

Le microscope dans l'histoire des sciences de la nature

Pierre SAVATON

Avertissement

Ce texte est une reprise d'une communication faite dans le cadre d'un stage de formation continue des enseignants de SVT de l'Académie de Limoges. Il vise à fournir des repères historiques et épistémologiques. Cette présentation était suivie d'un travail sur des textes originaux ou sur des textes présentés dans des ouvrages d'histoire des sciences.

Une petite bibliographie d'histoire des sciences de la vie a été également distribuée lors de ce stage. L'auteur invite ces lecteurs à prolonger cette lecture par celle de ces ouvrages et plus spécifiquement par celui de Pascal Duris & Gabriel Gohau (1997) qui offre un large regard sur l'histoire de ces sciences. De nombreux emprunts ont été fait à cet ouvrage pour préparer ce stage.

L'invention du microscope fit suite, à quelques années d'intervalles, à celle des lunettes astronomiques. On peut dès l'origine distinguer des microscopes simples ou loupes et des microscopes composés. Les premiers sont constitués d'une unique lentille convergente, les seconds sont composés de deux lentilles, l'objectif et l'oculaire.

La première invention pourrait être l'œuvre du Hollandais Zacharias Jansen (1580?-1640) en 1595 ou plus probablement de son père Hans, mort vers 1595. Pour Brian J. Ford la première invention serait à rapporter à un autre Hollandais, créateur de spectacles et constructeur de télescopes, Hans Lippershey (1570-1619) en 1591. Galileo Galilei (1564-1642), dit Galilée, aurait amélioré en 1609 le modèle de télescope de Lippershey de 1608 en augmentant la distance entre les lentilles. Il ne subsiste aucun microscope de Jansen, mais seulement des descriptions du début du XVII^e siècle, dont celle de Cornelis Drebbel (1572-1633)¹ en 1619.

Dans les deux cas il s'agissait de microscopes composés qui ne permettaient pas de forts grossissements et produisaient des images peu nettes. Pour Maurice Daumas², la recherche de paternité de l'invention se complique du fait des nombreux auteurs de traités d'optique, qui décrivent au XVII^e siècle des modèles de microscopes issus de leurs conceptions théoriques, mais jamais réalisés.

Pour Brian J. Ford³ les microscopes simples, contrairement à l'idée communément admise, ont très tôt permis d'obtenir des images de qualité avec un fort grossissement. Des cellules biologiques de 20 voire 10 micromètres ont été observées avec des détails de l'ordre du micromètre. La plupart

¹ Drebbel est un inventeur attaché à la cour du roi Jacques I^{er} d'Angleterre. C'est un excentrique, inventeur de spectacles, de machines (une machine à mouvement perpétuel !), constructeur de lentilles et de microscopes. Leeuwenhoek est très critique à son égard alors que Constantijn Huygens (1596-1687), le père de Christian Huygens (1629-1695) utilise l'un de ses microscopes, pour ses propres observations.

² Daumas, Maurice, 2003 (1953), *Les Instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris : Editions Jacques Gabay (Paris : Presses Universitaires de France), réimpr., 56-67.

³ Brian J. Ford, 1992, La naissance de la microscopie, *La Recherche*, 23, N° 249, décembre 1992, 1370-1378.

des découvertes capitales dans le domaine de la microscopie du XVII^e au début du XIX^e siècles ont été faites à l'aide de microscopes simples.

1. Le microscope et l'histoire de l'entomologie

L'invention du microscope au début du XVII^e siècle va permettre tout d'abord un développement des études entomologiques. Mais, indiquons tout d'abord l'état des connaissances entomologiques à la fin du XVI^e siècle.

L'origine de l'entomologie est à rechercher dans celle de la zoologie, c'est-à-dire directement dans l'Antiquité. Aristote (384-322) est le premier à observer et décrire les formes vivantes. Il pratique la dissection et même la vivisection, guidée par le principe essentiel de la finalité : la nature n'a rien fait en vain et rien n'est superflu. Son *Histoire des animaux* ne propose pas véritablement de classification systématique, mais regroupe les animaux selon des critères anatomiques et physiologiques. S'il parle de *genres* et d'*espèces* c'est sans le sens qu'on leur donne aujourd'hui. Il regroupe alors les quelques centaines d'animaux qu'il connaît en deux catégories : les sanguins (*Enaima*) et les « non-sanguins » (*Anaima*).

Enaima : Homme, Quadrupèdes, Oiseaux, Cétacés, Poissons ;

Anaima : Mollusques, Crustacés décapodes, *Entoma* (Insectes, Arachnides, Myriapodes, Annélides, Vers parasites).

Les *Entoma* ont un corps divisé en segments par des incisions (*entomos* en grec). Chaque segment peut être prolongé par des appendices. Le corps est composé de trois parties : abdomen, thorax et tête.

Le terme *Entoma*, traduit en latin par *Insecta*, désigne jusqu'au XVIII^e siècle l'ensemble des animaux au corps segmenté et principalement les arthropodes. Les naturalistes de l'Antiquité romaine ne font guère que reprendre Aristote. Pline l'Ancien (23-79), dans les 37 tomes de son *Histoire naturelle*, expose surtout une compilation commentée.

Comme dans bien d'autres champs de la connaissance, le Moyen Age marque plutôt une stagnation, voire un déclin, qu'un enrichissement et il faut attendre le XIII^e siècle dans l'Occident chrétien pour trouver de nouveaux ouvrages. Albert le Grand (1193-1280) est l'auteur d'une encyclopédie de la zoologie en 26 volumes, le *De animalibus* (1270). Commentateur d'Aristote, il ajoute dans son œuvre des descriptions sur le comportement de quelques animaux, sur l'anatomie et la reproduction. Son 26^e livre traite de *très petits animaux dépourvus de sang*, où l'on trouve certes les insectes au sens moderne, mais aussi les araignées, les scorpions, les escargots, les grenouilles et les crapauds.

