

## LA SCIENCE DU VIVANT : ÉTAPES ET FILIATIONS

Yves ZARKA

---

**RÉSUMÉ :** Si l'usage du mot *biologie* n'est introduit qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la science du vivant se constitue dès l'Antiquité. Trois filiations président alors à sa constitution : naturaliste, médicale et chimiste. Au cœur de la biologie d'Aristote se trouve le concept d'âme qui, sous des formes dérivées, subsistera presque inchangé jusqu'au XVIII<sup>e</sup>. Vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle la biologie est refondée autour de la théorie cellulaire. Celle-ci fournit un cadre autonome pour penser l'organisation et la reproduction des vivants, ce qui renforce le vitalisme qui avait déferlé sur le XVIII<sup>e</sup> siècle. La cellule ouvre en revanche l'étude de l'infra-cellulaire qui donnera naissance à la biologie moléculaire au XX<sup>e</sup> siècle, via la rencontre de la génétique, de la biochimie et de la microbiologie. Devenue moléculaire, la biologie prend alors le risque de revenir à un strict physicalisme, version modernisée du mécanisme de Descartes. Or le darwinisme, en expliquant par l'évolution la diversité du monde vivant, ne manque pas de relancer le débat sur l'origine et la complexité de la vie, relayé par les développements récents, non abordés ici, de la biologie moléculaire elle-même. En outre, la théorie de l'évolution a conduit à réviser la classification par l'approche cladistique qui fait à présent vaciller les valeurs établies : par exemple, les Oiseaux ne sont plus des oiseaux mais les descendants des Dinosaures !

**MOTS-CLÉS :** Biologie ; Aristote ; Vitalisme ; Mécanisme ; Darwinisme ; Cellule ; Cladistique.

---

---

**RESUMEN:** Si el uso del vocablo biología se introdujo a principios del siglo 19, la ciencia del ser vivo se constituye a partir de la Antigüedad. Tres filiaciones presiden desde ese momento su constitución: la naturalista, la médica y la filiación química. En el corazón de la biología de Aristóteles se encuentra el concepto del alma que perdurará tal cual, a pesar de adoptar formas diversas, hasta el siglo 18. La biología será fundada de nuevo con la teoría celular. Facilita ésta un marco autónomo para pensar la organización y la reproducción de los seres vivos, reforzando el vitalismo que invadió el siglo 18. Sin embargo, la célula abre el estudio de lo infra celular, lo cual preludia el nacimiento de la biología molecular vía el encuentro de la genética, de la bioquímica y de la microbiología. Llegando a ser molecular, la biología tomaba el riesgo de volver a un estricto fisicalismo, como versión modernizada del mecanicismo de Descartes. El darwinismo, al explicar mediante la evolución la diversidad del mundo viviente, renueva el debate sobre el origen y la complejidad de la vida, retomado por los desarrollos recientes de esa misma biología molecular, no examinados aquí. Además, la teoría de la evolución condujo a revisar la clasificación por el método de la cladística que hace vacilar hoy los valores establecidos: por ejemplo, los Aves ya no son aves sino descendientes de los Dinosaurios!

**PALABRAS CLAVE :** Biología; Aristóteles; Vitalismo; Mecanicismo; Darwinismo; Célula; Cladística.

---

Si l'usage du mot biologie n'est introduit qu'au tout début du XIX<sup>e</sup> siècle, en 1802, par Lamarck, la connaissance scientifique autour du vivant et des phénomènes de la vie se constitue dès l'Antiquité, notamment en Grèce avec Aristote. Dès ce moment, trois filiations président à une première constitution de la biologie avant le mot. Deux autres temps forts apporteront deux nouvelles refondations de la biologie : au début du XIX<sup>e</sup> siècle et au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

## § 1. – TROIS FILIATIONS : NATURALISTE, MÉDICALE ET CHIMISTE

### 1a. – La filiation naturaliste

Elle s'occupe de décrire, nommer et classer les êtres vivants. C'est une histoire naturelle que nous lègue Aristote au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Une histoire avant tout particulière, c'est-à-dire faite de la description de chaque espèce ; mais une histoire qu'Aristote tente de rendre générale, en proposant ce que nous pourrions appeler *a posteriori* la première théorie du vivant. Ainsi, l'âme est pour lui le principe organisateur de la vie. Elle *informe* le corps, autrement dit lui imprime sa forme, sa structure. Elle n'est donc pas un privilège humain mais l'apanage de tout vivant, idée qui sera reprise par Thomas d'Aquin au XIII<sup>e</sup> siècle.

Contrairement à la thèse de Platon, combattue par Aristote et reprise par Saint-Augustin au V<sup>e</sup> siècle de notre ère, l'âme n'est pas quelque chose qui viendrait, du dehors, habiter la matière inerte pour lui donner vie. Elle est consubstantielle de l'être vivant et assure l'accomplissement des fonctions biologiques, qui sont autant d'âmes particulières pour Aristote : la végétation (la nutrition, la croissance et le développement) ; la sensibilité et la locomotion ; la reproduction (appelée autrefois génération, action d'engendrer de nouveaux vivants) ; l'intellection (les fonctions intellectuelles et psychiques).

Si l'explication paraît surtout verbale au lecteur contemporain avisé, elle est incontestablement scientifique et a inspiré la science jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, où l'on en retrouve des traces explicites chez le chimiste Stahl et des relents chez Buffon. Car le problème de la forme est en effet un problème majeur dans la compréhension du vivant. Il est le mystère de la structure, de l'organisation de la matière des êtres vivants. Le vivant est-il façonné de l'extérieur comme le sont les objets techniques fabriqués par l'Homme ou certains objets naturels, comme par exemple une vallée est façonnée par l'érosion ? Et dans ce cas, cette source extérieure peine à être autre que divine. Ou bien le vivant recèle-t-il en lui-même « ce » qui permet à ses structures de s'établir, de se maintenir et de se transmettre à la génération suivante ? C'est cette dernière option - le « ce » est l'âme - qui est la posture d'Aristote. Une posture incontestablement scientifique car rationnelle.

Le volet proprement naturaliste de son *Histoire des animaux* repose sur la distinction entre deux notions : (I) le *genos*, traduit par genre, est un groupement d'êtres semblables dont l'extension est mal délimitée et peut aller jusqu'à la classe ou l'embranchement de la classification actuelle ; (II) l'*eidōs*, représentant le « type », la « forme », autrement dit « l'espèce ». Aristote répartit les animaux en huit genres, eux-mêmes regroupés en deux branches (voir Fig. 1 - La classification animale selon Aristote).

En fonction du nombre d'espèces qu'il décrit, il crée des sous-unités à ces genres. Il reconnaît que les Cétacés ne sont pas des Poissons et les rattache aux Quadrupèdes vivipares (nos actuels Mammifères). Il pose l'existence d'une échelle des êtres vivants, aux degrés de perfection croissante en allant des végétaux à l'Homme, en passant par diverses formes animales inférieures et supérieures, sans qu'il y ait la moindre idée d'une évolution, puisque pour lui l'univers est fixe et immuable et la création unique. Pour lui, les Éponges marquent le passage entre Végétaux et Animaux.

