

L'ESSENTIEL SUR LA THÉORIE CELLULAIRE DÉBATS ET CONTROVERSE

Description

L'objectif est de faire le point sur les idées concernant la théorie cellulaire. Ainsi, l'idée d'une entité élémentaire constituant le vivant est apparue de façon purement théorique, bien avant l'invention du microscope. Suite à la formulation de la théorie cellulaire en 1838-9, de nombreuses controverses ont vu le jour, et le domaine de validité de cette théorie fait encore débat de nos jours.

Mots-clés

Théorie cellulaire, cellule, noyau, microscopie, épistémologie, philosophie.

Références au programme

1.3 – Une structure complexe : la cellule vivante.

Introduction

La théorie cellulaire est généralement considérée comme la pierre angulaire de la science biologique, aux côtés de la théorie darwinienne de l'évolution. La force de cette théorie est sa simplicité, à commencer par la définition de la cellule comme unité structurale et fonctionnelle du vivant, contenant un milieu fluide de composition spécifique délimité par une membrane. Néanmoins, comme toutes les théories scientifiques, la théorie cellulaire est loin d'être une évidence universellement acceptée par les biologistes du XIX^e siècle à nos jours.

Contenus scientifiques sur la théorie cellulaire

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

Dans sa forme actuelle, cette théorie repose sur les trois principes suivants :

- 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.

Évolution des idées sur la structure du vivant

Dès l'Antiquité, **Aristote** élabore une théorie de l'être : il émet l'hypothèse que tous les êtres vivants doivent être composés de structures élémentaires simples qui se répètent. Ainsi, l'idée de divisibilité, qui nous semble liée aux observations microscopiques à partir du XVII^e siècle, est en fait apparue bien avant, de manière purement théorique.

Les idées avant la théorie cellulaire

Le newtonianisme a participé à l'essor de théories « particulières » de la matière vivante au XVIII^e siècle, comme celle de **Buffon**. En 1748, dans « l'histoire des animaux », ce dernier propose que les êtres vivants soient constitués d'une « quantité infinie de parties organiques vivantes ». Le philosophe allemand **Lorenz Oken** avance, dès 1805, qu'il existe des unités vivantes simples, dont l'agglomération peut produire des organismes complexes.

L'idée qu'il existerait une entité élémentaire commune à tous les êtres vivants (« vésicule », « utricule », « globule », etc.) est à l'époque un des sujets majeurs débattus dans toute l'Europe savante.

Mise en place de la théorie cellulaire

En 1838, **Theodor Schwann**, dans son projet d'unifier les connaissances sur les végétaux et les animaux, élabora une théorie censée montrer l'identité de leur structure :

- toutes les parties des plantes et des animaux sont constituées de cellules ;
- les cellules sont des unités vivantes autonomes, et bien que chaque cellule soit influencée par ses voisines, la vie de l'organisme entier est le produit, non la cause, de la vie de ses éléments cellulaires ;
- les cellules sont créées dans ou près d'autres cellules par différenciation d'une substance primaire homogène, appelée *cytoblastème*, dans un procédé analogue à la cristallisation.

La théorie cellulaire connut un grand succès en botanique comme en zoologie malgré les erreurs qu'elle comportait : son 3^e principe donne en effet une fausse interprétation de la naissance de la cellule. En 1858, **Robert Remak** puis **Rudolf Virchow** corrige ces approximations en affirmant « *omnis cellula e cellula* ». Ceci aboutit à la formulation actuelle du 3^e axiome de la théorie cellulaire : toute cellule provient d'une autre cellule. Cette affirmation sera étayée par les observations de cellules en mitose, réalisées par **Walter Flemming** à partir de 1870.

Différents axes de critique au XIX^e siècle et au début du XX^e siècle

Certains aspects de la théorie cellulaire seront largement contestés au cours du XIX^e siècle, notamment par les défenseurs de la « génération spontanée » : ces derniers pensent que des êtres vivants peuvent spontanément se créer à partir d'éléments non vivants, comme des mites sur la laine ou des moisissures sur les aliments. Dans les années 1860, les expériences de Pasteur réfutent les arguments traditionnellement mis en avant par les défenseurs de la génération spontanée.

