

CONFÉRENCE INVITÉE

L'invention du microscope et la découverte de l'infiniment petit (XVII-XVIII^e siècles)

The invention of the microscope and the discovery of the infinitely small (17th-18th centuries)

par Jacques CHEVALLIER*

Lucrèce en 50 av. J.-C. dans *De rerum natura* (VI, 1094-1096) écrit : « Il existe d'abord d'innombrables principes [*semina*] qui sont vitaux pour nous, ..., et beaucoup d'autres à l'inverse, qui sont porteurs de maladie et mortels, nombreux dans l'air » ! Girolamo Fracastoro ou Jérôme Fracastor en français (1483-1553) en 1546, dans son livre novateur sur la contagion et les maladies contagieuses¹, suspecte aussi l'existence des « infiniment petits ». Cela deviendra une réalité au XVII^e siècle grâce à la mise au point des premiers microscopes. Ce siècle est considéré comme le siècle d'or de la biologie.

Les premières loupes

En 1850, l'archéologue franco-britannique Austen Henry Layard découvre à Nimrud (site de Ninive) en Irak une lentille en cristal de roche, grossièrement polie, datée d'entre les X^e et le VII^e siècles av. J.-C. Elle est

Séance du 23 avril 2022

* 15 rue Guilloud, 69003, Lyon, jacques.chevallier@gmail.com

exposée au *British Museum* de Londres mais a-t-elle servi de loupe ? Une autre lentille crétoise du V^e siècle av. J.-C. serait mieux polie.

On connaissait dans les temps anciens que certaines pierres précieuses agrandissaient ce que l'on plaçait derrière. Selon Pline, Néron essayait de corriger sa myopie en regardant à travers une grosse émeraude et un graveur de Pompéi utilisait une lentille.

Alhazen (Ibn al-Haytham) (v. 965-v. 1040), grand savant arabo-musulman auteur d'un *Traité d'optique*, mentionne le pouvoir grossissant des lentilles vers 1021. Les premières lentilles convexes et concaves

construites au XIII^e siècle permettaient de corriger la vue. Plusieurs manuscrits de l'époque le mentionnent ainsi que Roger Bacon (1214-1294).

Dès le XVI^e siècle, on avait observé qu'à partir de lentilles convexes ou concaves l'on pouvait rapprocher des objets lointains ou agrandir des objets proches. Jérôme Fracastor et Giambattista della Porta (v. 1535-1615) conçoivent le principe d'un appareil optique à deux lentilles, à effet grossissant, mais sans le réaliser. La construction du premier microscope a lieu au début du XVII^e siècle.

La découverte du microscope

Le rôle improbable de Zacharias Janssen (v.1580-1588-v.1632-1638)

Il est souvent écrit qu'il est l'inventeur du microscope en 1590 (et du télescope en 1604), à Middleburg en Zélande, dont l'industrie du verre était florissante. Sa date de naissance, certes imprécise, est incompatible et on attribue alors l'invention du microscope à son père, Hans Martens, qui était colporteur ! Zacharias avait acquis un matériel d'un lunetier en devenant tuteur de ses enfants en 1615 : il devint fabricant de lunettes en 1616. Son fils Joannes (1612-?) était aussi fabricant de lentilles, lunetier à Middleburg.



Fig. 1 - Portrait de Girolamo Fracastoro, (Coll. J. C.).

De plus nous savons que Zacharias était un faussaire condamné d'ailleurs pour la fabrication de fausse monnaie. Pour le biologiste italien Giuseppe Penso², il n'y a aucune preuve et cela pourrait bien être une fable inventée en 1655 par Pierre Borel (1620-1674) pour s'opposer à Galilée et en défense des Hollandais. Un modèle daté d'environ 1595 se trouverait au musée de Middleburg et grossirait dix fois : est-ce une (fausse) copie ?

Notons que Hans Lippershey (1572-1619) à Middlebourg également a déposé en septembre 1608 un brevet pour l'invention d'« un instrument pour voir au loin ». En octobre de la même année, c'est Jacob Metius (1580-1628), fabricant de lunettes dans la même ville, qui déposera une demande comparable. Lippershey semble bien être l'inventeur du télescope qu'un an plus tard Galilée améliorera.

La lunette (l'Occhialino) de Galilée (Galileo Galilei, 1564-1642)

Galilée affirme en 1623 dans le *Saggiatore* qu'il découvrit le microscope quelques années auparavant. John Wodderborn écrit que Galilée avait, en effet, réalisé dès 1610 un « merveilleux *perspicillus* au moyen duquel il pouvait voir les organes, le mouvement et le comportement des animaux les plus petits avec la plus grande exactitude ». Une lettre de Galilée de 1624 nous explique que la lunette était son œuvre personnelle et qu'elle lui avait demandé beaucoup de recherche pour préparer les lentilles. Il nous décrit un « important passe-temps » à contempler « de près les petites choses ». Galilée avait inventé un cercle mobile pour fixer les objets (platine), un tube en deux parties coulissantes (mise au point), et avait remarqué la nécessité d'un bon éclairage. Pour avoir un bon grossissement et une vision nette Galilée devait construire lui-même les lentilles. Il lui fallait deux lentilles : une de faible convexité (pour l'oculaire) et une de forte concavité (l'inverse de celles fabriquées par les lunetiers). Mais Venise (et Murano) où habite Galilée est la capitale européenne du travail du verre ! En 1609, il se procure verres et poudre à polir et fabrique une lunette qui grossit six fois, avec une image nette. Sa deuxième lunette grossit 20 fois ; en 1610 la nouvelle lunette grossit 30 fois³. Il a « contemplé de très petits animaux avec une admiration infinie » : l'horrible puce ou les beaux moustiques et mites ! C'est un ami de Galilée : Giovanni Faber (1574-1629) qui appela l'invention « microscope » en 1625 : terme qui s'imposa rapidement au détriment d'autres appellations : *Enghiscopio* (Colonna ;1625), *Telescopium* ou *Microtelescopium* (Aggiunti ;1627), *Smicroscopium* (Kircher ;1658).