La Renaissance est marquée par un intérêt grandissant pour l'histoire naturelle et pour la connaissance en général. L'invention de l'imprimerie permet la multiplication des ouvrages et des illustrations. Le XVI^e siècle est le siècle de l'érudition : l'homme savant est celui qui affiche sa connaissance sur les moindres sujets. Deux auteurs marquent cette période : Conrad Gesner et Ulysse Aldrovandi.

Conrad Gesner (1516-1565) élabore une monumentale classification illustrée des animaux dans son *Historia animalium* (1551-1587). Tous les animaux y sont nommés en latin et classés par ordre alphabétique : pour chacun d'eux, l'auteur précise ses différentes désignations, sa répartition géographique, ses mœurs et caractères, son utilité pour l'homme, mais aussi les fables et symboles

qui lui sont associés. Faire preuve d'érudition semble être la consigne du XVI^e siècle. Il dissèque et décrit, mais sans toutefois apporter véritablement de connaissances nouvelles. Son œuvre s'appuie essentiellement sur la synthèse de ses prédécesseurs et sur un réseau de correspondants.

Ulysse Aldrovandi (1522-1605) est également un compilateur hors norme et un curieux de toutes les sciences. Il laisse une masse de documents sur l'histoire naturelle dont 300 cahiers et 20 portefeuilles de planches en couleurs. Il faudra près d'un siècle à ses successeurs pour ordonner et publier une telle accumulation de savoirs. Sur les 13 volumes de son Histoire naturelle, 4 seulement sont parus de son vivant. Son *De animalibus insectis* de 1602 traite spécifiquement de ces animaux qu'il nomme insectes, mais où il place également l'Hippocampe.

Ces encyclopédies spéculatives et livresques ne résisteront pas au XVII^e et surtout au XVIII^e siècle à l'observation scrupuleuse du monde vivant. Pour observer ces animaux si petits le microscope va être l'outil décisif. La science va passer de l'érudition à l'observation.

En 1662, paraît un traité intitulé *Metamorphosis et historia naturalis insectorum*, œuvre du peintre et entomologiste hollandais Jan Goedart (1620-1668). Il y décrit 140 insectes et appuie son texte sur de nombreuses illustrations. Il décrit le premier le cycle du papillon de l'œuf à l'adulte.

En Angleterre, Robert Hooke (1635-1703) réalise toute une série d'observations d'animaux de petite taille et de matériaux divers à l'aide d'un microscope composé qu'il s'est fait fabriquer par Christopher Cock, un des premiers fabricants de microscope de Londres⁴. Il obtient des grossissements de l'ordre de 30 à 40 fois. Il publie en 1665 son ouvrage *Micrographia*⁵ qui marque le début de l'usage du microscope. Il emploie le premier le mot « cellule » pour décrire l'aspect de la surface d'un échantillon de liège. Le concept va se construire par la suite : Hooke désignait ainsi les parois cellulaires.

En 1669 est publiée en Angleterre la première étude consacrée à l'anatomie interne d'un insecte. Il s'agit de la *Dissertation epistolica de bombyce* de Marcello Malpighi (1628-1694). Son ouvrage présente le développement du vers à soie. Ses dissections et descriptions lui font découvrir et nommer les stigmates et trachées, ainsi que l'appareil excréteur qui porte aujourd'hui son nom. Il décrit les pièces buccales, les appareils ventilatoires, circulatoires, excréteurs et reproducteurs, le tube digestif et la chaîne nerveuse ganglionnaire⁶. La technique de la gravure sur cuivre met en valeur la qualité de ses dessins. Les illustrations de Gesner et Aldrovandi étaient gravées sur bois. Il s'intéresse également à l'étude des galles végétales.

L'autre micro-anatomiste de talent est alors le médecin hollandais Jan Swammerdam (1637-1680). En rupture complète avec les spéculations du XVI^e siècle, il n'y a pour lui de connaissance de la nature que par l'observation et l'expérimentation. Ses travaux portent sur l'anatomie des

⁴ Brian, J. Ford, 1992. Les premiers fabricants de microscopes sont principalement des constructeurs de baromètres.

⁵ Robert Hooke, 1665, *Micrographia*. Devant le succès de cet ouvrage, une deuxième édition sort en 1667. Dans la préface (traduction Brian J. Ford, 1992, « La naissance de la microscopie », La Recherche, 23, n° 249, décembre 1992, 1372-1373) : « Si vous prenez un morceau de verre de Venise brisé et très transparent et si vous l'étirez à la flamme en minuscules cheveux ou fils, puis si vous placez l'extrémité de ces fils dans la flamme jusqu'à ce qu'elle fonde et se transforme en petites gouttelettes... frottez-les ensuite sur une petite plaque de métal poli avec un peu de pâte de bijoutier pour qu'elles deviennent très lisses ; si vous en fixez une à l'aide d'un peu de cire molle dans un trou d'aiguille, et que vous l'encastrez sur une plaque de métal, vous obtiendrez non seulement un grossissement mais également une image plus nette des objets qu'avec les microscopes composés ». Cet ouvrage est téléchargeable sur le site Gallica de la BNF.

⁶ Malpighi s'intéresse également à l'anatomie des végétaux. Il est le premier à décrire les utricules des Utriculaires et à désigner ainsi une « cellule ».

insectes (le pou, l'abeille). Il fabrique pour cela un micro-matériel de dissection, utilise des colorants, conserve ses organismes dans l'alcool et dessine avec une très grande finesse. En 1669 paraît son *Histoire générale des insectes* où il classe les insectes d'après leur type de métamorphose. Il décrit précisément, lui aussi, le système trachéal (du pou), les pièces buccales (de l'abeille), le système nerveux et les appareils circulatoire et reproducteur de l'éphémère (dans son *Ephemeris vitae*, publié en 1675).