Au Moyen-Âge, la diffusion de l'œuvre zoologique d'Aristote est assurée grâce aux traductions latines. Le médecin Michel Scot publie vers 1220 une version latine d'après la traduction arabe du IX<sup>e</sup> siècle du médecin chrétien Ibn-al-Batriq ; elle sert de base à la publication d'Albert le Grand sur les plantes et les animaux, avec les résultats de ses dissections et de ses expériences. Guillaume de Moerbeke effectue une traduction directe du grec vers 1260. L'influence d'Aristote fut d'autant plus persistante que l'oubli dans lequel tombèrent ses

<b>Animaux pourvus de sang</b> (Vertébrés)	<b>Animaux dépourvus de sang</b> (Invertébrés)
<b>Quadrupèdes vivipares</b> et apparentés	<b>Animaux mous</b> (Céphalopodes)
<b>Oiseaux</b>	<b>Animaux à coque</b> <b>souple</b> (Crustacés)
<b>Quadrupèdes ovipares</b> (Amphibiens et Reptiles)	<b>Animaux à revêtement</b> <b>écailleux</b> (Coquillages, Échinodermes, Éponges)
<b>Poissons</b>	<b>Animaux à entailles</b> (Insectes et apparentés, Vers ronds et plats)

Fig. 1 — La classification animale selon Aristote

écrits n'empêcha pas la tradition scholastique du Moyen-Âge d'en perpétuer la doctrine. En particulier, la *Scala Naturæ* (l'échelle des êtres), étendue aux anges et à Dieu, sera reprise par la chrétienté pendant plusieurs siècles et encore longuement développée par Leibniz au XVII<sup>e</sup> siècle. Dans le champ plus strict de la biologie, Lamarck la reprend encore à son compte au XVIII<sup>e</sup> siècle, mais cette fois dans une perspective transformiste originale. Le retour aux sources, via les traductions et les rééditions (en 1483, *l'Histoire des animaux*, de 1529 à 1539, arrivée à Lyon et Paris des *Œuvres complètes* d'Aristote) va, paradoxalement, alimenter sa critique.

#### 1b. — La filiation médicale

L'intérêt de l'être humain pour les maladies et la façon de soigner fait accéder à une certaine vision de l'anatomie et de la physiologie du corps humain, modèle pour les autres vivants, au moins animaux. Jusqu'à la Renaissance, et même au-delà, c'est la médecine d'Hippocrate puis de Galien qui domine. Pour Hippocrate, les tissus et les organes vivants échangent avec quatre liquides ou humeurs : (I) le sang, conçu comme un liquide à fonction nutritive, et non comme un tissu composé de cellules aux natures et fonctions multiples, selon la physiologie actuelle ; (II) la lymphe, autre liquide reconnu également aujourd'hui, mais considéré alors comme uniquement circulant dans les vaisseaux lymphatiques, alors qu'on sait à présent cette lymphe canalisée en lien avec le liquide qui baigne toutes les cellules dans les organes ; (III) la bile jaune, produite en effet par le foie et stockée dans la vésicule biliaire ; (IV) la bile noire, ou atrabile qui selon le médecin antique serait produite par la rate, mais dont l'existence n'est pas établie.

Pour Aristote, la « chaleur vitale » n'a pas d'origine mais constitue en revanche le moteur de toutes les transformations, notamment de la digestion (appelée de ce fait coction) des

aliments pour donner à ceux-ci la spécificité nécessaire à leur assimilation par les tissus d'un organisme vivant. Et la respiration ne sert qu'à refroidir le corps. On devra attendre Lavoisier, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, pour que soit inversée sa fonction : la respiration, assimilée à une combustion, est au contraire la source de la chaleur animale.

Selon Aristote, la nourriture se transforme directement en sang par son passage successif dans l'estomac, l'intestin puis le cœur. Le sang issu du cœur se dépose à son tour sous forme de chair dans les organes : le circuit sanguin est conçu comme ouvert, et non fermé. L'existence d'une petite circulation, pulmonaire, est mise en évidence en 1242 par Ibn Al Nafis (1208 - 1286). La circulation de retour au cœur ne sera établie définitivement qu'en 1628 par William Harvey.

Au II<sup>e</sup> siècle, Galien bouscule un peu le dogme aristotélicien en remplaçant l'âme par des « facultés naturelles » guère plus éclairantes. Il rejette l'idée que le cœur fabrique le sang : il a raison. Il attribue à ce dernier un rôle dans la respiration en imaginant qu'il se mêle à l'air pour former un énigmatique « pneuma » : là il a formellement tort, car ce pneuma a peu à voir avec l'idée actuelle de la fixation de l'oxygène dans les globules rouges du sang. Et jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, la médecine vit sur ces dogmes hérités de l'Antiquité sans presque les remettre en cause, hormis, d'une part, par Vésale qui publie en 1543 *De humani corporis fabrica*, révolutionnant l'anatomie de Galien ; il sera critiqué à cause de cela ; et, d'autre part, par la tradition alchimique liée à Paracelse au XVI<sup>e</sup> siècle et poursuivie par Van Helmont au tournant du siècle suivant. Tout ceci nonobstant les découvertes empiriques qui abondent sur le rôle thérapeutique des plantes et des minéraux.

### 1c. — La filiation chimiste

Cette filiation d'essence naturaliste répertorie et établit les propriétés des substances naturelles, ainsi que les lois de leur composition et de leurs interactions. Deux thèses s'affrontent dès l'Antiquité : (I) la thèse des éléments, reprise et diffusée par Aristote, distingue une matière première, stable et continue, d'une matière divisible qui constitue les substances naturelles. La division atteint une limite que les médiévaux nommèrent *minima*. Les substances naturelles combinent en outre quatre éléments ou corps simples : l'eau, l'air, le feu, la terre. On admet qu'il y a plusieurs sortes de terres et la matière vivante en est une sorte, d'où l'idée que dans le vivant on trouverait ainsi des *minima* de muscle, de peau, d'os, de nerf, etc. Platon mentionne dans le *Timée* un cinquième élément - la quintessence (cinquième essence) - en la figure énigmatique de l'éther, idée qui sera reprise en des occasions différentes des siècles plus tard. (II) La théorie atomique développée par Démocrite stipule l'existence du vide et d'atomes seulement concevables par l'esprit, eux aussi le terme de divisions successives de la matière. Ces unités n'ont cependant pas les mêmes propriétés que la substance macroscopique, lesquelles résultent de l'arrangement particulier d'atomes dont il existerait une grande variété de formes géométriques.