Les premières observations faites avec ce microscope sont celles de Bartolomeo Imperiali en 1624 : « J'ai fait quelques observations avec la

lunette et j'ai observé, entre autres, que les mouches femelles ont des poils moins nombreux et beaucoup plus courts que ceux des mâles... » Puis Fabio Colonna (1567-1640) en 1625 : « J'ai vu ces petits animaux de la poussière de fromage, chose vraiment merveilleuse ; la structure de l'œil de la mouche... » Enfin Francesco Stelluti (1577-1652) publie en 1630 les deux premiers dessins exécutés au microscope : une table d'illustrations sur les abeilles et une gravure du charançon du blé⁴.

Les premiers microscopes sont à oculaire simple (*cf.* Galilée) mais les suivants dans la deuxième moitié du XVII^e siècle devinrent plus complexes comme celui de Giuseppe Campani (1635-1715) de Bologne. Le terme de *Micrographia* apparaît en 1665 dans l'ouvrage princeps de Robert Hooke (1635-1703) publié à Londres : *Micrographia : or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses*⁵. Dans ce premier traité de micrographie, Hooke décrit la structure de la cellule, et lui donne son nom, comme élément primitif des tissus. Filippo Bonanni (1638-1725) dans ses *Micrographia curiosa* de 1691⁶ utilise et dessine les deux types de microscopes.

Grâce à cette découverte, on commença à étudier les insectes en détail (des plus gros comme les abeilles aux poux, puces et morpions par Francesco Redi (1626-1698)) ; les araignées (Pierre Borel) et les tarentules (Giorgio Baglivi) ; les parasites comme les vers (Redi et Marcello Malpighi (1628-1694) et enfin l'identification de l'acare (presque invisible à l'œil nu) responsable de la gale (Mouffet, Borel, Hauptmann, Bonomo et Redi).

Athanasius Kircher (1602-1680), père jésuite d'origine allemande et archéologue, est considéré comme le père de la microbiologie expérimentale ! Il a observé des micro-organismes dans ses expériences (grosses bactéries mobiles et protozoaires ?) et recherche ses *minutissima animalcula* chez les malades dont les pestiférés. Il écrit qu'il a vu des *morbi pestiferi seminaria*⁷.

Le premier travail qui applique le microscope à la médecine est le traité de Pierre Borel (1620-1671) *Historiarum et Observationum medico-physicarum centuria prima* de 1653⁸.

Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) et sa drôle de loupe⁹

Il est né le 24 octobre 1632 à Delft (une semaine avant Vermeer) et mort le 26 août 1723 à Delft également, en Hollande. Son père, fabricant de paniers, meurt très jeune. En 1648, il devient apprenti chez un drapier d'Amsterdam, puis devient comptable et caissier chez son maître. En 1656, il retourne à Delft, s'y marie et ouvre une boutique de drapier et mercerie : il exerce la profession de marchand de tissus (drapier), rubans et bou-



Fig. 2 - Portrait de Antoni van Leeuwenhoek, in *Arcana Naturae*, 1695, (Coll. J. C.).

tons pendant soixante-dix ans ! À 28 ans, il trouve en plus une place de « concierge du siège des honorables magistrats de Delft », qu'il conservera 39 années. Il se remarie en 1671 et Maria est la seule survivante de ses cinq enfants. En 1677, il occupe la fonction de directeur général du district de Delft. Il décède en 1723 et est inhumé dans la vieille église de Delft.

Ne connaissant ni le latin, ni l'anglais, il écrit toutes ses lettres en néerlandais. Toutes ses observations sont faites avec un œil neuf ; son œuvre est constituée uniquement d'environ 300 lettres d'observation envoyées le plus souvent à la *Royal Society* de Londres, mais

aussi à des correspondants prestigieux comme Leibniz ou Huygens. Elles entraînent, après un peu de réticence qui n'ébranlera pas sa confiance, l'émerveillement du monde scientifique : il aura de nombreux visiteurs de marque comme la reine Marie II d'Angleterre, Pierre le Grand et Frédéric 1^{er} de Prusse, mais surtout des savants, philosophes, médecins, hommes d'église. Il réalise des démonstrations devant eux. Il devient membre de la *Royal Society* en 1680 et membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris en 1699. Son œuvre est fondamentale :

Les microscopes

Son premier microscope s'inspire probablement du compte-fils : sorte de loupe, utilisée par les drapiers, pour l'examen fin des étoffes. Ses premières expériences datent sans doute de 1668. Le microscope de Leeuwenhoek ne ressemble pas aux précédents existant, il perfectionne le microscope simple dérivé de la loupe. Une lentille biconvexe est insérée entre deux plaques de cuivre, l'échantillon est placé sur un stylet porte-objet que l'on peut déplacer verticalement avec une crémaillère. Il fabrique lui-même les lentilles et les microscopes. Les meilleurs peuvent agrandir 300 fois. Il n'a pas laissé d'indi-

cation sur la fabrication des lentilles : il semble avoir utilisé le polissage et le soufflage du verre mais aussi la technique de la goutte de verre fondue. Il a offert des microscopes mais n'en a jamais vendu un seul. Une douzaine existent encore aujourd'hui, alors qu'il en a fabriqué des centaines : lors de la succession de sa fille en 1747, plus de 350 microscopes et 419 lentilles ont été vendus ; deux comportaient deux lentilles et un trois lentilles. Sur les 26 microscopes légués à la *Royal Society*, tous étaient malheureusement perdus un siècle plus tard !