Antoni Leeuwenhoek⁷ (1632-1723) est à la fois un curieux de tout et un micro-anatomiste. Il travaille uniquement avec des microscopes simples de sa fabrication qui lui permettent d'atteindre des grossissements de l'ordre de 50 à 200 fois (voire 300). Contrairement à ce qu'on affirme classiquement, Leeuwenhoek, s'il écrit en hollandais et ne lit pas le latin, n'est pas coupé pour autant des écrits de son époque. Il se réfère ainsi plusieurs fois à l'ouvrage et aux travaux de Hooke et refait lui-même une partie des observations de ce dernier. Observant aussi bien de l'eau de mares, que du sang, du sperme ou toute sorte de matériel biologique, il est le premier à observer les globules rouges (1673), les Infusoires (1675), les « animalcules spermatiques » (1677) et les bactéries (1683).

Il étudie minutieusement des microdissections de la puce, du pou et du bombyx et met en évidence par exemple que le pou n'est pas hermaphrodite⁸ contrairement à ce que pensait Swammerdam.

Observateur hors pair, Leeuwenhoek est également un constructeur très adroit. Il a construit plusieurs centaines de microscopes simples, mais personne à sa mort n'est capable d'en produire d'une aussi bonne qualité optique.

Francesco Redi (1626-1697) décrit près de 100 espèces de parasites microscopiques ou de très petite taille. Il est à l'origine de nombreuses observations sur la génération des insectes et sur les vers intestinaux.

A Paris, Louis Joblot⁹ (1647-1723) fabrique toute sorte de microscopes simples ou composés et observe lui-même toutes sortes d'infusions (de foin, de paille, de poivre, de sauge, de melon, de fenouil...) : il y voit des infusoires.

La contribution du microscope ne se limite pas à l'étude des insectes. Souvent les mêmes observateurs vont s'intéresser également au règne végétal. Le microscope devient l'outil pour décrire et classer les êtres vivants de très petite taille, l'outil pour observer leur anatomie et leurs *tissus* (le terme est postérieur).

Nehemiah Grew (1628-1711)¹⁰ décrit l'organisation histologique des végétaux.

L'usage du microscope se répand au cours du XVII^e siècle, tant pour des observations scientifiques que pour l'observation curieuse d'un monde nouveau qui échappait jusque-là à l'œil. L'observation de salon est plus fréquente que l'observation scientifique. La demande de

⁷ Anton Leeuwenhoek ou Antoni van Leeuwenhoek. A lire sur Leeuwenhoek, B. J. Ford, 1991, *The Leeuwenhoek legacy*, Farrand Press.

⁸ Duris, P. & G. Gohau, 1997, *Histoire des sciences de la vie*, Nathan, Coll. Réf., 31.

⁹ Joblot, Louis, 1718, *Description et usage de plusieurs nouveaux microscopes tant simples que composés*, Paris.

¹⁰ Problème de dates (!) que je n'ai pas pu résoudre : on trouve aussi 1641-1712.

microscopes composés permet le développement de constructeurs spécialisés. La valeur esthétique des objets dépasse souvent leur qualité optique.

2. Le microscope et la génération

Dépassant les observations réalisées jusque là uniquement à l'œil, le microscope intervient d'emblée dans le débat sur la génération. Il va permettre de voir ce que les yeux seuls ne pouvaient voir, mais il va permettre également de voir ce que l'esprit souhaitait voir. L'observateur ne trouve que ce qu'il cherche et ne peut voir que ce qu'il cherche à voir.

L'héritage antique...

Depuis l'Antiquité deux modes de génération sont communément acceptés : la génération sexuée et la génération spontanée.

Pour Hippocrate (460-377) les mâles et les femelles renfermaient chacun deux types de semences, une plus forte et plus active que l'autre. Le mélange des deux liqueurs séminales les plus actives au niveau de la matrice de la femelle engendrait la formation d'un mâle ; celui des deux liqueurs séminales les plus faibles, une femelle. Cette idée ou théorie de la double semence est reprise par Galien et conservée par la plupart des médecins jusqu'à la Renaissance.

Pour Aristote (384-322), le mâle seul fournit le principe prolifique (le principe organisateur). La femme n'a pas de semence. Le sang menstruel fourni par la femelle renferme en revanche toute la matière nécessaire à la formation, au développement et à la nourriture du fœtus. La liqueur séminale n'agit pas comme matière, mais comme cause : c'est le principe de mouvements. Cette position d'Aristote est reprise par la suite par Averroès, Avicenne et les commentateurs d'Aristote pour nier l'existence d'une liqueur séminale femelle.

Vers le début du XVII^e siècle, une réaction se dessine à la fois contre la superstition, les préjugés théologiques et l'héritage des anciens : « un esprit critique se développe et rejette aussi bien la Bible qu'Aristote, la vieille scolastique et la métaphysique de la Renaissance ». La science qui cherche à se construire va s'appuyer sur l'observation et l'expérience. Vésale (1514-1564) en anatomie, puis Harvey en physiologie, marquent cette rupture.

Jérôme Fabrizzi (1537-1619), disciple de Vésale, plus connu sous le nom de Fabrice d'Aquapendente a laissé une série de travaux sur les valvules cardiaques et le développement de l'embryon de poulet. Il arrive à la conclusion que la liqueur séminale du mâle agit au niveau des cordons (chalazes) qui traversent le blanc de l'œuf. « L'esprit séminal du mâle est la cause efficiente qui communique à la matière des cordons d'abord une faculté altératrice, ensuite une qualité formatrice, et enfin une qualité augmentatrice¹¹ ». L'œuf fournit la matière du nouvel être, mais celle-ci ne prend forme et mouvement que sous l'influence de la liqueur mâle.