Dans la lignée de la tradition alchimiste, Van Helmont fournit au tournant des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles un apport original qui aura plus tard des développements inattendus : le concept de ferment. À cette heure, il ne s'agit que d'agents mystérieux, créés par Dieu au commencement du monde, existant en une grande variété, chacun accomplissant une mission spécifique, dont pour certains la digestion des aliments. Du reste, Van Helmont, qui conçoit la digestion comme une véritable transmutation au sens alchimique, est le chef de file du modèle « fermentationniste » opposé au modèle mécaniste dit « triturationniste » de Borelli (voir Fig. 2 La controverse sur la digestion).

C'est de façon très indirecte, et un peu abusivement, que les ferments font penser aux enzymes modernes.

La première constitution de la biologie, qui ne porte pas encore ce nom, intervient donc dès l'Antiquité et inspire au fond, en dépit de quelques découvertes qui l'ont bousculée, toute la période allant du Moyen-Âge au XVIII<sup>e</sup> siècle. Bien après que Lamarck lui eut attribué ce nom, la biologie ne sera refondée que vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle avec l'arrivée de la cellule.

## § 2. — NAISSANCE DE LA THÉORIE CELLULAIRE

La matière vivante est-elle radicalement distincte de la matière inerte ? Ou y a-t-il une communauté entre le vivant et le non vivant, et dans ce cas : à quelle échelle peut-on trouver cette identité ? Comment la reconnaître ? A contrario, où se situerait la discontinuité entre l'un et l'autre ? Si les partisans des deux thèses ont leurs adeptes là encore dès l'Antiquité, la solution ne commencera pas à être entrevue avant le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Car le problème de la composition se combine avec celui de l'organisation, autrement dit, la forme, problème déjà posé par Aristote puisque d'évidence il n'y a pas de similitude apparente entre matière vivante et matière inanimée. Et visiblement, la solution doit se trouver à une échelle d'observation que l'œil humain ne peut percevoir : quel est l'intermédiaire entre les constituants de base (atomes et/ou éléments) de toute matière, invisibles à l'œil mais identifiés par l'analyse chimique, et les organes et tissus aisément mis au jour par la dissection, aussi bien animale que végétale ? Curieusement, l'invention du microscope au XVII<sup>e</sup> siècle par Antoni Van Leeuwenhoek n'a pas permis d'apporter immédiatement la réponse, sans que soient en cause ni la qualité technique de l'instrument, certes rudimentaire, ni les agrandissements suffisants qu'il permettait déjà. Pour ne prendre qu'un exemple, au siècle suivant, Buffon ne « voit », dans les observations qu'il fait au microscope, rien d'autre que d'énigmatiques « molécules organiques vivantes » dont il a seulement postulé l'existence dans une théorie de l'organisation du vivant, certes intéressante, mais confuse et très approximative, dans laquelle il distingue trois niveaux emboîtés dans cet ordre : les molécules, les germes et les organes. Car c'est bien là que le bât blesse en science : il ne suffit pas de voir pour interpréter correctement. Ainsi, Hooke avait bien vu en 1667, dans les coupes fines de liège qu'il examinait au micro-

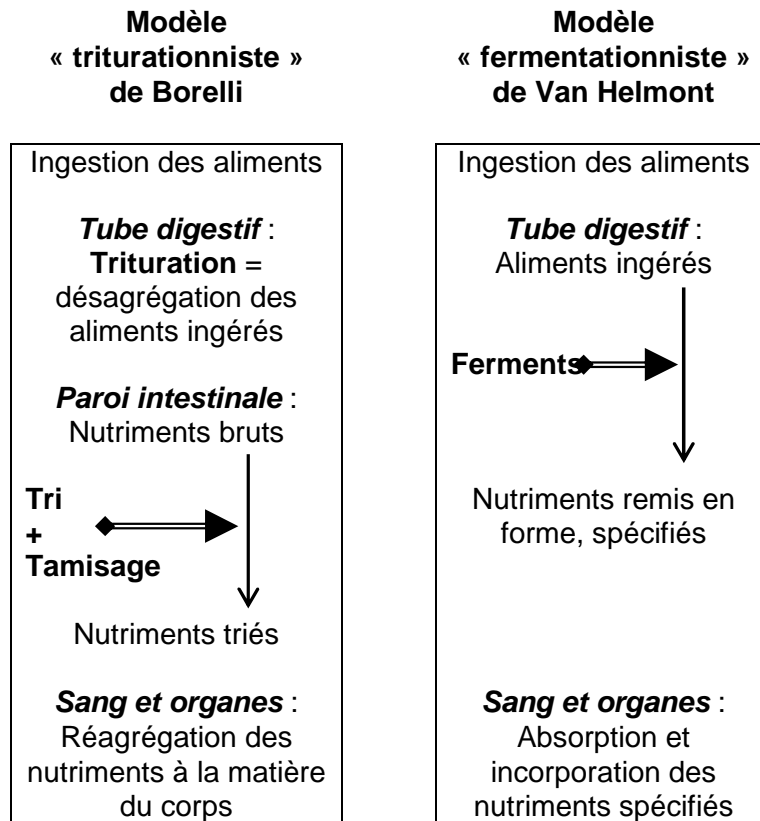


Fig. 2 - La controverse sur la digestion

scope, les logettes en « nid d'abeille » caractéristiques des tissus végétaux. Il emploie même le mot cellule pour les décrire, mais il est incapable d'en saisir la portée.

En histologie et en médecine, on vit encore, aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, sur le dogme de la « fibre », concept pour le moins flou et surtout purement descriptif. Cette fibre, dont l'image la plus parlante est celle des filaments du muscle, est certes considérée comme l'unité de structure des tissus vivants, mais elle est mal identifiée et aucun rôle fonctionnel ne lui est clairement attribué. Pire, le mot cellule désigne alors une lacune, un espace entre les fibres, tout le contraire du sens actuel. Il faut attendre les années 1820 et 1830 pour que la technique microscopique s'améliore sensiblement. Il faut surtout que l'état des esprits change. En 1831, Brown découvre le noyau et généralise aux végétaux le concept de cellule pourvue d'un noyau. Mais on doit à Jakob Schleiden le premier énoncé en 1838 qui préfigure la théorie : « Chaque cellule a une double existence, l'une propre, qui correspond à son développement, l'autre occasionnelle en tant que partie de la plante. » (Schleiden J. *Contributions à la phytogenèse*. Source : Giordan A. *Histoire de la biologie*, Tec&Doc Lavoisier, 1991).

Schwann, élève de Johannes Müller célèbre physiologiste allemand et spécialiste d'anatomie comparée, élargit et généralise aux animaux, sous l'influence de Schleiden, la théorie cellulaire en 1842. Enfin Virchow en 1855 en achève la formulation. Il y aura par la

suite bien des améliorations, des corrections et des approfondissements, mais la voie est enfin ouverte : d'une part, à la compréhension de phénomènes restés jusque-là mystérieux, comme la reproduction, le fonctionnement du système nerveux, etc. ; d'autre part à de nouvelles aventures, celles de l'infrastructure et du fonctionnement de la cellule elle-même.