Remarquons qu'il y a donc deux types de microscope : les microscopes dits simples où l'oculaire et l'objectif ne font qu'un, même s'il y a plusieurs lentilles. L'observation se fait sans déformation ni gros défaut chromatique, ce qui en a fait des instruments performants. Les loupes en font partie mais elles se limitent à ce qui est visible à l'œil nu. Les microscopes composés ont plusieurs lentilles mais surtout il y a un oculaire et un objectif. Le problème est que les défauts optiques étaient tellement importants jusqu'au milieu du XIX^e siècle, qu'ils n'ont permis auparavant de faire de grandes découvertes.

Les observations microscopiques

Le 28 avril 1673, Reinier de Graaf (1641-1673) médecin et anatomiste néerlandais, présente les premières observations d'«une personne des plus ingénieuses, un certain M. Leewenhoeck » à la *Royal Society*. Cela sera le début d'une correspondance intense pendant près de quarante ans. Cette lettre, dont l'original est perdu, est publiée la même année dans les *Philosophical Transactions*. Elle rapporte trois observations : une moisissure « présente sur la peau, la chair et d'autres choses (...) qui ressemble à une sorte de rameau avec des feuilles », l'abeille avec son dard, la tête et les dents et enfin un pou qui « possède un nez pointu par lequel sort un aiguillon vingt-cinq fois plus fin qu'un cheveu ».



Fig. 3 - *Microscope de Leewenhoeck (reproduction), (Coll. J. C.).*

Philippe Boutibonnes résume bien son activité : « Son projet ? Scruter tous les objets dont le monde est comble. Son programme ? Rassembler des observations sans suite apparente : pêle-mêle et coq-à-l'âne semblent, à première vue, gouverner sa méthode¹⁰ ».

- Études des eaux

La première mention se trouve dans une lettre du 7 septembre 1674 (eau d'un lac à deux lieues de Delft) : description de mystérieuses bêtes aquatiques ! Il faudra attendre les lettres du 20 décembre 1675 et du 22 janvier 1676 pour avoir quelques détails : leur petitesse et la ténuité de leurs membres ; puis leur présence partout (eau de pluie du toit, puits, source ou eau du canal).

Deux ans plus tard (lettre du 9 octobre 1676), arriveront les descriptions d'une trentaine de « protozoaires ou infusoires »¹¹ : on peut reconnaître : les vorticelles (*Vorticella*) : « ces atomes vivants (...) avec leurs deux petites cornes qui s'agitent sans cesse comme le font les oreilles des chevaux » et dont « la queue s'enroule comme un serpent ou comme un fil de cuivre ou un fil de fer dont on entoure un bâton et qui conserve sa forme après que l'on a retiré le tuteur » ; les *Holostycha sp.* dont « la partie antérieure du corps fait saillie comme une pyramide, (...) et qui, après s'être cachés un instant grâce au mouvement de leurs pattes incroyablement fines, éclatent en de nombreux globules qui, peu après, se dissipent » ; *Prorodon teres* qui « agitent promptement leurs petits pieds pour se déplacer soit en rond, soit en ligne droite » ; *Monas sp.* ou *Bodo sp.* qui « sont mille fois plus petits que l'œil de pou adulte » ; *Oicomonas termo* qui « sont faits de parties molles et qui éclatent en morceaux dès qu'on les sort de l'eau » ; *Colpidium colpoda* ou *Holophrya ovum* qui « sont parfaitement ovales comme l'œuf de vanneau » ; *Stylonychia mitylus* qui « ressemblent à une moule dont la partie concave est dirigée vers le bas » ; *Oxytricha sp.* dont « l'arrière du corps arrondi s'effile à la manière du fruit que l'on appelle datte » ; des protozoaires non identifiés qui « sont animés d'un mouvement semblable à celui des mouches quand elles sautillent sur une feuille de papier blanc » ; *Cyclidium sp.* qui « nagent comme volent les moucheron dans l'air » ; *Cercomonas sp.* dont « le diamètre ne dépasse pas celui d'un poil de ciron » ; *Chilidon sp.* dont « l'avant du corps est recourbé comme un bec de perroquet et dont la perfection est telle qu'elle tient du prodige » ; *Dileptus sp.* qui « sont plus allongés qu'une ellipse parfaite » ; *Euplotes sp.* qui « se meuvent en se vautrant » ; *Holophrya sp.* qui « font partie d'une espèce qui n'a jamais de jeunes ou de petits » ; et d'autres qui « vivent misérablement ... » !

En somme, il décrit toute une faune inconnue qui foisonne, s'ébat ou se dissimule, qui « sur eux-mêmes », « tournent comme une toupie » ou « font des culbutes », bref « s'agitent comme des fous ». Il ne les dessine pas.

Cette découverte inédite est fascinante mais on ne peut plus dérangeante, voire inadmissible ! Et Leeuwenhoek doit vaincre l'incrédulité de ses contemporains. Il se plaint à son compatriote Constantin Huygens (1596-1687) du scepticisme général : « Nombre de philosophe à Paris et ailleurs n'accordent aucun crédit à mes découvertes » (lettre du 7 novembre 1674). Il envoie donc à la *Royal Society* une lettre du 5 octobre 1677 accompagnée de la déposition de huit témoins oculaires (pasteurs, juristes, médecin, tireur à l'arc...) qui affirment « Nous vîmes au moins deux cents êtres vivants dans la cinquantième partie d'un tube capillaire du diamètre d'un crin de cheval, rempli avec une infusion de poivre d'un volume égal à celui d'un grain de millet ». Robert Hooke montre à la Société savante le 15 novembre 1677 la « nuée d'insectes ou d'animaux extrêmement petits frétilant les uns au milieu des autres » et confirme à Leeuwenhoek la réalité et la justesse de ses descriptions. Pendant près d'un demi-siècle, de 1674 à 1717, il complètera leur description, les mesurera, les dénombrera et s'interrogera sur leur origine.