William Harvey (1578-1657) est élève à Cambridge de Caius, un ancien élève de Vésale. En 1597, il gagne Padoue où il devient élève de Fabrice d'Aquapendente. En 1602, il rentre en Angleterre et devient en 1615 professeur d'anatomie au Collège Royal des médecins de Londres, puis médecin personnel du roi Jacques I^{er}, puis de son fils Charles I^{er}. Il publie en 1628 *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis Sanguinis in Animalibus*, ouvrage qui expose ses travaux sur la circulation sanguine et lui vaut les attaques de la plupart des médecins. Il travaille alors sur la

¹¹ Œuvres complètes de Buffon, p. 33.

génération des animaux, mais ne publiera ses travaux qu'en 1651 dans son *De Generatione Animalium*.

Il y prétend que l'homme et tous les animaux viennent d'un œuf, mais s'oppose aux idées des *préformistes*. Il rejette le rôle que Fabricius d'Aquapendente fait jouer aux chalazes : les chalazes ne proviennent pas du mâle, il se trouvent aussi bien dans les œufs inféconds que dans les œufs fécondés. La partie de l'œuf qui est fécondée est une petite tache semblable à une cicatrice et présente dans tous les œufs. Il décrit le développement de l'œuf de poule depuis sa formation jusqu'à l'éclosion du poussin. Il croit voir l'embryon se former progressivement organe par organe, le cœur en premier (aristotélicien, il est persuadé que le cœur naît le premier et meurt le dernier : *primum movens ultimum moriens*) à partir d'un œuf femelle sans organisation. Cette vision où le fœtus se forme progressivement par différenciation d'une masse amorphe est qualifiée d'*épigéniste*. Pour lui la liqueur séminale mâle n'agit pas au niveau des cordons, mais au niveau de la cicatricule de l'œuf.

Pour Harvey, la matrice conçoit le fœtus par l'effet d'une contagion que lui communique la semence mâle, à peu près comme l'aimant communique au fer sa vertu magnétique. Il fait également de nombreuses observations semblables sur le développement de l'œuf et du fœtus chez la biche. Sa vision aristotélicienne ternit parfois ses qualités d'observateurs.

Contre la génération spontanée...

Francesco Redi montre expérimentalement en 1668 que les asticots de la viande proviennent d'œufs pondus par les mouches.

Si l'on place, dans des fioles bouchées par un morceau de gaze, des cadavres d'animaux ou des morceaux de viande, on constate qu'aucun asticot ne se développe. Ces mêmes asticots, au contraire, prolifèrent si les fioles ont été laissées ouvertes. Or la gaze ne s'oppose pas au passage de l'air. En revanche, elle empêche les mouches de déposer leurs œufs sur la chair en décomposition. D'ailleurs, sur la gaze, on recueille de petits œufs qui donnent naissance à de minuscules vers.

« Les chairs, les herbes et les autres choses pourries ou putrescibles n'ont d'autre rôle ni d'autre fonction dans la génération des insectes que de fournir un lieu ou un nid proportionné au sein duquel les animaux, au moment de la portée, mènent ou accouchent les vers ou les œufs [...], si les mères ne portent lesdites semences dans ce nid, jamais rien, absolument rien n'y naîtra. »

Pour Redi cette observation est à généraliser. *Le vivant ne peut pas naître du non-vivant*. Tout ce qui vit provient nécessairement d'une vie préexistante. Cette démonstration de l'absence de génération spontanée ne fait pas disparaître pour autant certaines convictions. Le débat est relancé au XVIII^e siècle et Spallanzani démontre contre Needham que la génération spontanée n'existe pas. Pasteur à son tour démontre au XIX^e siècle, contre Pouchet, que tout être vivant provient d'un autre être vivant.

Ovistes contre animalculistes...

Régnier de Graaf (1641-1673) publie en 1672 un ouvrage sur la génération¹². Il dissèque des lapines juste après l'accouplement mais n'y trouve aucune trace de semence mâle. Il dissèque ensuite jour après jour des lapines gravides jusqu'au 31^e jour (terme), suivant ainsi le développement du fœtus. Il nomme *ovaires* les *testicules*¹³ des femelles vivipares, parce qu'ils contiennent de vrais

¹² Régnier de Graaf, 1672, *De mulierum organis generationi inservientibus tractatus novus*.

¹³ Ambroise Paré (1510-1590) à cause de l'analogie entre les appareils génitaux mâle et femelle et de l'héritage galénique de la double semence, nomme testicule les ovaires de la femme, en 1573. Cette désignation sera reprise jusqu'à Régnier de Graaf. Le terme de testicule renvoyait à l'idée d'une poche contenant une liqueur. Tant que la femelle était considérée comme produisant une liqueur au même titre que le mâle, le terme de testicule lui était approprié, mais du moment où elle renferme de vrais œufs alors il faut appeler ces organes ovaires comme chez les oiseaux.

œufs¹⁴. Les œufs ne se détachent de l'ovaire pour tomber dans la matrice, que suite à leur fécondation par la liqueur séminale mâle et après quelques jours. Pour lui la fécondation des œufs se fait dans l'ovaire par la partie spiritueuse de la liqueur séminale du mâle. Les œufs fécondés se détachent ensuite et tombent dans les trompes de Fallope. Il note que ces œufs se réduisent considérablement en taille dans un premier temps avant de croître à nouveau. On donnera beaucoup plus tard le nom de follicule de De Graaf à ces follicules mûrs qu'il prenait pour des œufs. Le fœtus est formé de la substance intérieure de l'œuf et le placenta de la matière extérieure. Le nouvel être est issu de l'œuf. Cette vision de la génération va constituer le fondement de la théorie oviste. Elle prolonge celle de Fabrice d'Aquapendente.