L'unité de base du vivant est donc la cellule, l'organisme pluricellulaire étant issu d'une cellule unique - l'œuf - qui se multiplie pour donner un ensemble de cellules associées entre elles, différenciées les unes des autres et néanmoins interconnectées. L'élucidation du problème de l'organisation ne fait que reporter à un autre niveau et à un autre moment la non moins nécessaire élucidation de l'origine de la vie : autrement dit la formation de la toute première cellule. Dès l'arrivée de la théorie cellulaire, la science biologique n'a eu de cesse d'explorer l'infra-cellulaire : les constituants et les microstructures sont à la cellule ce que les organes sont aux organismes ; l'étude du métabolisme, c'est-à-dire des réactions chimiques internes à la cellule, est l'équivalent de la physiologie à l'échelon de l'animal ou du végétal. Mais à condition d'opérer un changement d'échelle : de cellulaire la biologie doit devenir moléculaire.

### § 3. — LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Cette biologie moderne naîtra du lent rapprochement et de l'articulation de plusieurs disciplines développées d'abord indépendamment : génétique, biochimie, microbiologie.

#### 3a. La génétique

Elle n'est au départ que la science de l'hérédité qui tente d'expliquer ce paradoxe : si les enfants ressemblent plus à leurs parents qu'à des personnes étrangères, ils ne leur sont pas identiques. L'énigme n'a pu commencer à être résolue que très tardivement là encore, pas avant que l'on ait compris, à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle et surtout au XIX<sup>e</sup>, que l'œuf à l'origine d'un nouvel individu est lui-même le résultat de la fusion des gamètes mâle et femelle, cellules issues chacune de l'un des parents.

Car, dès l'Antiquité, les trois thèses s'affrontent : **(I)** le nouvel être est issu du seul développement de la semence mâle chez les vivipares, la femelle ayant un rôle nourricier ; cette thèse sera appelée animalculisme après qu'on aura découvert les « animalcules » (spermatozoïdes) dans le sperme observé au microscope ; **(II)** l'être ne se développe qu'à partir de l'œuf (au sens d'ovule femelle), le sperme n'ayant qu'un rôle d'activateur, la difficulté étant d'imaginer l'existence d'un œuf (ovule) chez les vivipares ; cette thèse est appelée ovisme ; **(III)** il y a mélange des semences mâle et femelle dont la contribution est égale dans l'édification du nouvel individu, comme les faits d'hérédité obligent à l'admettre.

Comme la cellule reste alors à « inventer », la controverse se perpétue. Dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle Maupertuis, qui s'intéresse aux faits d'hérédité, admet l'intervention



partagée de la semence mâle et de la semence femelle dans la génération, comme on appelle alors la reproduction. Il pense que les semences sont constituées d'extraits miniatures de toutes les parties du corps de chacun des parents. Buffon reprendra cette idée alors assez répandue à l'époque, et elle-même due à l'héritage d'Hippocrate. Cette explication très mécaniste et assez « rustique » ne peut conduire à aucun développement expérimental et demeure donc un dogme. Car, pour pouvoir identifier les mécanismes de la transmission des caractères, et *a fortiori* le support matériel de l'hérédité, encore faut-il y voir clair, tandis que les expressions communes rajoutent à la confusion : ne dit-on pas que l'hérédité a à voir avec le sang ? On est, ou non, de sang royal, ou encore le sang de ses aïeux coule dans ses veines ? On a le sang « fort » ou « faible », etc.

C'est un obscur moine morave qui va fournir l'essentiel de la solution à la problématique de l'hérédité : pouvoir être à la fois semblable et dissemblable à ses géniteurs. Johann Mendel, dit frère Gregor, publie deux mémoires sur l'hybridation, en 1865 et en 1870. Dans les jardins du monastère de Brno dont il devint supérieur, il effectue des expériences minutieuses de croisement (reproduction contrôlée) entre variétés de petits pois. Sans avoir la moindre idée de la nature du support de l'hérédité, il établit, grâce à des statistiques, quelques lois de la transmission des caractères qui fondent la génétique classique. Ses travaux sont peu diffusés car ils n'intéressent pas le botaniste en vue à l'époque, Karl Naegeli ou Nägeli (1817 - 1891). On a même retrouvé dans la bibliothèque de Darwin une brochure que Mendel lui avait envoyée, visiblement non lue.

Il faut attendre 1900 pour que les travaux de Mendel soient redécouverts, indépendamment par Carl Correns (1864 - 1933), Erich Tschermak (1871 - 1962) et Hugo de Vries (1848 - 1935), puis développés par ce dernier. On appellera désormais « gène » l'unité de transmission héréditaire, dont on ignore alors la nature, la localisation et le mode d'action. Les travaux du généticien américain Thomas H. Morgan (1866 - 1945) au début du XX<sup>e</sup> siècle situent les gènes sur les chromosomes des noyaux cellulaires, sans que leur nature chimique soit encore élucidée. Pour cela, il faut attendre les années 1940. Avery d'abord, puis le groupe emmené par Max Delbrück, tous deux aux USA, apportent des preuves que les gènes sont faits d'ADN. Le plus étonnant dans cette affaire est que les acides nucléiques avaient été mis en évidence dès 1869 par le suisse Miescher (1844 - 1895). Celui-ci avait isolé à partir de noyaux cellulaires une substance n'ayant pas les propriétés des autres constituants connus de la matière vivante : glucides (sucres), lipides (corps gras) et protides (corps albuminoïdes). Il la nomme de façon descriptive « nucléine » : on dira plus tard « acide nucléique ». La génétique va être en mesure de rencontrer la biochimie.

### 3b. La biochimie

Encore appelée chimie physiologique au XIX<sup>e</sup> siècle, elle franchit un bond considérable sous l'influence d'Eduard Büchner à la toute fin du siècle et d'Emil Fischer au tout début du

XX<sup>e</sup>, puis de Sir Frederick Hopkins. Les thèses de Stahl, pendant les XVII<sup>e</sup> - XVIII<sup>e</sup> siècles, ont dominé jusqu'à ce que Lavoisier lui ait porté le coup décisif. Pourtant, la composition de la matière vivante est demeurée une grande énigme pendant plusieurs siècles, de même que les phénomènes qui se déroulent à l'intérieur des organismes et dont les échanges (alimentation, respiration, excrétion) ne sont que l'expression visible d'une véritable « boîte noire ». En 1789, Fourcroy avait reconnu le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote comme les « principes les plus simples » des matières vivantes et avait classé les « principes immédiats » extraits sans altération des corps organiques en : matière sucrée, mucilages, huiles, résine, matière albumineuse, etc. On parvient sans trop de mal, avec les techniques chimiques classiques, à établir la structure chimique des constituants fondamentaux de la matière vivante.

