phénotypique ?
- Certaines formes ou caractéristiques persistent durant de longues périodes. De même, certaines espèces se maintiennent en stases évolutives durant plus de 5 millions d'années. D'autres, tel le *Coelacanth*, sont beaucoup plus anciennes. Comment une stabilité de plusieurs millions d'années est-elle possible si les mutations continuent naturellement à s'accumuler ?
- La sélection naturelle peut expliquer l'évolution et la transformation d'une espèce en une autre (micro-évolution), mais peut-elle expliquer la macro-évolution, l'apparition d'un phylum nouveau, le passage d'un type d'organisation à un autre, tel le passage des reptiles aux oiseaux ? Il est difficile d'imaginer comment une succession de petites mutations au hasard pourrait produire un tel résultat. D'autres préoccupations macro-évolutives existent encore. La principale reste qu'il est impossible d'expliquer l'origine de la vie à l'aide de la sélection naturelle comme force créatrice d'ordre.

Nous avons évoqué le développement de la théorie neutraliste au travers des controverses relatives au rôle du hasard dans l'évolution. De même, nous avons mis en exergue les déclarations de Gould proclamant morte la théorie néo-darwinienne de l'évolution. Quoi qu'il en soit, la tendance actuelle est de reconnaître que Darwin avait raison lorsqu'il écrivait (1859) dans l'introduction de son *Origine des espèces* : " Je suis convaincu que la sélection naturelle a été le mécanisme principal de l'évolution, mais pas le seul ". Nous le voyons, en 140 ans, aucun fait nouveau n'a remis entièrement en question la théorie darwinienne de l'évolution. Que du contraire, elle a fait l'objet de modifications progressives renforçant son pouvoir d'explication de l'histoire du vivant. Toutefois, les récentes découvertes ont mis en évidence l'extrême complexité de notre monde, l'intervention de phénomènes chaotiques et la contingence de l'histoire, rendant de ce fait impossible la prévision de l'avenir par quelques lois naturelles (Gould, 1994).

## 4. Conclusions

En guise de conclusion, reprenons ici les termes de Guyénot (1941) dans son ouvrage sur les sciences de la vie aux XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles : "Cette longue période de deux siècles, pendant lesquels se prépara la Biologie moderne, présente à première vue un curieux mélange de traditions et d'innovations, d'hypothèses stériles et de découvertes fécondes, de naïveté et de profondeur, d'incroyables stupidités et d'éclairs de génie ... La tâche la plus urgente, la plus malaisée aussi, fut de libérer les esprits de la tyrannie des traditions, de l'influence prolongée de la scolastique aussi bien que des croyances inspirées de la narration biblique".

Il ne faut pas croire qu'une fois le XIX<sup>ème</sup> siècle arrivé, toutes les controverses liées aux croyances religieuses disparaissent. Nous avons vu l'importance de celles-ci suite aux publications de Darwin. De même, l'interdiction récente, par certains Etats américains, d'enseigner les théories de l'évolution, jugées contraires aux récits bibliques, témoigne de la persistance de ces controverses. De nombreux chercheurs étrangers ont consacré leurs études aux interactions existant entre les visions scientifiques et les croyances religieuses (catholiques et musulmanes). Chez nous, ces interactions sont très réduites et ne constituent pas de véritables obstacles à l'apprentissage. Roth et Alexander (1997), tout comme Dagher et BouJaoude (1997) insistent cependant sur le fait qu'il ne faut ni négliger, ni cloisonner ces deux approches mais qu'il faut en débattre avec les étudiants.

Dans notre introduction, nous avons évoqué la ressemblance qui pouvait exister entre la construction de la connaissance chez l'individu et les difficultés rencontrées historiquement dans l'élaboration des connaissances scientifiques. La prise en considération de l'histoire des sciences est donc souvent éclairante pour les didacticiens. L'approche historique constitue ainsi une des "entrées" - une entrée nécessaire (mais pas suffisante) - dans la culture scientifique de chacun, chercheurs, ingénieurs, techniciens, et surtout enseignants (Rosmorduc, 1995) (Gagné, 1994).

Dans le cadre de l'évolution biologique, sur base d'examen critiques, nous pouvons reprendre la thèse du "parallélisme". De plus, la confrontation des conceptions initiales des élèves aux diverses conceptions scientifiques facilite l'apprentissage et engendre une capacité à long terme d'effectuer des transferts de connaissances (Jiménez-Aleixandre, 1992). C'est ainsi que divers didacticiens ont mis en évidence l'importance de l'approche historique dans les séquences d'enseignement consacrées à l'évolution biologique (Duveen et Solomon, 1994 ; Jensen et Finley, 1996).