Le débat sur l'existence d'une semence (d'une liqueur) femelle est clos en 1677 par le médecin Gaspard Bartholin (1655-1738), qui montre que cette liqueur est secrétée par des glandes vulvo-vaginales (les actuelles glandes de Bartholin).

Jan Swammerdam apporte grand crédit à cette démonstration de Redi, qui vient confirmer sa conviction de micro-anatomiste des insectes¹⁵. Ces petits êtres observés au microscope révèlent une telle complexité qu'il est inimaginable qu'ils puissent naître d'une matière non vivante et non organisée. Ils proviennent d'œufs qui renferment déjà l'insecte préformé. Selon lui le papillon était contenu dans la chrysalide, elle-même contenue dans la chenille que contenait l'œuf. *Oviste*, il est également *préformiste* (ou préformationniste). Il n'exclut pas toutefois que la génération spontanée soit possible pour les êtres encore plus simples que le microscope montre parfois.

Marcello Malpighi montre grâce au microscope que les insectes que l'on trouve dans les galles des végétaux proviennent d'un œuf pondu par un insecte et réfute ainsi l'idée selon laquelle, les insectes si bien emprisonnés dans les galles ne pouvaient être engendrés que par le végétal. Il n'y a pas de génération spontanée des insectes qui causent des galles végétales.

Il observe également le développement de l'œuf de poule et examinant la cicatricule de l'œuf, il note qu'elle est beaucoup plus petite dans les œufs inféconds que dans les œufs féconds. Il observe¹⁶ que le fœtus est déjà visible dans l'œuf avant qu'il ne soit couvé, alors qu'Harvey ne voyait aucune ébauche de fœtus pendant les deux premiers jours d'incubation. *Oviste* il est également *préformiste*. Il décrit le corps jaune dans des *testicules* de vaches et de génisses et pense y avoir observé une fois ou deux, à l'intérieur de sa cavité liquide, un œuf de la taille d'un grain de millet.

Pour Buffon ce que Harvey n'a pas vu, et que Malpighi voit, signifie qu'Harvey n'a pas regardé au microscope.

Leeuwenhoek décrit en 1677, dans une lettre à la Société Royale de Londres¹⁷, les animalcules qu'il a observé dans du sperme. La liqueur séminale mâle renferme un nombre prodigieux d'*animaux spermatisques*. Ces *animalcules* sont de différentes figures dans les différentes espèces animales, cependant ils sont tous longs, menus et sans membres, ils se meuvent avec rapidité et en tout sens. Leeuwenhoek a observé la liqueur séminale des mâles d'un très grand nombre d'espèces et y a toujours retrouvé ces animalcules. Pour lui, la génération est à rechercher dans liqueur mâle et la femelle ne doit servir qu'à accueillir l'animalcule et permettre son développement. Une doctrine

¹⁴ Nicolas Sténon (1638-1686) avait déjà fait cette observation en disséquant une femelle de *chien de mer* (requin).

¹⁵ Jan Swammerdam, 1669, *Histoire générale des insectes*.

¹⁶ Malpighi, M., 1672, *De formatione pulli in ovo*.

¹⁷ Fondée en 1645. L'Académie des Sciences de Paris est fondée en 1666. Leeuwenhoek est un ami de Régner de Graaf et c'est ce dernier qui le pousse à écrire à l'Académie.

opposée à celle des ovistes va se développer, celle des *animalculistes* (ou *spermatistes*). Leeuwenhoek en est le plus ardent défenseur.

Il observe également dans l'estomac d'anguilles, «des petits vers qui bougeaient un peu, qui avaient un boyau allant de la tête à la queue et, vers la queue, le boyau présentait un mouvement dû à d'autres petits vers ». Il cherchait à démontrer *l'emboîtement* des germes, il « le » trouve. Il a en fait observé des nématodes vivipares parasitant une anguille !

Les micrographes vont majoritairement être des partisans de *l'emboîtement* et des adversaires convaincus des *spontanistes*. C'est le cas par exemple du médecin Nicolas Andry de Boisregard (1658-1742), animalculiste convaincu, auteur *De la génération des vers dans le corps des hommes* en 1700 et qui reprend la thèse de l'emboîtement des ovistes du philosophe Malebranche dans *De la recherche de la vérité*, en 1674, pour l'appliquer aux animalcules.

Nicolas Hartsøker (1656-1725)¹⁸, un physicien constructeur également de microscopes, fit la même découverte que Leeuwenhoek à la même époque (il prétendit même avoir précédé Leeuwenhoek de trois ans). Il présente en 1694, dans son *Essay de Dioptrique*, une figure d'animalcule renfermant un petit homme aux genoux repliés sous le menton qu'il nomme *homonculus*. *Animalculiste*, il n'est pas préformiste, mais *disséminationniste*.

Fontenelle écrit¹⁹ en parlant de Hartsøker :

« Il imagina qu'ils [les germes] devaient être répandus dans l'air, où ils voltigeaient, que tous les animaux visibles les prenaient tous confusément, ou par la respiration, ou avec les aliments, que de là ceux qui convenaient à chaque espèce allaient se rendre dans les parties des mâles propres à les renfermer, ou à les nourrir, et qu'ils passaient ensuite dans les femelles, où ils trouvaient des œufs, dont ils se saisissaient pour se développer. Selon cette idée, quel nombre prodigieux d'animaux primitifs de toutes les espèces ! Tout ce qui respire, tout ce qui se nourrit, ne respire qu'eux, ne se nourrit que d'eux... »

François de la Plantade (1670-1741) alias Dalenpatius prétendit avoir observé, dans la liqueur séminale de l'homme, un animalcule quitter son enveloppe et prendre la forme d'un corps humain avec ses deux jambes, ces deux bras, la poitrine et la tête, à laquelle l'enveloppe servait de capuchon (1699). Cette observation de Dalenpatius a été rejetée de tous les naturalistes. Il semble qu'il s'agisse d'une plaisanterie de l'auteur destinée à discréditer les animalculistes.