Le terme d'*animalcula* est proposé par les traducteurs des *Philosophical Transactions* et est vite consacré devant ces êtres « vivants et minuscules » : ce sont des modèles réduits d'animaux. Le nom est calqué sur celui d'homoncule et précède au XVI^e siècle leur découverte. Pour Littré un animalcule est « un animal si petit qu'on ne peut le voir qu'à l'aide d'un microscope ». Pourtant ni Leeuwenhoek, ni les autres microscopistes ne perçoivent l'originalité des animalcules. Ils ont des pattes et des cornes comme les autres animaux ! Mais il est sidéré de la beauté du minuscule qui participe à la beauté de l'univers.

- Études de la plaque dentaire¹²

Il adresse au secrétariat de la Royal Society une lettre le 17 septembre 1683 dans laquelle il décrit des animalcules dans « l'écume des dents ». Dans cette « étrange farine » qu'il dilue, « grouillaient de petits animaux vivants qui se déplaçaient de manière extravagante ». Il en décrit cinq types dont le type E : animaux « tantôt ovales, tantôt ronds » mais très petits, mobiles qu'il compare « à un essaim de mouches ou de moucherons vol-

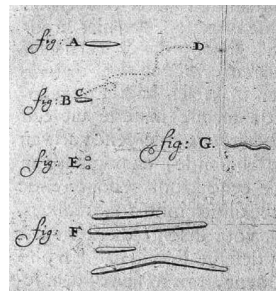


Fig. 4 -
Gravure
des bactéries
de la plaque
dentaire,
in *Arcana*
Naturae,
1695
(Coll. J. C.).

tigeant dans un espace exigü ». L'ensemble évoque aujourd'hui les bactéries de la plaque dentaire. Mais il va reproduire cette recherche de nombreuses fois : chez deux femmes « dont les dents sont propres », chez un enfant, chez des vieillards sobres ou alcooliques, dont un qui « ne s'est de toute sa vie jamais lavé la bouche » et où il trouve une faune abondante, dont des bâtonnets ondulés. Il continuera à examiner ces germes pendant des années. Cette lettre est accompagnée d'un schéma célèbre et Clifford Dobell identifiera en 1961 ces bactéries commensales de la bouche : fig. A *Bacillus sp.* très mobiles ; B *Selenomonas sputigena* ; E *Micrococcus sp* ; F *Leptothrix buccalis* ; G *Spirocheta buccalis*. Les microcoques isolés E pourraient être des streptocoques. L'image est sobre, nue, sans aucune fioriture, mais très impressionnante ! Sa radicalité fut jugée scandaleuse et inacceptable en son temps.

Il évoque dans la même lettre l'existence « d'écaillés à la surface de la *cuticula* entre lesquelles exsudent en de milliers d'endroits des globules qui, en se rassemblant, formeront les gouttes de sueur ».

Neuf ans plus tard en 1692, il décrit manifestement d'autres bactéries de la plaque dentaire en se limitant à en indiquer la taille mais en les dessinant.

• Études du sperme¹³

Un étudiant en médecine de Leyde Johan Ham (1654-1725), à la demande de son professeur Theodorus Craanen (1620-1690), vint trouver Leeuwenhoek avec une fiole de sperme d'un patient souffrant de blennorrhagie : il avait vu des animalcules mais pensait qu'il s'agissait de la conséquence de l'infection. Leeuwenhoek pense tout d'abord à des animalcules cause de l'infection mais est étonné par l'unicité des vers flagellés ; il refait l'expérience avec du sperme de Johan Ham et trouva la même chose. Une lettre de novembre 1677, écrite en latin car son contenu peut « répugner ou scandaliser les savants » décrit avec précision les « petits vers de la semence de l'homme ». Il confirmera dans les lettres suivantes, jusqu'à l'ultime de 1723, la présence des vermicules dans le sperme d'environ trente espèces animales (mammifères, oiseaux, mollusques, arthropodes...).

Il semble qu'il était conscient que ces animalcules étaient à l'origine de la reproduction des animaux : ce qui s'opposait aux théories de l'époque (Harvey, Reinier de Graaf).

Cette paternité de découverte a été contestée par Nicolaas Hartsoecker, qui avait visité Leeuwenhoek quelques temps avant. Hartsoecker est à l'origine de la notion d'homonculus : petit être (mâle ou femelle) préexistant dans les spermatozoïdes : un dessin célèbre publié en 1694 dans *Essay de dioptrique* à Paris représente un petit humain dans la tête d'un spermatozoïde. Cette théorie de la préformation s'oppose à celle de l'épigénèse.

- Études des selles

En 1681, Leeuwenhoek décrit des animalcules, observés dans ses selles, qui « se déplaçaient avec beaucoup de grâce ». Dobell¹⁴ crut reconnaître la *Giardia intestinalis* mais Penso ne le confirme pas. Il trouva aussi des animalcules dans les excréments des canards, des pigeons et des grenouilles.

- Divers

Observation probable du *Saccaromyces cerevisiae* en 1680 : « petits globules sphériques » dans de la bière, avec dessin.

Observations de ciliés en 1702, avec dessin.

Il étudie les globules rouges de l'homme et de nombreux animaux (il en fait la première description correcte dans une publication de 1674¹⁵ après leur découverte en 1658 par Swammerdam) ainsi que les capillaires de la queue du têtard, du pied des grenouilles, de la nageoire caudale de l'anguille et de l'aile des chauves-souris.