Il n'en va pas de même dans le domaine des réactions qui se déroulent avec et entre ces substances, le métabolisme. En étudiant les fermentations, Pasteur, contredisant Liebig, avait érigé en dogme l'impossibilité de reconstituer ces réactions *in vitro*, en dehors de la cellule, puisque celle-ci est pour lui le synonyme du « ferment » qui rend ces réactions possibles. En 1897, Büchner parvient à reproduire *in vitro* la fermentation du sucre avec un extrait acellulaire de levure. C'est l'expérience fondatrice de la biochimie, laquelle s'engage alors dans deux directions : a) la mise en évidence des étapes du métabolisme (réactions chimiques intracellulaires) ; b) la caractérisation des protéines, composants essentiels du vivant et agents catalyseurs -les enzymes- des multiples réactions métaboliques. Pour l'heure, la biochimie ne « jure » donc que par les protéines, les acides nucléiques isolés par Miescher en 1869 demeurant à ses yeux une curiosité sans intérêt. Parallèlement, l'étude des microbes se poursuit.

### 3c. La microbiologie

C'est à la séance hebdomadaire de l'Académie des sciences du 11 mars 1878 que le chirurgien Charles-Emmanuel Sédillot propose d'adopter, sur le conseil de Littré, le mot *microbe*, comme terme générique d'une profusion de noms alors en usage pour désigner tout ce qui grouille sous les microscopes. C'est aussi un moyen pour faire taire les querelles entre partisans des « microzoaires » (microbes animaux) et des « microphytes » (microbes végétaux). La science contemporaine aura retenu microorganismes, le terme *microbe* étant rejeté vers la langue vernaculaire.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, le microscope signe évidemment l'acte de naissance de ce qui ne s'appelle pas encore la microbiologie, mais dont les objets furent un temps nommés, sans succès, les *Microscopiques*. Leeuwenhoek et d'autres à sa suite observent toutes sortes de milieux, naturels comme des lacs, des mares, du sperme ; artificiels obtenus par infusion de diverses matières organiques en décomposition plus ou moins avancée. Des descriptions et des classifications s'ébauchent. Mais ce qui préoccupe les XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, c'est le mystère de la génération des vivants qui donne lieu à deux controverses célèbres. La première oppose les spontanéistes aux anti-spontanéistes : pour ou contre la génération spontanée. Car si

Francesco Redi avait tordu le cou en 1668 à la génération spontanée des insectes en montrant que les larves qui se développent sur la viande avariée proviennent des œufs pondus par les mouches, les microbes sont de découverte plus récente et relancent la controverse, définitivement close par Pasteur. Pourtant, ce débat portera jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle un double enjeu, épistémologique et politico-religieux : la génération spontanée offre une explication rationnelle à l'origine de la vie et combat le vitalisme encore tenace à cette époque ; elle est défendue par les anticléricaux ; tandis que les anti-spontanéistes sont le plus souvent des religieux et des politiques conservateurs. L'autre controverse oppose les tenants de l'épigenèse à ceux de la préformation. Lorsque l'œuf se développe, faut-il considérer que les structures et les organes apparaissent réellement aux dépens de la matière en apparence inorganisée de l'œuf (épigenèse) ? comme le soutient Descartes ; ou doit-on admettre que les organes, déjà présents en miniature, ne font que se déployer et grandir (préformation) ? Comme le prétend notamment Swammerdam.

La médecine n'est pas en reste pour obscurcir encore plus le paysage. Ozanam publie en 1835 un traité des maladies à caractère épidémique, qu'il rapporte à deux sortes d'agents infectieux supposés, mais à la nature parfaitement inconnue : les miasmes, substances issues de milieux insalubres et se propageant dans l'air pour contaminer en priorité les plus faibles des individus ; les contagés, humeurs émises par les malades eux-mêmes et portant la contagion (le mot vient de contagé = touche avec, du latin *tangere* = toucher et *con* = avec) auprès de ceux que l'on côtoie.

Une confusion supplémentaire va s'installer : on emploie alors le mot *virus* (sans savoir de quoi il s'agit précisément) comme synonyme de contagé. Pourtant, l'étude des maladies progresse sensiblement dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Et le microscope, encore optique, permet d'identifier deux types de « microbes » parmi lesquels on rencontre bon nombre d'agents infectieux : les protozoaires et les protophytes, êtres unicellulaires dont les cellules ressemblent en tous points aux cellules des organismes supérieurs, en particulier avec la présence du noyau (eucaryotes) ; les procaryotes, dont les cellules n'ont pas de noyau visible, et parmi lesquels on trouve les célèbres bactéries. Or, en 1881, Pasteur constate que l'agent responsable de la rage est invisible au microscope et qu'on ne peut pas le cultiver sur un milieu nutritif, mais seulement sur un tissu cellulaire. En 1892, Iwanowski démontre que dans la Mosaïque du Tabac, la sève du plant malade, même filtrée à l'aide d'un filtre excessivement fin, transmet la maladie au plant sain. On pense d'abord à une toxine, à savoir une substance chimique. Mais en 1898 on doit renoncer à cette hypothèse et admettre qu'il existe des « virus filtrants » (qui traversent le filtre).

Le « vrai » virus, le virus moderne, mesure de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres. Il faut attendre la mise au point du microscope électronique dans les années 1930 pour l'observer directement. La voie est ainsi préparée pour la rencontre des trois disciplines : génétique, biochimie, microbiologie ; et la biologie devient moléculaire. C'est avec des

bactéries et des virus que respectivement Avery puis Delbrück démontrent que le gène est constitué d'ADN (voir ci-dessus). N'oublions pas de signaler, pour finir ce rapide panorama, que Watson et Crick mettent en évidence la devenue célèbre structure en double hélice de l'ADN, en 1953. Et que le code génétique (correspondance entre l'ADN et les protéines) est achevé d'être élucidé en 1966. Point d'orgue sans doute provisoire : au début de 2001, l'américain Craig Venter annonce la première cartographie complète du génome humain. En se spécialisant vers l'infiniment petit, vers l'infra-cellulaire, la biologie semble s'être éloignée des préoccupations initiales des naturalistes, frappés par la diversité des formes vivantes, tant celles visibles à l'œil nu du monde macroscopique que par la non moindre variété des formes microscopiques. En fait il n'en est rien et au contraire l'évolution du vivant, source de cette biodiversité, va renforcer l'unité de la biologie.