Antonio Vallisnieri (1661-1730), professeur à Padoue reprend les observations de son maître Malpighi, expérimente énormément et propose une synthèse des connaissances sur la génération. Les vésicules que l'on observe dans les ovaires ne sont pas des œufs et elles ne s'en détachent jamais.

« Elles ne sont que les réservoirs d'une lympe ou d'une liqueur qui doit contribuer à la génération et à la fécondation d'un autre œuf, ou de quelque chose de semblable à un œuf, qui contient le fœtus tout formé »²⁰.

Vallisnieri chercha en vain à observer des œufs dans les *testicules* de truies, puis de vaches, de brebis, d'ânesses, de chiennes, de louves, de renardes, puis de femmes. Il conclut cependant, que « l'esprit de la semence du mâle monte à l'ovaire, pénètre l'œuf, et donne le mouvement au fœtus qui est préexistant dans cet œuf. Dans l'ovaire de la première femme étaient contenu des œufs, qui non seulement renfermaient en petit tous les enfants qu'elle a faits ou qu'elle pouvait faire, mais encore

¹⁸ Hartsøker, N., 1694, *Essay de Dioptrique*, Paris : Jean Anison.

¹⁹ Rostand, J., 1945, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris : Gallimard, Coll. idées, éd. 1973, p. 27.

²⁰ Oeuvres complètes de Buffon, p. 43.

toute la race humaine, toute sa postérité, jusqu'à l'extinction de l'espèce. » Si nous ne pouvons pas concevoir ce développement infini et cette petitesse extrême des individus contenus les uns dans les autres à l'infini, c'est, dit-il la faute de notre esprit, dont nous reconnaissons tous les jours la faiblesse ; il n'en est pas moins vrai que tous les animaux qui ont été, sont et seront, ont été créés tous à la fois, et tous renfermés dans les premières femelles. La découverte du monde microscopique il y a peu, encore inconcevable, permet toutes les spéculations sur la petitesse des choses.

La ressemblance des enfants à leurs parents ne vient, selon lui, que de l'imagination de la mère : la force de cette imagination est si grande et si puissante sur le fœtus, qu'elle peut produire des taches, des monstruosité, des dérangements des parties, des accroissements extraordinaires, aussi bien que des ressemblances parfaites. »

Vallisneri est *oviste* et favorable à la thèse de l'*emboîtement* des germes, mais ces germes ne prennent vie que suite à la rencontre avec les vers spermatiques. Il note en effet dans ses observations de la liqueur séminale d'un lapin que celle-ci renferme de petits vers dont l'une des extrémités est plus grosse que l'autre. Ces petits vers, fort vifs, se déplacent dans la liqueur et il ne fait aucun doute qu'il s'agit de véritables animaux : *e gli riconobbi, e gli giudicai senza dubitamento alcuno per veri, verissimi, arciverissimi verm*²¹. Seuls ces petits vers peuvent contenir la vie (le mouvement) : l'œuf des femelles renferme le fœtus mais sans la vie que lui confère la semence du mâle, il n'est rien.

L'œuf renferme la matière, mais l'animation, le mouvement (la vie) lui est transmis par le vers spermatique.

Pour les *animalculistes* (*spermatistes*) *préformistes*, le premier homme contenait toute sa postérité. A la différence des *ovistes*, les germes ne sont plus ici des embryons sans vie renfermés comme de petites statues dans des œufs contenus à l'infini les uns dans les autres, ce sont de petits animaux, de petits homoncules organisés et déjà vivants, tous renfermés les uns dans les autres, auxquels il ne manque rien, et qui deviennent des animaux parfaits et des hommes, par un simple développement aidé par une transformation semblable à celle que subissent les insectes avant que d'arriver à leur état de perfection.

La thèse animalculiste a bien du mal cependant à survivre à Leeuwenhoek et un grand nombre d'auteurs, même si tous reconnaissent l'existence de ces vers spermatiques, ne leur donne qu'un rôle secondaire dans la génération, voire aucun rôle.

Ovisme et régénération...

René-Antoine Ferchaud de Réaumur (1683-1757) est à la fois un physicien, célèbre pour ses travaux sur le thermomètre ou pour l'invention de l'acier, observateur scrupuleux et méthodique de la nature, entomologiste autant que physiologiste, précurseur de la démarche expérimentale et auteur de nombreux ouvrages. Ses *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* (1736-1740) trouvent un très grand succès auprès des naturalistes curieux, mais attirent les railleries de certains autres naturalistes et philosophes de la nature. Pour Buffon ces Mémoires ne sont qu'une débauche de détails et d'anecdotes pour curieux. « Une mouche ne doit pas tenir dans la tête d'un Naturaliste plus de place qu'elle n'en tient dans la Nature ». Denis Diderot (1713-1784) s'inquiète pareillement dans ses *Pensées sur l'interprétation de la Nature* en 1753, sur ce que la postérité penserait d'un siècle qui lui transmettrait « qu'une insectologie complète, qu'une histoire immense d'animaux microscopiques ». Le microscope n'a pas conquis l'intérêt de tous les hommes de sciences.

²¹ Oeuvres complètes de Buffon, p. 49.

Réaumur s'est intéressé dès 1712, à la reproduction²² des pattes amputées de l'écrevisse et des bras des étoiles de mer²³. Comment expliquer la régénération d'une patte, ou d'une portion de patte, sinon en imaginant là aussi un emboîtement. Chaque patte renfermerait des germes capables de reproduire la patte en cas d'amputation et chaque articulation de la patte de la même manière renfermerait des germes capables de reproduire la partie située vers l'extrémité.

