

## VOIE GÉNÉRALE

2<sup>DE</sup>

1<sup>RE</sup>

T<sup>LE</sup>

*Enseignement scientifique*

ENSEIGNEMENT  
COMMUN

## L'ESSENTIEL SUR LA THÉORIE CELLULAIRE DES PROGRÈS TECHNIQUES À LA THÉORIE SCIENTIFIQUE

### Description

L'objectif est de faire le point sur l'histoire de la théorie cellulaire ou comment une succession de progrès techniques, de l'invention du microscope optique au XVII<sup>e</sup> siècle à celle du microscope électronique au XX<sup>e</sup> siècle, a permis l'élaboration progressive de la théorie cellulaire.

### Mots-cles

Théorie cellulaire, cellule, organite, noyau, molécule, microscopie, microscope optique (ou photonique), microscope électronique, échelle, ordre de grandeur.

### Références au programme

1.3 – Une structure complexe : la cellule vivante.

## Introduction

Parmi les concepts que manipule le biologiste, depuis le gène jusqu'à l'écosystème, celui de cellule occupe une place privilégiée et particulière, car il est associé à un référent empirique dont l'existence paraît indiscutable. Comment ce concept, apparu assez récemment dans l'histoire de la biologie, s'est-il construit au cours du temps ?

## Contenus scientifiques sur la théorie cellulaire

La **théorie cellulaire** est le fondement de la biologie cellulaire.

Les 3 principes élémentaires de la théorie sont :

- tout **organisme vivant** est composé d'une ou plusieurs **cellules** ;
- la cellule est l'**unité de structure et de fonction** du vivant ;
- toute cellule provient d'une autre cellule, par **division cellulaire**.

Ainsi, la cellule est l'unité de structure, de fonction et de reproduction du vivant.

## Histoire des découvertes sur la cellule

Dès l'Antiquité, Aristote pense que les animaux et les plantes, si complexes soient-ils, sont formés de peu d'éléments qui se répètent. Évidemment, avant le XVII<sup>e</sup> et l'invention du microscope, impossible de confirmer ces hypothèses par l'observation directe.

### L'invention du microscope optique permet d'observer les premières cellules

L'invention du microscope optique date du XVII<sup>e</sup> siècle, mais il est difficile de dire avec certitude qui en est l'auteur, car il a été inventé de manière indépendante plusieurs fois en Europe.

**Galilée** a développé un *occholino* en 1609 : il s'agit d'un microscope composé d'une lentille convexe et d'une autre concave.

Les opticiens hollandais **Hans Janssen** et son fils **Zacharias Janssen** ont également fabriqué des microscopes au début du XVII<sup>e</sup> siècle.

**Robert Hooke** (1635-1702), scientifique anglais de renom, construisit un microscope composé de deux systèmes de lentilles, ce qui permettait d'obtenir un grossissement plus fort que précédemment. Il rassembla ses observations dans son ouvrage le plus connu : les *Micrographia* (1667). Il observe notamment dans du liège des cavités délimitées par des parois : il nomme «cellules» ces petites unités structurales, par analogie avec les cellules – petites chambres – des monastères. En réalité, Hooke n'avait pas vu la cellule, mais seulement ses parois pecto-cellulosiques : les cellules du liège sont mortes et vidées de leur contenu.

En 1674, le drapier néerlandais **Antoni van Leeuwenhoek** (1632-1723), observe pour la première fois des cellules vivantes. Leeuwenhoek est connu pour ses améliorations des techniques de microscopie. Pourtant, ses microscopes sont simples, car constitués d'une seule lentille, mais il développe une technique pour fabriquer des lentilles d'une qualité et d'une puissance inconnues dans le monde scientifique de son époque. Il en tire de nombreuses observations, notamment sur des cellules vivantes : découverte des protozoaires dans de l'eau douce, observation de spermatozoïdes, etc...

Retrouvez éducol sur



La démarche de ces scientifiques est intéressante, car elle procède avant tout de la curiosité, le monde microscopique étant alors inconnu. Les observations de ces scientifiques ont permis de construire des représentations grâce auxquelles on a pu modéliser la structure du vivant. Le microscope composé de Hooke générait de nombreuses aberrations sphériques et chromatiques alors que les microscopes à simple lentille en généraient moins et ont permis des observations plus précises.

Hooke et Van Leeuwenhoek étaient contemporains et ont collaboré de manière épistolaire. Toutefois, ni l'un ni l'autre ne purent établir que la cellule était l'unité de base de tous les êtres vivants et c'est seulement au XIX<sup>e</sup> siècle que la notion de cellule s'imposa.

### Des observations de cellules chez tous les êtres vivants

Les observations microscopiques étaient limitées au XVIII<sup>e</sup> siècle par les techniques de coupe : avec l'invention des premiers microtomes, on pouvait faire des coupes fines dans des tissus suffisamment durs, donc surtout des tissus végétaux et des os ou des cartilages chez les animaux. Pour l'observation des tissus animaux mous, il fallut attendre l'invention de techniques de fixation et d'inclusion performantes au cours du XIX<sup>e</sup> siècle. Afin de conserver l'échantillon dans un état le plus proche possible de l'état *in vivo*, la fixation était réalisée par un produit chimique comme le formol ou le liquide de Bouin (aujourd'hui, c'est la congélation qui est privilégiée). L'inclusion permettait ensuite la solidification du tissu dans la résine ou la paraffine.