Il décrit la structure des phanères : plumes, poils et écailles de poissons et étudie l'anatomie des insectes : abeilles, moucheron, puces, punaises, vers à soie et observe pour la première fois la différence de posture des larves de moustiques (*Culex* et *Anophèles*).

En botanique, il étudie la structure des feuilles, du bois, des épices... Il étudie aussi les substances inertes : poudre à canon, métaux, sels, roches...

Enfin, il fait une estimation de la population maximale que pourrait porter la Terre, en se basant sur la densité de la Hollande, et arrive au nombre de 13,4 milliards !

L'ensemble de ses lettres sont réunies dans *Arcana naturæ detecta*¹⁶ (92 lettres) en 1695, complété en 1697 par 15 lettres supplémentaires dans *Continuatio arcanorum naturæ detectorum*.

**Leeuwenhoek
et la génération spontanée**

Au début de ses observations, il ne semble pas s'opposer à la théorie

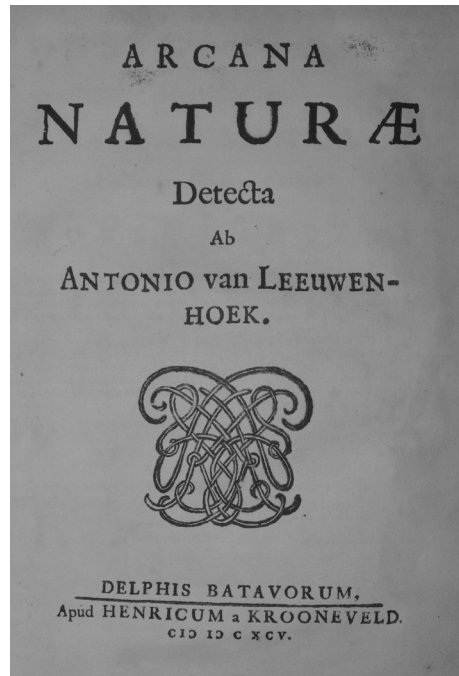


Fig. 5 - Page de titre de *Arcana Naturæ*, 1695, (Coll. J. C.).

de la génération spontanée. En revanche, il va devenir ensuite un adversaire de ces thèses. Il va tenter de refaire les expériences réussies de Francesco Redi avec de la viande et des mouches, mais par défaut de manipulation il ne va pas pouvoir reproduire l'expérience. Il observe que l'anguillule du vinaigre est vivipare, ce qui conforte son idée.

Les disciples de Leeuwenhoek

L'œuvre fondamentale de Leeuwenhoek, amateur de génie, n'influença pas profondément l'évolution du savoir humain : seuls quelques auteurs vont s'en inspirer.

Robert Hooke, qui avait déjà publié *Micrographia* en 1665, est le premier à s'intéresser aux travaux de Leeuwenhoek et à contrôler ces observations. En 1678, il écrit qu'il avait bien vu les fameux animalcules « si petits qu'on pouvait en trouver des millions et des millions dans une seule goutte d'eau ». Ils pouvaient être divisés en *gygantic monsters* (les protozoaires) et un genre plus petit « *a lesser sort* » (protozoaires ou bactéries). Il observe aussi des zoophytes et des moisissures qu'il dessine.

Filippo Bonanni, en 1691, remarque dans de l'eau putride d'innombrables petits vers « transparents et compacts comme du cristal très pur » et il fait le rapprochement entre putréfaction et contamination bactérienne. Il étudie la morphologie et les déplacements de ces animalcules (protozoaires flagellés) et observe le changement de forme de certains. Il en découvre aussi dans l'eau de pluie.

En Allemagne, Johan Nikolaus Pechlin (1644-1706) découvre dans les urines d'un patient fébrile des espèces d'animalcules en nombre incalculable, ainsi que dans les larmes d'un enfant souffrant de conjonctivite¹⁷.

Edmund King (1629-1709) en Angleterre est le premier à observer et à publier sur les animalcules (bactéries, levures, spirilles ou spirochètes)¹⁸. Il observe que les animalcules se concentrent à la surface du liquide, peut-être « par besoin d'air ». Il est aussi le premier à expérimenter l'action des substances chimiques sur les micro-organismes (esprit de vitriol, teinture de sel de tartre, l'encre et le vin brut).

En 1696, le révérend John Harris (v.1667-1719) communique sur ses observations comparables¹⁹ ; il se demande comment expliquer leur génération, sans avoir recours à la génération spontanée ! Il a une idée nette du milieu de culture favorable à leur développement (température et substances nutritives).

Stephen Gray (1666-1736) physicien anglais décrit un microscope à eau pour observer les animalcules directement dans les gouttes d'eau

et il développe l'observation dans la chambre noire pour mieux voir les animalcules transparents²⁰.

L'anatomiste Govard Bidloo (1649-1713), dans une lettre à Leeuwenhoek de 1698²¹, affirme avoir vu des animalcules dans tous les liquides du corps des animaux et des hommes et que ces animalcules sont probablement la cause de certaines maladies !

Au XVIII^e siècle

La cause microbienne des maladies commence à gagner du terrain. Ainsi Nicolas Andry (1658-1742) écrit en 1700 : « Les petits animaux que le Microscope nous découvre causent de grandes maladies » (cité par Penso, *Op. cit.* p.220). Lui-même et Nicolaas Hartsoeker (1656-1725) pensent que les maladies vénériennes sont dues à des petits vers ou insectes (on ne fait pas trop la différence) et que le mercure est efficace parce qu'il agit en les tuant.²² Mais la notion de nature animée de la contagion restera très controversée. Bernardino Bono (v.1686-1713) en 1713 invente la première observation microscopique à l'aide de deux lamelles transparentes en talc.