D'autres critiques proviennent du courant de pensée holiste, selon lequel le tout (l'organisme ici) est plus que la somme de ses parties (les cellules). Ce courant de pensée, porté par **Whitman** en 1893, a été repris par **Ritter** en 1919 sous le nom d'« organicisme ». Le fait qu'un organisme complexe soit constitué d'un assemblage de cellules n'est pas contesté ici : c'est l'importance de ce niveau d'organisation qui est remis en cause. Premièrement, **Lorenz Oken** s'opposa dès 1805 à l'idée que la multicellularité se compose de multi-individualités : pour lui, un organisme n'est pas un agrégat d'unités vivantes indépendantes, mais un individu biologique en soi. L'organisme est donc selon lui l'unité minimale du vivant. Dans le même courant de pensée, le biologiste français **Charles Robin** élabora dès les années 1840 une théorie chimique du vivant selon laquelle il existe deux niveaux fondamentaux d'organisation en biologie : la substance chimique (en tant que matière vivante) et l'organisme (comme un tout en interaction avec le milieu extérieur). Dépourvue de fonction, la cellule n'a pour lui qu'une importance secondaire dans le fonctionnement d'un organisme. Il fut au cœur d'une controverse entre les écoles de biologie française et allemande dans les années 1840 à 1860.

Enfin, un dernier axe de critique provient des microbiologistes, comme le spécialiste des protistes **Clifford Dobell** : en 1911, il refuse le qualificatif d'organisme « unicellulaire » pour les protistes, lui préférant celui d'« acellulaire ». En effet, selon lui, ces organismes sont physiologiquement analogues aux organismes multicellulaires et pas à une des cellules qui les constituent. Si les deux premiers niveaux de critique sont aujourd'hui abandonnés, ce troisième axe est développé par la recherche contemporaine. Il s'agit de penser la multicellularité comme le produit, et non pas la cause, du développement des organismes.

Les limites au concept de cellule

La cellule comme unité de structure

Ce concept connaît des difficultés dans son application systématique à toutes les structures vivantes par l'observation des symplasmes des végétaux (angiospermes et gymnospermes). Le symplasma désigne la continuité des cytoplasmes des cellules végétales du fait de l'existence de nombreux plasmodesmes, qui perforent membrane et paroi cellulaires. On retrouve des structures similaires chez les animaux avec les syncytium et les structures cœnocytiqes. Ce sont des masses cytoplasmiques à plusieurs noyaux, issues soit de la fusion secondaire de cellules (syncytiums, par ex. les fibres musculaires squelettiques), soit d'une absence de cytodiérèse lors de mitoses successives (structure cœnocytiqes, par ex. les stades embryonnaires précoces des insectes). Dans le domaine de l'étude des protistes, le « blob » (*Physarum polycephalum*) constitue un cas limite à la cellularité. En effet, un blob est constitué d'une unique cellule, contenant des centaines de noyaux, et dont le diamètre peut aller jusqu'à 10 mètres dans des situations favorables. **Audrey Dussutour** et ses collègues de l'université Toulouse III ont montré que cet être vivant « unicellulaire » est capable d'apprendre de ses expériences.

La cellule comme unité de fonction :

Cet aspect du concept est celui qui a été le plus rapidement et le plus radicalement remis en cause, avant de redevenir pleinement d'actualité aujourd'hui. Durant toute la seconde moitié du XIX^e siècle, on chercha, en deçà de la cellule, des entités physiologiquement autonomes, qui connurent autant de dénomination que d'auteurs : « gemmules » (Darwin), « biophores » (Weismann), « pangènes » (De Vries), etc. Dans certains cas, les plus rares, elles étaient associées à des structures caractérisables au microscope optique (comme les bioplastes d'Altmann). Ces spéculations furent très rapidement abandonnées au début du XX^e siècle quand les développements de la biochimie montrèrent que les processus métaboliques étaient distribués dans tout le volume des cellules.