#### §4. – LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION

Lorsqu'en 1859 Charles Darwin publie *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle*, c'est un bouleversement des esprits qui se produit, puisque la diversité des formes vivantes reçoit enfin une explication scientifique : l'évolution commence non seulement à être admise, mais elle est expliquée de façon naturelle, rationnelle. Dès l'Antiquité, où toutes les hypothèses semblent avoir été envisagées, on trouve déjà quelques idées évolutionnistes assez frustes, comme chez Anaximandre. Il faut pourtant attribuer à Lamarck le mérite d'avoir formulé au début du XIX<sup>e</sup> siècle la première thèse transformiste, même si l'on trouve au siècle précédent cette idée envisagée par Maupertuis avec d'incroyables prémonitions presque darwiniennes. Le transformisme de Lamarck reste assez général, un peu embrouillé, et le savant est attaché à l'idée de l'hérédité des caractères acquis sous l'influence du milieu ou environnement. Du reste Darwin lui-même l'admettra aussi. Lamarck est aussi un partisan de la génération spontanée qui lui fournit de l'eau à son moulin transformiste : les êtres microscopiques sont pour lui les formes primitives et les plus simples de vie, apparues nécessairement aux dépens de la matière inerte, par génération spontanée donc. Leur existence signe *la preuve* selon lui que les êtres supérieurs en sont dérivés par complication croissante.

Si l'idée d'évolution ne plaît évidemment pas aux églises, surtout à cause de la question immédiatement soulevée de l'origine de l'Homme, elle se heurte aussi à des objections scientifiques. Comment l'espèce, qui se reproduit identique à elle-même génération après génération, pourrait-elle - d'un coup ou graduellement - devenir une autre espèce ? Depuis Linné, fixiste convaincu, la conception de l'espèce est essentialiste (au sens platonicien). Cette vision est renforcée par le fait même qu'on a donné - depuis John Ray en 1686 - au critère d'interfécondité, dans la définition de l'espèce, la supériorité sur les ressemblances anatomiques et morphologiques. Du reste Cuvier demeure lui aussi un fixiste résolu, malgré l'éclairage que la paléontologie commence à apporter sur les formes de passage et la continuité

possible entre espèces.

Or, lorsque la génétique fait son entrée dans le paysage biologiste, apportant à sa suite la notion de mutation qui aurait pu plaire aux évolutionnistes, ceux-ci l'accueillent mal. Ils sont déroutés par ces mutations génétiques s'accordant mal avec la variabilité des caractères quantitatifs (taille, poids...) alors largement étudiée. Ce sont des généticiens mathématiciens (Haldane, Wright, Fisher) qui furent les artisans du lent rapprochement, en faisant naître dans les années 1920-1930 la génétique des populations. Celle-ci a cherché à appliquer les lois de Mendel à l'échelle des populations, permettant de mieux comprendre le phénomène de spéciation (naissance d'une nouvelle espèce) et l'adaptabilité des espèces à l'environnement grâce à leur variabilité génétique. *Bouclant ainsi la boucle*, la théorie de l'évolution va aussi renouveler profondément l'approche naturaliste classique de la biologie en impactant fortement la classification des êtres vivants.

## §5. – CLASSIFICATION, SYSTÉMATIQUE OU TAXONOMIE

Ces trois termes sont proches et, bien que pas tout à fait synonymes, ils sont employés communément comme tels. *Classification* vient de l'ambition d'abord pratique de regrouper les êtres vivants. *Systématique* fait référence aux différentes méthodes ou systèmes de classements proposés par les naturalistes et parfois concurrents. *Taxonomie* (ou *taxinomie*) est introduit par Augustin-Pyramus de Candolle pour désigner la science des lois de la classification des formes vivantes.

### 5a. L'ambition d'une classification naturelle

La classification animale est formalisée par Aristote dans son *Histoire des Animaux*. La botanique prend le relais avec Théophraste, le successeur d'Aristote au Lycée d'Athènes et qui rédige une *Histoire des plantes*. Au I<sup>er</sup> siècle Dioscoride écrit un traité de botanique et Pline l'Ancien publie une *Historia Naturalis* en 37 volumes, avec les végétaux, les animaux et bien d'autres sujets. Mais ces classifications restent avant tout utilitaires : les vertus médicinales, alimentaires et tinctoriales sont au premier plan.

La critique du travail des Anciens démarre au XVI<sup>e</sup> siècle lorsque Fuchs en 1531 et Gesner en 1541 proposent une classification alphabétique des noms de plantes : autant dire une non-classification qui a le mérite de souligner les défauts de toutes les classifications. Joseph Pitton de Tournefort propose en 1694 de réunir les espèces en genres. Les autres niveaux hiérarchiques de la classification furent codifiés au XVIII<sup>e</sup> siècle par Linné. En pratique, Linné parvient à cela en tentant une synthèse entre les deux logiques de classification. La logique divisive, héritée de l'Antiquité, consiste à partager de façon dichotomique (par deux sous-ensembles à chaque fois) le grand ensemble des êtres vivants d'après des critères choisis *a priori*, en répétant l'opération au fur et à mesure jusqu'aux espèces, unités de base. Par

exemple, on oppose le règne animal au règne végétal ; chez les Animaux, on distingue les Vertébrés des Invertébrés, etc. La logique agglomérative procède à l'inverse par regroupement des espèces sur critères de similarité, en réitérant le procédé avec les groupes d'ordre supérieur constitués à chaque étape. Ainsi, on peut associer les Crapauds avec les Grenouilles, puis l'ensemble est rapproché des Tritons et Salamandres, etc.

En botanique, le résultat des divers systèmes proposés par différents auteurs permit de retrouver la plupart des familles : rosacées, ombellifères, graminées, crucifères, papilionacées, etc. Ceci suggéra aux naturalistes qu'il existait bel et bien une *vraie* classification : une classification naturelle, reflétant l'ordre de la création divine. Doutant qu'un tel ordre pût exister, Buffon s'était insurgé, avec une virulence particulière, contre le système de Linné.

Une première révolution s'accomplit au tournant des XVIII<sup>e</sup> - XIX<sup>e</sup> siècles. Les Jussieu, oncle et neveu, posent le principe de la subordination des caractères : les caractères présents dans un taxon donné ne sont pas tous équivalents ; un taxon peut donc être défini par un faible nombre de caractères constants et partagés par toutes les espèces qui y sont réunies, plutôt que par un grand nombre de caractères qui ne seront pas présents chez toutes les espèces.

En zoologie, ce principe fut appliqué par Georges Cuvier, lequel sépara le règne animal en quatre embranchements : *Vertébrés*, *Arthropodes* (réunissant les Crustacés et les Insectes qu'Aristote avait séparés), *Mollusques* (regroupant les coquillages et les céphalopodes qu'Aristote avait disjointes), *Radiants* (animaux dont le plan d'organisation n'est pas construit sur la symétrie bilatérale comme les trois précédents, mais sur une symétrie radiaire, à l'image des rayons d'une roue ; cas par exemple des oursins et étoiles de mer). Ce fut le grand mérite de Cuvier que de s'intéresser aux taxons de rang élevé, ce dont Buffon ne voulut point s'occuper. L'extraordinaire diversité des êtres vivants est un défi à la mise en ordre. En outre, pour les animaux, surtout les plus familiers et les plus gros, le besoin d'identification minutieuse n'est pas aussi fort qu'en botanique où il faut éviter de confondre les poisons et les remèdes.