En 1718 Louis Joblot (1645-1723), mathématicien et naturaliste, écrit un livre sur les microscopes : *Descriptions et usages de plusieurs nouveaux microscopes, tant simples que composez ; avec de nouvelles observations faites sur une multitude innombrable d'insectes, & d'autres animaux de diverses especes, qui naissent dans des liqueurs préparées, & dans celles qui ne le sont point.*²³ Dans la seconde édition posthume augmentée (1754) il parle pour la première fois d'« animaux microscopiques » (et non d'animalcules) « parce qu'ils échappent à l'œil, et qu'on ne peut les apercevoir qu'à l'aide du microscope ». Il leur donne des noms fantaisistes.

La systématique des animalcules

Abraham Trembley (1700-1784) invente un microscope spécial pour observer les eaux et dénomma « polype à bras en forme de cornes » un animalcule d'eau douce²⁴.

George Adams (1709-1772), fabricant anglais de microscopes comme son fils (George également, 1750-1795) publie en 1746 *Micrographia Illustrata*²⁵ : un traité des différents microscopes mis au point (au nombre de 315) avec une recherche publicitaire. Son fils publie en 1787 un *Essays on the microscope*²⁶, avec la description de 379 animalcules.

En 1752, John Hill (1716-1775) publie un important traité d'histoire naturelle²⁷ comportant les animaux invisibles, en essayant de les classer en trois classes (absence ou présence de queue, de membres) : *Gymnia*, *Cercaria* et *Arthronia* et une série de genres.

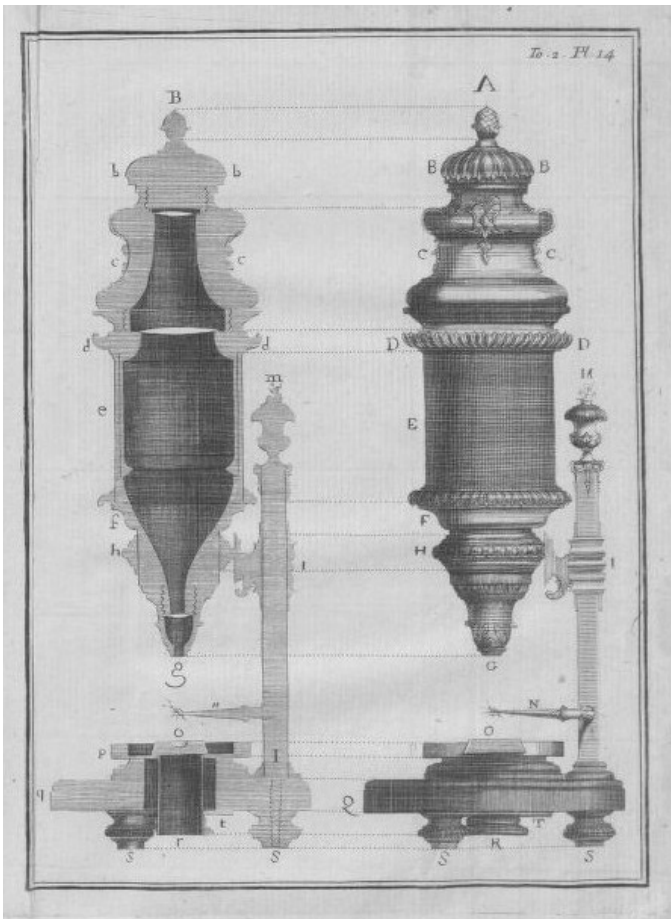


Fig. 6 - Microscope de Joblot, 1718, (Coll. J. C.).

Carl von Linné (1707-1778), dès la première édition en 1735 de son *Systema Naturæ*²⁸, crée un groupe d'êtres appelé *Microcosmus*. Dans la 12^e édition de 1758 les animalcules sont inclus dans la classe des *Vermes* et dans le nouvel ordre *Chaos* « polymorphe changeant ».

Entre temps en 1753, Henry Baker (1698-1774) avait découvert les amibes²⁹ : à cause de leur transformisme, il les appelle *Proteus*.

Heinrich August Wrisberg (1739-1808) appelle *Infusoria*³⁰ l'ensemble des animalcules nés dans les infusions, terme accepté par Linné. Il décrit aussi des animalcules sphériques (streptocoques : « molécules disposées longitudinalement » ou staphylocoques : « amas de petites molécules » ?). Linné inclut ensuite *Proteus*, *Fungorum seminium*, *Infusoria* mais aussi les spermatozoïdes et les pollens dans le *Chaos*.

Otto Friedrich Müller (1730-1784) naturaliste danois étudie aussi les *Vermes* dont les *Infusoria* (1773-74), donne la première définition zoologique aux *animalcula microscopia* et découvre les cils vibratiles³¹. Il a vu et distingué avec netteté des bactéries, coques et vibrions qu'il classe dans le genre *Monas* : coques en chaînes, agglomérés et même en grappes de raisin (*Monas uva*). Les termes *Vibrio*, *bacillus* et *spirillum* étaient introduits : l'apport de Müller en microbiologie est fondamental.

Marcus Elieser Bloch (1723-1799) est le premier à aller chercher des infusoires dans l'intestin des animaux vivants en 1782³².

L'Allemand Wilhelm Friedrich von Gleichen (1717-1783) est le premier à développer la coloration des germes avec du carmin et de l'indigo pour en faciliter l'observation au microscope³³.

Le retour de la génération spontanée

Après Redi et Vallisnieri, l'affaire semblait entendue quand John Turberville Needham (1713-1781) prêtre anglais la relança. Ses polémiques avec Spallanzani et Voltaire sont fameuses ! Ces expériences tendent à prouver la génération spontanée des infusoires³⁴. Il expose des liquides organiques (infusions de viande) à la chaleur (mais inférieure au point d'ébullition !) dans des récipients qu'il chauffe avec des cendres chaudes puis ferme avec un bouchon : il pensait comme cela avoir éliminé tous les animalcules préexistants dans le liquide et dans le récipient. Et comme il en vit de nouveau pulluler au bout de quelques jours, il pensait avoir démontré que c'était le fruit d'une génération spontanée par la présence d'une « force végétative dans chaque point microscopique de matière ». Il communique ses résultats à Buffon (qui les adopte) puis à Spallanzani.