Il réalise également toute une série d'expériences sur la génération des grenouilles, avec son ami physicien l'abbé Nollet. Avant Spallanzani, ils placent des caleçons à des grenouilles pour déterminer le rôle de la semence mâle dans la génération.

Charles Bonnet (1720-1793) a découvert avec émerveillement l'*Histoire des insectes* de Réaumur, lu les écrits de Swammerdam et de Malpighi. Il se consacre alors à l'étude de la génération des pucerons et met en évidence en 1740, une *génération par parthénogenèse*, qui le conduit à défendre la thèse des *ovistes*. Encouragé par Trembley et Réaumur il réalise des expériences d'amputation sur des vers de terre et constate également leur forte capacité à reproduire leur intégrité²⁴. Il utilise pour la première fois le terme de régénération.

Oviste convaincu, opposant farouches des spontanéistes (querelle avec Needham), il se lie d'amitié avec Spallanzani qui vient de démontrer expérimentalement l'impossibilité de la génération spontanée²⁵. Il lui conseille de travailler sur la régénération du vers de terre.

En 1740, Abraham Trembley (1710-1784), cousin et ami de Bonnet, met en évidence l'exceptionnelle capacité régénérative de l'Hydre d'eau douce, en cherchant à déterminer si l'hydre verte était une plante ou un animal. Sur les conseils de son cousin il présente ses observations à Réaumur qui l'encourage à les publier, ce qu'il fait en 1744 sous le titre de *Mémoire pour servir à l'histoire d'un genre de Polype d'eau douce à bras en forme de corne*. Micro-anatomiste particulièrement habile, il s'est construit un matériel de microdissection qui lui permet en travaillant sous un microscope de diviser une hydre en cinquante morceaux, qui tous régénèrent une hydre complète. Dans un cadre préformiste, il ne pouvait qu'interpréter ses observations comme une démonstration d'un emboîtement des germes. Correspondant de Réaumur avec qui il échange un courrier régulier, il emploie également le terme de reproduction et non celui de régénération.

Les idées sur la génération et la régénération vont s'affronter encore au cours du XVIII^e siècle, en s'appuyant sur l'observation macroscopique et microscopique, mais aussi de plus en plus sur l'expérimentation. L'idée d'une possible génération spontanée a été relancée par la découverte de quantité d'organismes microscopiques dans tous les milieux. Pour certains il devient inconcevable que la nature puisse ainsi avoir produit tant de germes. La panspermie est plus difficile à concevoir que la génération spontanée. L'opposition entre ovistes et animalculistes va se déplacer entre préformistes et épigénistes.

Le retour des théories épigénistes...

²² Lender, 1974, *La régénération animale*. Lender rapporte le premier emploi du terme de régénération à Réaumur (p. 10) à la suite de ses expériences sur les écrevisses et étoiles de mer. Sa communication à l'Académie royale sur la reproduction de pattes amputées chez l'écrevisse, ne renferme qu'une seule fois le terme **regénération** (et non **régénération**). Réaumur emploie en revanche régulièrement le terme de reproduction. François Jacob en 1970 dans la *La logique du vivant*, relève que c'est d'ailleurs là le premier emploi historique du terme de reproduction. Ce sens va demeurer tout au long du XVIII^e siècle.

²³ Réaumur, René-Antoine Ferchaud de, 1712, *Observations sur diverses reproductions qui se font dans les Ecrevisses, les Omars, les Crabes, etc. et entr'autres, sur celles de leurs jambes et de leurs écailles*.

²⁴ Bonnet, Charles, 1762, *Considérations sur les corps organisés*, T. II.

²⁵ Alexandre, Bruno, 2003, *La controverse Needham-Spallanzani sur la génération spontanée ou l'anticipation de la querelle Pouchet-Pasteur*, Paris : Publibook, Coll. Histoire de la biologie par les textes.

Pour les épigénistes dans la tradition de l'Antiquité, l'embryon se forme progressivement à partir d'une masse indifférenciée. Rien n'est préformé dans la semence et donc rien est visible dans l'œuf ou le vers spermatique et rien n'est à y rechercher.

En 1745, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis publie un ouvrage intitulé *Vénus physique*. Il s'agit d'une attaque contre les préformistes qui remet au goût du jour en quelque sorte la théorie de la double semence.

Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788), auteur à partir de 1749 d'une *Histoire naturelle, générale et particulière* en 36 volumes, traite dans le chapitre IV (Tome II) *De la Génération des Animaux*²⁶. Pour Buffon, les systèmes des préformationnistes sont insuffisants à la fois pour des raisons de logiques et d'observations. Premièrement pour des raisons de taille, car cette divisibilité à l'infini pour des raisons mathématiques et physiques n'est même pas imaginable. Deuxièmement parce que ces deux systèmes supposent qu'il y ait à la fois deux types d'œufs ou deux types d'animalcules, les uns capables de renfermer des générations à l'infini et les autres ne renfermant qu'une seule génération. Troisièmement à cause de la ressemblance des enfants, tantôt à la mère, tantôt au père et quelquefois à tous les deux ensemble. Etc.

Il propose une théorie capable d'expliquer à la fois la reproduction sexuée et la reproduction par bourgeonnement (hydres) ou par boutures (végétaux). Les animaux et les plantes sont composés de particules de matière vivante universellement répandues dans la nature (pangenèse) qu'il nomme *molécules organiques*. Lors de l'alimentation ces particules sous l'influence de *forces pénétrantes* se coulent dans les *moules intérieurs* de chaque partie et de chaque organe du corps. Quand l'espèce atteint sa maturité sexuelle, ces molécules gagnent les testicules mâles et femelles où elles constituent la liqueur séminale. Les deux liqueurs se mélangent dans la matrice de la femelle et les molécules organiques se rassemblent par affinité sous l'effet de forces pénétrantes pour constituer l'ébauche d'un embryon.