Du reste, au XVI<sup>e</sup> siècle les naturalistes décrivent les animaux sans trop se préoccuper de les classer. Leurs ouvrages sont plus des bestiaires que des traités de zoologie. On a le souci du détail et de l'exhaustivité, pas celui de l'exactitude, pour plaire aux aristocrates qui vont à la chasse et à leurs dames qui tiennent salon. Dans le prolongement, le XVIII<sup>e</sup> siècle voit se multiplier les cabinets de curiosité chez les particuliers « de qualité ».

Dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle l'étude des Insectes fait d'immenses progrès, grâce en particulier à Swammerdam. Réaumur n'est pas en reste qui publie entre 1734 et 1742 *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*. Mais pour lui, insecte correspond plutôt à invertébré : tout ce qui n'est pas quadrupède, oiseau et poisson en fait partie, et Réaumur y adjoint, curieusement, lézards, crocodiles et serpents !

## 5b. Les approches contemporaines

En abandonnant l'essentialisme pour une vision de l'espèce plus proche du nominalisme, Darwin parvient, en rassemblant les multiples observations qu'il rapporte notamment de ses voyages, à l'idée que l'évolution ne procède pas d'une instruction extérieure imprimant le changement organique, comme l'affirmait Lamarck, mais de la sélection opérée spontanément par les conditions du milieu. D'après ce raisonnement, on peut comprendre aisément que la ressemblance entre espèces s'explique par l'héritage de caractères légués par une espèce ancêtre. Ainsi, l'ordre actuel est le fruit de l'histoire du vivant et son analyse offre l'occasion de remonter le temps pour reconstituer la phylogénie (voir Fig. 3 - Les Tétrapodes selon la classification évolutive habituelle).

La cladistique a de quoi dérouter le grand public, peu familier d'une culture naturaliste elle-même quasiment disparue de l'enseignement scolaire. C'est ainsi qu'elle considère les Oiseaux comme les Dinosaures des temps modernes, car ce sont leurs descendants directs (voir Fig. 4 - Les Tétrapodes selon l'approche cladistique). De même, les Champignons ne sont plus considérés comme des Végétaux et sont placés sur une branche parallèle de celle des Animaux. La subdivision devenue classique du monde vivant, proposée en 1925 par Chatton, entre les procaryotes (êtres à cellules sans vrai noyau), et les eucaryotes (êtres à cellules à vrai noyau) est elle-même remise en cause au profit d'un monde vivant d'emblée scindé en trois lignées distinctes : archées, bactéries et eucaryotes, selon l'arbre proposé par Carl Woese dans les années 1970.

Ces subtilités peuvent paraître « byzantines », mais c'est essentiel si l'on veut espérer mieux comprendre la phylogénie du vivant et donc l'origine de la vie. La difficulté d'accès de ces nouvelles approches ne tient pas seulement à la faiblesse de la culture naturaliste des citoyens. Elle tient aussi à la persistance d'attitudes de pensée confortées par le sens commun. L'anthropocentrisme est ce qui a conduit à diviser le monde vivant de façon binaire, depuis la dichotomie d'experts entre procaryotes et eucaryotes jusqu'à la distinction singe homme. L'Homme est alors considéré comme l'être le plus évolué. Or, tous les vivants actuels sont aussi évolués les uns que les autres, puisque les lignées auxquelles ils appartiennent ont vécu la même durée évolutive.

Le finalisme fut répandu en biologie jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle puis combattu surtout dans sa version transcendantale (divine) qui assigne à l'évolution le but de faire apparaître les espèces, et en particulier l'Homme. Or, comme dans l'histoire humaine et sociale, « si tout pouvait recommencer, la probabilité que tout se passe de la même manière est quasiment nulle » (Lecointre G., Le Guyader H., *Classification phylogénétique du vivant*, Belin). L'essentialisme attribue à tout être une nature absolue, en soi, son essence. Cette posture aboutit de façon générale à considérer que les objets sont soumis à cette essence au lieu que d'obéir aux lois de la nature. En biologie cette attitude a conduit au fixisme, à l'antiévolutionnisme.