Lazaro Spallanzani (1729-1799)³⁵, prêtre puis professeur d'histoire naturelle à Pavie, veut vérifier les affirmations de Needham. Il étudie les infusions en cherchant à préciser « le caractère et l'intelligence de ces petits animaux ». Il observe d'abord la courbe de croissance des micro-organismes puis il retrouve les résultats de Needham mais comprend vite que les expériences étaient incomplètes, erronées et mal interprétées. Il essaye plusieurs températures et temps de stérilisation, bouche les récipients de différentes manières (allant jusqu'à la soudure) et acquiert la conviction que la théorie de la génération spontanée de Messieurs de Needham et Buffon est erronée (1765). Bien sûr, à Paris, Spallanzani fut dénigré ! Et Needham retourna l'argument de Spallanzani en disant qu'en détruisant la force végétative, il avait détruit aussi la possibilité d'avoir une génération spontanée d'infusoires. Spallanzani fait de nouvelles expériences qu'il communique à Charles Bonnet de Genève avant de les publier en 1776. Il observe qu'il y avait deux catégories

d'infusoires de sensibilité différente à la chaleur et développe pour la première fois la notion de stérilité. Il fait des infusions à partir de graines grillées pour détruire la fameuse force végétative et trouve toujours les infusoires. Il étudie aussi l'action du froid sur les infusoires et montre que les catégories d'infusoires qui résistent au froid sont celles qui résistent au chaud. Il étudie l'action de diverses substances : le camphre, l'huile de térébenthine, les liqueurs corrosives et spiritueuses et la fumée de soufre les tuent, ce qui n'est pas le cas de la fumée de tabac : la voie des désinfectants est ouverte ! L'action de l'électricité est aussi délétère mais pas celle du vide.

Le genevois Horace Benedict de Saussure (1740-1799) décrit en 1759 la division transversale des infusoires³⁶. Ce phénomène de scissiparité avait déjà été vu par l'anglais John Ellis mais avec indifférence ! Les kystes des protozoaires ont été découverts par un élève de Spallanzani, l'abbé Bonaventura Corti. Spallanzani va confirmer la multiplication des infusoires et comprendre que les kystes sont des « petits œufs » qui constituent « le principe et la source de ce peuple nombreux » : il les appelle « germes ». Ce terme fut immédiatement adopté par Bonnet pour nommer les infiniment petits. Spallanzani est considéré comme le fondateur de la microbiologie expérimentale.

Si l'on peut admettre que le microscope est né au début du XVII^e siècle avec la lunette de Galilée (entre 1610 et 1623) et le terme même de microscope en 1625, les premières découvertes ne sont que la visualisation de détails anatomiques des insectes et des plantes avant l'arrivée de



Fig. 7 - Statue de Lazzaro Spallanzani à Pavie, (Coll. J. C.).

Leeuwenhoek. Ce dernier dès 1673 va découvrir un monde inconnu, celui des infiniment petits, protozoaires et bactéries. Le perfectionnement des microscopes au XVIII^e siècle va se heurter aux défauts optiques des verres. Il faudra attendre le XIX^e siècle pour que la bactériologie se développe et cela grâce à trois nouveautés techniques : la culture des bactéries, la coloration des lames et les améliorations apportées aux optiques. Le XIX^e siècle verra aussi réapparaître la théorie de la génération spontanée : après Redi au XVII^e siècle, Spallanzani au XVIII^e, c'est Louis Pasteur (1822-1895) qui vaincra définitivement cette véritable hydre de Lerne !

RÉSUMÉ

La naissance du microscope date du début du XVII^e siècle (avant 1623) avec la lunette (*occhialino*) du grand Galilée. S'en suivent les premières observations naturalistes et le terme de « microscope » en 1625. Les microscopes composés avec deux lentilles avaient tellement de défauts optiques que les grandes découvertes de l'infiniment petit sont le fait des microscopes simples avec seulement un oculaire, dont les loupes. C'est ainsi que Antoni van Leeuwenhoek, de Delft, va révolutionner l'observation microscopique avec sa « drôle de loupe » : un monde inconnu, inouï, vivant va lui sauter aux yeux ! La microbiologie est née en 1673. Le XVIII^e siècle verra de nouvelles découvertes améliorer les connaissances, mais il faudra attendre l'amélioration des optiques au XIX^e siècle, la possibilité de culture des bactéries et leur meilleure visualisation par la coloration des lames pour voir vraiment se développer cette discipline...

SUMMARY

The birth of the microscope dates from the beginning of the 17th century (before 1623) with the occhialino of the great Galileo. This was followed by the first naturalist observations and the term «microscope» in 1625. Compound microscopes with two lenses had so many optical defects that the great discoveries of the infinitely small are due to simple microscopes with only one eyepiece, whose magnifying glasses. This is how Antoni van Leeuwenhoek, from Delft, will revolutionize microscopic observation with his «funny magnifying glass»: an unknown, unheard of, living world will jump out at him! Microbiology was born in 1673. The 18th century will see new discoveries improve knowledge, but it will be necessary to wait for the improvement of optics in the 19th century, the possibility of culturing bacteria and their better visualization by the coloring of the slides to really develop this discipline...