Il n'y aurait donc pas de germes préexistants, mais seulement des molécules organiques prêtes à se mouler. Cette théorie épigéniste révèle une conception très matérialiste, où ni l'âme, ni la pensée, ni l'instinct ne joue de rôle. Elle ne rencontre guère que des critiques.

Cette théorie est ouverte à la génération spontanée et Buffon va soutenir Needham contre Spallanzani dans une nouvelle controverse sur la génération spontanée²⁷.

... et celui de la génération spontanée...

John Tuberville Needham (1713-1781) publie en 1745 ses premières observations microscopiques. Il fait alors la connaissance de Trembley puis entretient des relations avec Réaumur et Buffon. Proche des idées de Buffon sur les *molécules organiques*, il critique les préformistes et va défendre l'idée d'une génération spontanée des Infusoires.

Sur les conseils de Bonnet, Lazzaro Spallanzani (1729-1797) entreprend de manière systématique des expériences de sections sur les animaux les plus divers. Il publie en 1768 un résumé de ses travaux sur la régénération dans son *Programme ou précis d'un ouvrage sur les reproductions*

²⁶ Il écrit : « René Descartes (1596-1650), en philosophe qu'il est, se trompe comme Aristote sur la génération, parce qu'au lieu d'observer les choses, l'un comme l'autre préfèrent s'en remettre à leur système de philosophie, aux principes généraux qu'ils ont établis (Oeuvres complètes de Buffon, p. 30). Descartes croit au mélange des liqueurs séminales des deux sexes ; mâle et femelle fournissent quelque chose de matériel pour la génération et c'est la fermentation occasionnée par le mélange de ces deux liqueurs qui permet la formation du fœtus. »

²⁷ Alexandre, Bruno, 2003, *La controverse Needham-Spallanzani sur la génération spontanée ou l'anticipation de la querelle Pouchet-Pasteur*, Paris : Publibook, Coll. Histoire de la biologie par les textes.

animales. Spallanzani est également l'auteur des premières digestions et fécondations artificielles et de la mise en évidence de la respiration des tissus. On lui doit enfin des travaux en géologie sur le volcanisme.

Ses observations le portent vers la thèse des ovistes. Il estime que l'œuf que l'on observe dans les ovaires de grenouille est identique à l'œuf fécondé et qu'il y a une continuité entre cet œuf et le têtard. L'œuf est déjà un fœtus. Il examine au microscope les vers spermatiques d'un grand nombre d'espèces, étudie leur résistance au froid et à la chaleur et conclut que ces animalcules doivent être des parasites de la liqueur séminale mâle. Reprenant en l'améliorant la technique des « caleçons » de Réaumur, il met en évidence que chez les grenouilles et crapauds, la fécondation des œufs est externe. Oviste convaincu il conclut que le sperme agit par contact, mais que les animalcules ne servent à rien.

Il reprend ensuite les expériences de Needham sur la génération spontanée des Infusoires et montre qu'une fiole contenant une infusion suffisamment chauffée au préalable ne contient pas d'Infusoires. Il n'y a pas de génération spontanée.

En 1759, Caspar-Frédéric Wolff (1733-1794) dans sa thèse de médecine intitulée *Theoria generationis*, expose de nouvelles idées épigénistes. La masse informe de l'embryon sécrète des fluides qui en se solidifiant édifient des structures différenciées dans un ordre donné. Cette organisation est dépendante de forces essentielles qu'il nomme *vis essentialis*. Farouche opposant des préformistes (polémique avec Albrecht von Haller (1708-1777), épigéniste devenu oviste) il multiplie les observations microscopiques d'embryons de poulets au cours de leur développement et constate que les organes se forment mais ne préexistent pas. Son *épigénisme vitaliste*, bien différent de celui, mécaniste, de Buffon, ne réussit pas à s'imposer face au préformisme de Haller et de Bonnet.

Au cours du XVIII^e siècle le microscope est devenu un objet courant du cabinet d'histoire naturelle, mais aussi des salons. Les microscopes simples sont encore de meilleure qualité que les microscopes composés : ils sont plus performants, plus faciles à construire et moins chers. Les microscopes composés sont souvent des objets de prix par la qualité des matériaux qui entrent dans leur construction, mais pèchent par leur qualité optique. Le pouvoir séparateur reste faible et les grossissements sont vite limités. En revanche l'allure des instruments varie et des améliorations pratiques sont ajoutées : déplacement micrométrique, condensateur de lumière, mouvement lent et rapide, porte-objets. Des machines à tailler et à polir les lentilles sont imaginées et construites.

Un grand nombre d'articles de l'*Encyclopédie de Diderot* et d'Alembert s'appuient sur des observations microscopiques. C'est l'époque de la contemplation de la nature, mais c'est aussi de ces observations répétées que va naître peu à peu l'étude moderne de la structure des êtres vivants.

Il faut attendre le début du XIX^e siècle et Karl Ernst Von Baer (1792-1876) en 1828 pour entrer véritablement dans l'*embryologie moderne*. L'embryon est formé de trois feuillettes à partir desquels se forment ultérieurement les organes ; les premiers stades sont semblables chez tous les animaux. En 1827, Von Baer distingue l'*ovule*, jusque là confondu avec le follicule ovarien.

Les *spermatozoïdes*, nom donné aux animalcules spermatique de Leeuwenhoek par Georges-Louis Duvernoy (1777-1855) en 1851, ne sont véritablement reconnus comme la partie fécondante du sperme qu'en 1854 par Rudolf Albert von Kölliker (1817-1905). En 1875, le biologiste Oscar Hertwig (1849-1922) observe lors d'une *fécondation* artificielle, la pénétration d'un spermatozoïde d'oursin dans l'ovule, la fusion des noyaux mâle et femelle et la division de l'œuf en deux cellules.