Persuadés du bien fondé de l'approche historique dans l'enseignement des sciences, nous y consacrons le premier trimestre de l'année académique dans le cadre du cours de zoologie que nous dispensons aux étudiants de première candidature en Sciences agronomiques. Par cette publication, nous espérons avoir alimenté votre réflexion sur l'importance d'aborder l'histoire des sciences dans l'enseignement destiné aux élèves, aux chercheurs de demain et surtout aux futurs enseignants. De même, nous avons cherché à dégager différentes pistes favorisant la prise en considération de l'aspect historique de la biologie, que ce soit dans le cadre de cours consacrés à l'évolution biologique mais aussi dans les chapitres portant sur la génétique, la physiologie, la reproduction et l'écologie. ■

## 5. Bibliographie

- Benseghir A. & Closset J.L., 1996. The electrostatics-electrokinetics transition: historical and educational difficulties, *International Journal of Science Education*, 18 (2), 179-191.
- Dagher Z.R. & BouJaoude S., 1997. Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (5), 429-445.
- de Beer G., 1958. Préface de *Evolution by natural selection*, 1-22, Darwin Ch & Wallace A.R., Cambridge University Press, 288pp.
- de Lanessan J.-L., 1914. *Transformisme et créationisme : Contribution à l'histoire du transformisme depuis l'antiquité jusqu'à nos jours*, Bibliothèque Scientifique Internationale, Paris, Librairie F. Alcan, 349pp.
- de Wit H.C.D., 1994. *Histoire du développement de la biologie*, Vol. III, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 635pp.
- Duveen J. & Solomon J., 1994. The great evolution trial: Use of role-play in the classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 575-582.
- Eldredge N. & Gould S.J., 1972. Punctuated equilibria : An alternative to phyletic gradualism. *Models in Paleobiology* (T.J.M. Schopf ed.), San Francisco, Freeman, Cooper and Co, 82-115.
- Eldredge N., 1982. La macroévolution (La Recherche, mai 1982) dans *La recherche en paléontologie*, Paris, Edition du Seuil, 19-45, 1989.
- Favre D., 1995. Conception de l'erreur et rupture épistémologique, *Revue Française de Pédagogie*, 111, 85-94.
- Fourze G., Englebert-Lecomte V. & Mathy Ph., 1997. *Nos savoir sur nos savoir: Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*, Pédagogie en développement, Paris, Bruxelles, Editions De Boeck & Larcier, 169pp.
- Gagné B., 1994. Autour de l'idée d'histoire des sciences représentations discursives d'apprenti(e)s-enseignant(e)s de sciences, *Didaskalia*, 3, 61-78.
- Gould S.J., 1994. L'évolution de la vie sur la terre, *Pour la Science*, 206, 90-98.
- Guyénot E., 1941. *Les sciences de la vie aux XVIIe et XVIIIe siècles: L'idée d'évolution*, Bibliothèque de synthèse historique, Paris, Editions A. Michel, 462pp.
- Haldane J.B.S., 1957. The cost of natural selection, *Journal of Genetic*, 55, 511-524.
- Jensen M.S. & Finley F.N., 1996. Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (8), 879-900.
- Jiménez-Aleixandre M.P., 1992. Thinking about theories or thinking with theories ? : a classroom study with natural selection, *International Journal of Science Education*, 14 (1), 51-61.
- Kauffman S.A., 1993. *The origin of order - Self-organization and selection in evolution*, New-York, Oxford University Press.
- Kimura M., 1968. Evolutionary rate at the molecular level, *Nature*, 217, 624-626.
- Leclercq J., 1978. Leçons de Zoologie données à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Vol. 1 et 2, Gembloux.
- Lenay Ch., 1990. *La découverte des lois de l'hérédité : (1862-1900) une anthologie*, Agora Les Classiques, Presses Pocket, 275pp.
- Petit G. & Théodorides J., 1962. *Histoire de la zoologie : Des origines à Linné*, Histoire de la pensée, Paris, Editions Hermann, 360pp.
- Preece P.F.W., 1984. Intuitive science: Learned or triggered ?, *European Journal of Science Education*, 6 (1), 7-10.
- Ridley R., 1997. *Evolution biologique*, Bruxelles, Editions De Boeck Université, 719pp.
- Rosmorduc J., 1995. L'histoire des sciences dans la formation scientifique des maîtres de l'école élémentaire, *Didaskalia*, 7, 91-103.
- Rostand J., 1932. *L'évolution des espèces : Histoire des idées transformistes*, Paris, Librairie Hachette, 203pp.
- Roth W.M. & Alexander T., 1997. The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies, *International Journal of Science Education*, 19 (2), 125-146.
- Rumelhard G., 1986. *La génétique et ses représentations*, Berne, Editions Peter Lang.
- Simpson G.G., 1951. *L'évolution et sa signification: Une étude de l'histoire de la vie et de sa signification humaine*, Bibliothèque scientifique, Paris, Editions Payot, 304pp.

- Vergnaud G., Halbwachs F. & Rouchier A., 1978. Structure de la matière enseignée, histoire des sciences et développement conceptuel chez l'élève, *Revue Française de Pédagogie*, 45, 7-15.
- Weismann A., 1883. De l'hérédité, pp 167-212, dans " La découverte des lois de l'hérédité - Une anthologie ", 1990, Agora Les Classiques, Presses Pocket, 275pp.
- White M.J.D., 1968. Models of speciation, *Science*, 159, 1065-1070.
- White M.J.D., 1978. Modes of speciation, San Francisco, W.H. Freeman and Co.
- Wilson E.O., 1975. Sociobiology : The new synthesis, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press.
-