NOTES

- 1) FRACASTOR J. - *De contagione et contagiosis morbis et curatione libri III*. Sans nom d'éditeur, Venise, 1546.
- 2) PENSO G. - *La conquête du monde invisible. Parasites et microbes à travers les siècles*. Roger Dacosta, Paris, 1981, p. 124- 25.
- 3) MAURY J.-P. - *Galilée, le messager des étoiles*. Gallimard, Paris, (Collection Découvertes), n°10, 1996, p. 37.
- 4) STELLUTI F. - *Persio tradotto*. G. Mascardi, Roma, 1630.
- 5) HOOKE R. - *Micrographia : or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses*. J. Martyn & J. Allestry, London, 1665.
- 6) BONANNI F. - *Observationes circa viventia, cum micrographia curiosa*. D. H Herculis, Romae, 1691.
- 7) KIRCHER A. - *Scrutinium physico-medicum contagiosae luis, quae pestis dicitur*. Mascardi, Romae, 1658.
- 8) BOREL P. - *Historiarum et Observationum medico-physicarum centuria prima*. Arnaldum Colomerium, Castris, 1653.
- 9) DELAVault R. - *Le drapier de Delft (1632-1723). Un découvreur de génie*. Jonas, Elbeuf sur Andelle, 1989, 154 p. BOUTIBONNES Ph. *Antoni van Leeuwenhoek, 1632-1723 : l'exercice du regard*. Belin, Paris, 1994, 334 p.
- 10) BOUTIBONNES Ph. - L'œil de Leeuwenhoek et l'invention de la microscopie, *Alliage*, 1999, 39 : 58-66.
- 11) BERCHE P. - *Une histoire des microbes*. John Libbey Eurotext, Montrouge, 2007, 307 p.
- 12) BOUTIBONNES Ph. - Antoni van Leeuwenhoek, 1683 : une image simple, simplement une image... *Genesis* (Manuscrits-Recherche-Invention), 2003, 20 : 71-80.
- 13) ANDROUTSOS G. - Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) et la première description du spermatozoïde. *Andrologie*, 2004, 14, 3 : 336-342.
- 14) DOBELL C. - *Antony van Leeuwenhoek and his « little Animals »*. John Bale Sons & Danielsson, Londres, 1932, 435 p.
- 15) VAN LEEUWENHOEK A. - Microscopical observations concerning blood, milk, bones, the brain, spittle, and cuticula, etc. *Phil Trans*, 1674, 9 : 121-8.
- 16) VAN LEEUWENHOEK A. - *Arcana naturæ detecta*. Henri Krooneveld, Delphes, 1695, 568 p.
- 17) PECHLIN J. N. - *Observationum physico-medicarum*. Officina libraria Schultziiana, Hamburg, 1691.
- 18) KING E. - Several observations and experiments on the *Animalcula* in pepper-water. *Phil Trans*, 1693, XVII, 861.
- 19) HARRIS J. - Some microscopical observations of vast numbers of animalcula seen in water. *Phil Trans*, 1696, XIX, 254.
- 20) GRAY S. - Several microscopical observations and experiments. *Phil Trans*, 1696, XIX, 280.
- 21) BIDLOO G. - *Observatio de animalculis in ovino, aliorumque animantium hepate detectis*. Jordamim Luchtmans, Lugduni Batavorum, 1698.
- 22) ANDRY N. - *De la génération des vers dans le corps de l'homme*. Laurent d'Houry, Paris, 1700, p. 345.

- 23) JOBLLOT L. - *Descriptions et usages de plusieurs nouveaux microscopes, tant simples que composez; avec de nouvelles observations faites sur une multitude innombrable d'insectes, & d'autres animaux de diverses espèces, qui naissent dans des liqueurs préparées, & dans celles qui ne le sont point.* Jacques Collombet, Paris, 1718.
- 24) TREMBLEY A. - *Mémoires pour servir à l'Histoire d'un genre de Polybes d'eau douce, à bras en forme de cornes.* Jean et Herman Veebeek, Leide, 1744.
- 25) ADAMS G. - *Micrographia Illustrata or the knowledge of the Microscope explain'd together with an account of a new invented universal single or double microscope.* L'auteur, London, 1746.
- 26) ADAMS G. - *Essays on the Microscope.* Robert Hindmarsh, London, 1787.
- 27) HILL J. - *An History of animals.* Thomas Osborne, London, 1752.
- 28) VON LINNE K. - *Systema Naturae sive Regna tria Naturae systematice proposita per Classes, Ordines, Genera et Species.* Theodorum Haak, Leide, 1735.
- 29) BAKER H. - *Employment for the Microscope.* R. Dudley, London, 1753.
- 30) WRISBERG H. A. - *Observationum de Animalculis Infusoriis satura.* B. Vandenboeck, Goettingae, 1765.
- 31) MULLER O. F. - *Vermium terrestrium et fluviatilium, seu Animalium infusoriorum, helminthicorum et testaceorum non marinorum, succincta historia.* Heineck et Faber, Haunia et Lipsiae, 1773.
- 32) BLOCH M. E. - *Abhandlung von der Erzeugung der Eingeweidewürmer und den Mitteln wider dieselben.* S. F. Hesse, Berlin, 1782.
- 33) VON GLEICHEN W. F. - *Abhandlung über die Saamen und Infusionstierchen, und über die Erzeugung; nebst mikroskopischen Beobachtungen des Saamens der Thiere, und verschiedener Infusionen.* Adam Wolfgang Winterschmidt, Nürnberg, 1778.
- 34) NEEDHAM J. T. - A summary of some late Observations upon the Generation, Composition, and Decomposition of Animal and Vegetable Substances. *Phil Trans*, 1748, XLV, 615.
- 35) ROSTAND J. - *Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani.* Fasquelle, Paris, 1951, 285 p.
- 36) RATCLIFF M. - *Genèse d'une découverte : la division des infusoires (1765-1766).* Publications du Muséum, Paris, 2016, 751 p.