La cellule comme unité de reproduction :

C'est au niveau de la biologie végétale que le troisième axiome de la théorie cellulaire est le plus critiqué de nos jours. Le botaniste **Tsukaya**, a montré de manière expérimentale en 2003 que la forme finale d'un organe à croissance définie, comme la feuille, ne dépend ni du volume ni du nombre des cellules qui finalement le constituent. Dans ce cas, il semble bien que la pluricellularité soit une conséquence du développement plutôt que sa cause, comme le suggérait déjà l'embryologiste **Withman** en 1893. On trouve également ce type d'argument chez les animaux : les travaux récents de **Mavrakis** (2009) ont montré que l'organisation du cytosquelette de l'embryon de *Drosophile* au stade syncytial se mettait en place de manière polarisée avant les processus de cellularisation.

Pour résumer, les critiques de la théorie cellulaire, du XIX^e siècle à nos jours, se sont établies selon deux grands axes : la notion de cellule peut être concurrencée en tant qu'unité de base du vivant soit par un niveau d'échelle supérieur (l'organisme), soit par un niveau d'échelle inférieur. Une théorie récente, formulée par **Baluska** et ses collaborateurs en 2004, propose le concept de « corps cellulaire » pour revisiter la théorie cellulaire. Ce corps cellulaire, constitué du noyau et du réseau de microtubules qui l'entourent, serait l'unité de structure et de fonction du vivant. Cette idée, discutée actuellement dans la communauté scientifique, permet une révision de la théorie cellulaire et conduit à s'interroger sur la place qu'il convient d'accorder au niveau cellulaire dans les explications biologiques.

Retrouvez éduscol sur



Apprentissages à construire

- Analyser et interpréter des **textes historiques** relatifs à la théorie cellulaire : textes originaux de Schwann et Schleiden, traduits de l'allemand en anglais en 1847.
- Comprendre que la connaissance scientifique s'établit non seulement grâce à des progrès techniques, mais aussi au travers de théories et de nombreux débats et controverses.

Compléments

Aspects interdisciplinaires

Des liens sont possibles avec l'épistémologie et la philosophie des sciences (voir référence 1 : Précis de philosophie de la biologie).

Importance sociétale, dimension éthique

Les cellules souches embryonnaires ont été découvertes en 1981 chez la souris et en 1998 chez l'Homme. Une cellule souche est une cellule indifférenciée qui a deux propriétés essentielles : l'auto-renouvellement et la différenciation. Toutes les cellules souches n'ont pas le même potentiel de différenciation : celles issues de l'embryon, les cellules totipotentes et pluripotentes, peuvent donner tous les types cellulaires, alors que celles issues de l'adulte (1 cellule sur 1 million), les cellules multipotentes et unipotentes, ont un potentiel restreint respectivement à une lignée cellulaire et un type cellulaire. Aujourd'hui, au laboratoire, on sait fabriquer des cellules souches pluripotentes induites à partir de cellules adultes différenciées.

Les cellules souches humaines sont utilisées dans le cas de la médecine régénérative, pour réparer un organe malade, et de la recherche pour étudier les mécanismes de certaines maladies. L'utilisation de cellules souches embryonnaires pose des problèmes éthiques : leur prélèvement nécessite en effet la destruction d'un embryon. Religions et cultures s'opposent sur la « valeur » de l'embryon au stade auquel il est détruit. L'utilisation de ces cellules est encadrée en France par la loi de bioéthique.

Pour aller plus loin

- Laplane Lucie & Loison Laurent (2014), « Cellule et cellule souche : extension et définition », sous la direction de T. Hoquet & F. Merlin, *Précis de philosophie de la biologie*, Vuibert, pp. 197-209.
- Nicholson Daniel (2010), Biological atomism and cell theory, *Studies in History and philosophy of biological and biomedical sciences n°41*, pp. 202-211.
- Loison Laurent (2015), Pourquoi refuser la théorie cellulaire ? Le projet d'une anatomie chimique de Charles Robin, *Revue d'histoire des sciences*, tome 68-1.
- Le « blob » : [capable d'apprendre... et de transmettre ses apprentissages](#) sur le site du CNRS.
- MOOC « Ouvrez les portes du laboratoire : cellules et cellules souches ».