En 1838, dans l'ouvrage « Contribution à la phytogenèse », **Matthias Jakob Schleiden** définit les plantes comme « des agrégats d'êtres individualisés et indépendants qui sont des cellules ». Ses observations dans des tissus végétaux variés lui ont permis d'identifier un noyau dans chacune des cellules végétales. Il proposa alors l'idée fautive que la cellule naissait à partir du noyau au sein d'une substance organique spéciale, nommée « cytoblastème ». Cette erreur persistera pendant plus d'une quinzaine d'années.

Schwann reprit ces observations chez les animaux, surtout dans des tissus durs comme les cartilages ou les os. La mise en commun de ses travaux et de ceux de Schleiden l'amena à postuler en 1839 que « tous les organismes sont faits de petites unités : les cellules ». Certains d'entre eux sont formés d'une unique cellule autonome : les organismes unicellulaires. D'autres sont formés de plusieurs cellules différenciées tant au niveau des formes que des fonctions : les organismes pluricellulaires.

### La caractérisation des étapes de la division cellulaire

**Robert Remak** (1815-1865), suite à ses observations sur l'œuf fécondé de grenouille, réfuta la théorie du cytoblastème et publia en 1855 une autre explication : division en deux du noyau puis séparation et segmentation de la cellule. Devant les réticences de ses collègues à admettre cette nouvelle théorie, il abandonna ses travaux. Et c'est le médecin allemand **Rudolf Virchow** (1821-1902), qui énonça en 1855 le 3<sup>ème</sup> axiome de la théorie cellulaire : toute cellule provient d'une autre cellule (*omnis cellula e cellula*).

C'est dans les années 1870 que ce troisième axiome va être étayé par les observations de **Walter Flemming**. L'utilisation de colorants a permis des avancées dans l'observation des cellules (par exemple l'aniline, colorant bleu dérivé du goudron de charbon). Flemming étudie le processus de la mitose à partir de préparations microscopiques de nageoires de salamandres colorées à l'aniline. Il est persuadé que le noyau des cellules filles vient du noyau de la cellule mère, ce qu'il exprime en écrivant « *omnis nucleus e nucleo* » (tout noyau vient d'un noyau), en écho de la formule de Virchow. Il identifie et nomme « chromatine » (*du grec chrôma = couleur*) une substance acide qui capte les colorants basiques. Il remarque que la chromatine se transforme en filaments plus épais lors de la division cellulaire, qu'il nomme « mitose » (*du grec mitos = filament*). Les filaments seront nommés chromosomes (« *corps colorés* » en grec) par **Wilhelm von Waldeyer-Harz** en 1888.

### La microscopie électronique permet de découvrir l'ultrastructure des cellules

La microscopie électronique a été développée dans les années 1930. **Porter** et ses collaborateurs ont été les premiers à publier des images d'observation de cellules au microscope électronique en 1945. Puis, les techniques de fixation, d'inclusion et de coupes ont été développées pour améliorer l'observation des échantillons et ouvrir le vaste domaine de l'ultrastructure cellulaire.

Au lieu d'utiliser la lumière visible, les microscopes électroniques (ME) font passer un faisceau d'électrons :

- soit à travers une coupe ultrafine de l'échantillon (MET = ME à Transmission) ;
- soit à la surface d'un échantillon fixé (MEB = ME à Balayage).

On obtient une image en teintes de gris, qui peut être colorisée par traitement informatique.

L'utilisation du MET a permis d'explorer l'intérieur des cellules (leur ultrastructure). Les organites ont ainsi pu être classés selon qu'ils sont à simple ou à double membrane. En interphase, on a pu distinguer l'euchromatine de l'hétérochromatine. On peut même observer des grains d'amidon à l'intérieur d'un chloroplaste.

Il est également possible d'utiliser la technique de cryofracture (ou cryodécapage). Après avoir congelé l'échantillon à très basse température (par ex. azote liquide à -196°C), on réalise une cassure aléatoire, qui passe par les structures de moindre résistance. L'échantillon est ensuite bombardé de particules métalliques, et les parties organiques sont détruites par l'acide sulfurique. On obtient ainsi une réplique métallique en trois dimensions de la structure, que l'on peut observer au MEB.

Les techniques d'ultracentrifugation, permettant de séparer les organites cellulaires en fonction de leur masse, ont été également essentielles pour la connaissance de l'ultrastructure de la cellule.

Enfin, la tomographie électronique a permis de modéliser les mitochondries en 3 dimensions (**Perkins**, 1997), ce qui a permis de constater que les représentations issues des années 1950 étaient erronées, notamment au niveau de la structure des crêtes mitochondriales.

## Apprentissages à construire

- Analyser et interpréter des **documents historiques** relatifs à la théorie cellulaire : par exemple les dessins de cellules animales et végétales observées au microscope par Schwann et Schleiden.
- Comprendre et comparer le **fonctionnement des microscopes** optique et électronique.
- Situer les ordres de **grandeur**, atome, molécule, organite, cellule, organisme :
  - recenser des structures sur des images de microscopie ;
  - calculer leur taille à partir d'une échelle ou d'un grossissement ;
  - les classer dans un tableau ou sur un axe par taille décroissante.

## Compléments

### Aspects interdisciplinaires

Le fonctionnement des différents types de microscopes et le rôle des lentilles peuvent être abordés. Les termes de microscope optique (MO) et photonique sont synonymes, mais le second permet de mettre en avant le rôle des photons dans un MO, intéressant à comparer avec celui des électrons dans les ME.

## Pour aller plus loin

- Encyclopedia Universalis, article Cellule, 1<sup>ère</sup> édition.
- Biologie végétale, Raven et al., De Boeck, 2003
- La biologie des origines à nos jours, Pierre Vignais, EDP Sciences, 2001
- [La naissance de la microbiologie](#) sur le site [snv.jussieu.fr](http://snv.jussieu.fr)