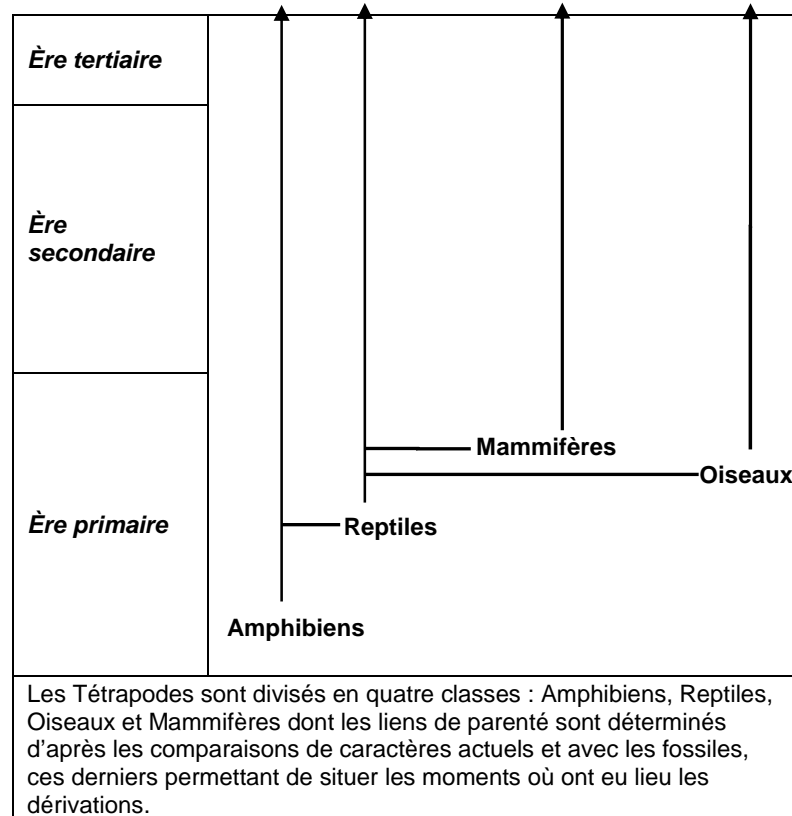


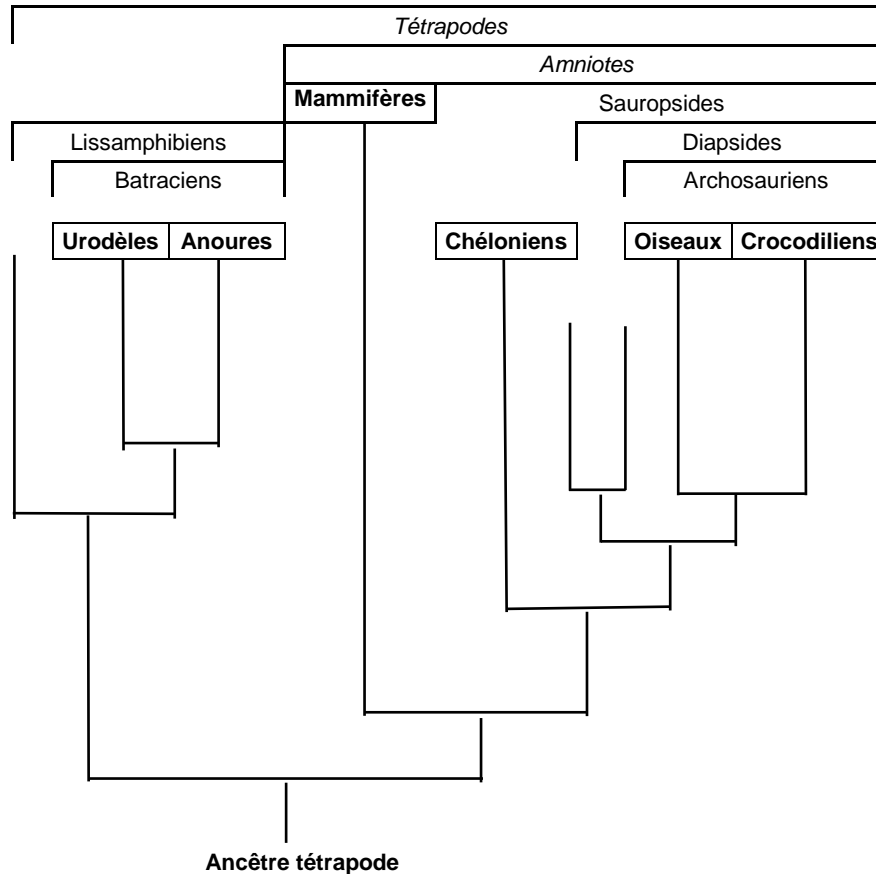
Fig. 3 - Les Tétrapodes selon la classification évolutive habituelle

Source : simplifié d'après Lecointre G., Le Guyader H., *Classification phylogénétique du vivant*, Belin, 2001

Cependant, la cladistique formule assez souvent des hypothèses concurrentes que l'on parvient plus ou moins aisément à départager. Si l'on utilise principalement les caractères anatomiques, on fait appel de plus en plus aux caractères biochimiques : comparaison de la succession des acides aminés dans les protéines, de la séquence des bases de l'ADN. Pour autant, on ne parvient pas toujours à trancher et les techniques biochimiques rajoutent parfois de la divergence dans les analyses. D'autres approches, plus classiques, existent aussi en taxonomie, en particulier l'approche phénétique qui se fonde plutôt sur la ressemblance globale.

On l'a vu au cours de ce trop bref panorama de l'histoire de la biologie : celle-ci s'est constituée et refondée à plusieurs reprises, à partir d'approches à l'origine disjointes. La biologie contemporaine est parvenue à les unifier. Pourtant, le lien entre ses différentes





Les Mammifères ont rang de classe, au même titre que les Sauropsides. Les Oiseaux et les Crocodiliens ont rang de super-ordre. Cette présentation en arbre dichotomique illustre la diversification évolutive. Pour simplifier, toutes les terminaisons n'ont pas été nommées.

Fig. 4 – Les Tétrapodes selon l'approche cladistique

Source : simplifié d'après Lecomte G., Le Guyader H., *Classification phylogénétique du vivant*, Belin, 2001

composantes n'est pas visible immédiatement. Notamment, on peut avoir du mal à concevoir comment la biologie moléculaire et l'évolution peuvent être reliées et se soutenir mutuellement. D'un côté, on dispose d'un ensemble de faits expérimentaux qui décrivent en détail les mécanismes intimes, moléculaires, du fonctionnement de la cellule : autrement dit la « machinerie microscopique ». De l'autre, on est face à une théorie qui porte sur des phénomènes macroscopiques sur lesquels les possibilités d'expérimenter sont très limitées. Elle a cependant le mérite de la rationalité scientifique, mais demeure spéculative en dépit des arguments accumulés en sa faveur.

Plus la biologie moléculaire élucide la finesse des mécanismes de la vie, plus elle se heurte à une difficulté philosophique : l'adaptation des êtres vivants à leur milieu est telle, la sophistication des processus est si grande, que l'on peine à imaginer comment on a pu en

arriver là. Si elles étaient dirigées par une instruction extérieure, les structures seraient pré-adaptées et comme préformées. Pour la théorie classique de l'évolution, les phénomènes vitaux n'ont pas été téléguidés car les structures qui les supportent ont été sélectionnées en raison de l'avantage reproductif qu'elles ont pu conférer, dans des conditions données, par rapport aux congénères qui en étaient dépourvus. La finalité apparaît comme un constat fait *a posteriori*, un bénéfice apparent et secondaire, et en aucun cas le motif ou le vecteur de l'innovation. Celle-ci demeurerait strictement contingente (due au hasard) et retenue, sélectionnée, parce que plus avantageuse dans un milieu donné. Les découvertes les plus récentes, notamment avec l'entrée de l'épigénétique, ne vont pas manquer de relancer les débats.

#### QUELQUES INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

Aristote, *Histoire des animaux- Traduction, présentation et notes par Janine Bertier*, Folio Gallimard, Paris, 1994.

Buffon, *Histoire naturelle - Choix et préface de Jean Varloot*, Folio Gallimard, Paris, 1984.

Delaunay P., *La zoologie au XVI siècle*, Hermann, Paris, 1962 (nouveau tirage 1997).

Duchesneau F., *Les modèles du vivant de Descartes à Leibniz*, Vrin, Paris, 1998.

Dupouey P., *Épistémologie de la biologie*, Nathan Université, Paris, 1997.

Giordan A. (sous la dir.), *Histoire de la biologie*, Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 1989.

*Histoire des sciences médicales*, organe officiel de la Société française d'histoire de la médecine, numéro 2 avril-mai-juin 2010.

Lamarck, *Recherches sur l'organisation des corps vivants* (texte revu par Drouin J.-M.), Fayard, Paris, 1986.

Lecointre G., Le Guyader H., *Classification phylogénétique du vivant*, Belin, Paris, 2001.

Pichot A., *Histoire de la notion de vie*, Gallimard, Paris, 1993.

Roger J., *Les sciences de la vie dans la pensée française du dix-huitième siècle*, Armand Colin, Paris, 1963.

Théodoridès J., *Histoire de la biologie*, PUF Que sais-je ?, Paris, 1965, 7<sup>me</sup> éd. corrigée.

Zarka Y., *Buffon, le naturaliste philosophe* (avec la collaboration de M.-F. Germain), Éditions Chemins de tr@verse, 2014.

\* \* \*

Yves ZARKA

[yves.zarka@ac-creteil.fr](mailto:yves.zarka@ac-creteil.fr)

[yves.zarka@chemins-de-traverse.fr](mailto:yves.zarka@chemins-de-traverse.fr)