

1

L'organisme pluricellulaire, un ensemble de cellules spécialisées

1. La cellule, unité biologique du règne vivant

L'observation des êtres vivants permet de constater qu'ils sont tous constitués de cellules.

Ce constat, partagé pour les animaux et les végétaux, mais également la notion de la cellule comme constituant et origine de chaque individu ainsi que la réfutation de la génération spontanée, ont conduit, au cours du XIX^e siècle, à la formulation de la théorie cellulaire :

- tous les organismes vivants sont constitués de cellules
- toute cellule vient d'une cellule préexistante.

La cellule apparaît comme la brique élémentaire du vivant, ou comme l'unité fonctionnelle et structurale du vivant.

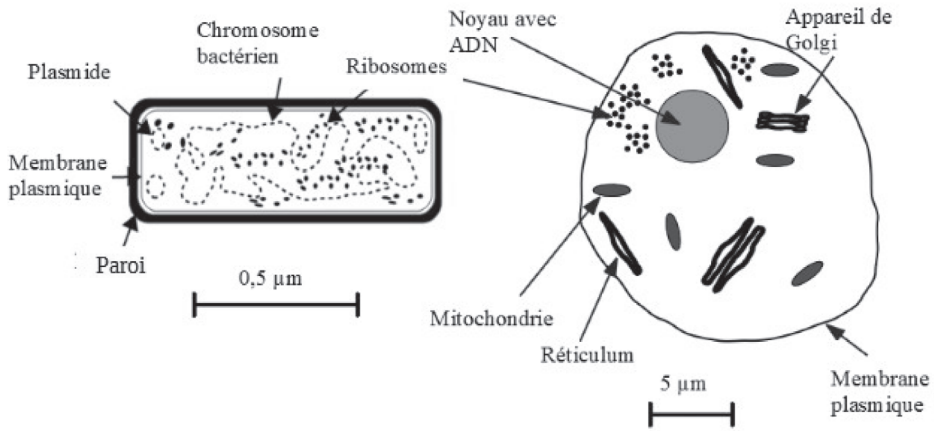
La cellule : structure

La cellule peut, dans un premier temps, se définir comme une structure limitée par une membrane plasmique, contenant une information génétique, sous forme d'ADN, et contenant un cytoplasme renfermant tous les éléments nécessaires à l'expression de cette information génétique.

Il est possible, à partir de cette structure partagée par toutes les cellules, de distinguer :

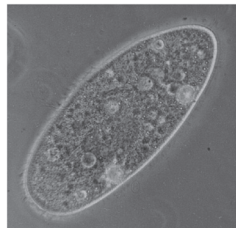
- **les cellules** (et les organismes) **procaryotes**, qui, telles les bactéries, ont une structure simple : membrane doublée d'une paroi, cytoplasme et ADN baignant dans ce cytoplasme.
- **les cellules** et les organismes **eucaryotes** : l'information génétique est enfermée dans un noyau, et de nombreux autres organites (= petits organes cellulaires) sont présents dans le cytoplasme. Parmi eux :
 - mitochondries, productrices d'énergie des cellules ;

- réticulum : ensemble de sacs membranaires à l'origine des protéines sécrétées et pouvant stocker et métaboliser les lipides ;
- appareil de Golgi : saccules aplatis capables d'effectuer la maturation des protéines destinées à la sécrétion ;
- cytosquelette, qui donne leur forme aux cellules et permet les mouvements des cellules mais aussi dans les cellules ;
- ribosomes, assurant la synthèse des protéines ;
- paroi (chez les végétaux) entourant la cellule et servant d'armature ;
- chloroplastes (chez les végétaux) assurant la photosynthèse.
- vacuole, chez les végétaux, assurant des stockages (eau, métabolites...).



*Cellules procaryotes (à gauche, une bactérie)
et eucaryotes (à droite, cellule animale)*

Chez les êtres unicellulaires, procaryotes ou eucaryotes, la cellule unique constituant l'organisme doit accomplir toutes les fonctions (nutrition, excrétion, reproduction, locomotion...).



Un exemple d'organisme unicellulaire eucaryote : la Paramecie

Source Wikimedia Commons

En revanche, dans le cas des organismes pluricellulaires, il existe une spécialisation cellulaire : chaque cellule n'accomplit qu'une tâche déterminée, parmi celles qui sont indispensables à l'organisme.

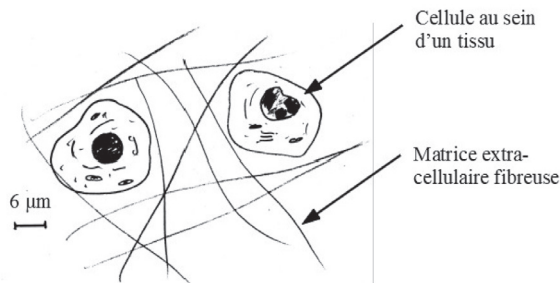
2. Cellule et organismes pluricellulaires

De nombreux êtres vivants sont constitués de cellules plus ou moins nombreuses.

Par exemple, chez un ver, *Caenorhabditis elegans*, les adultes sont constitués de 959 cellules. Chez l'homme, on en compte environ 30 000 milliards.

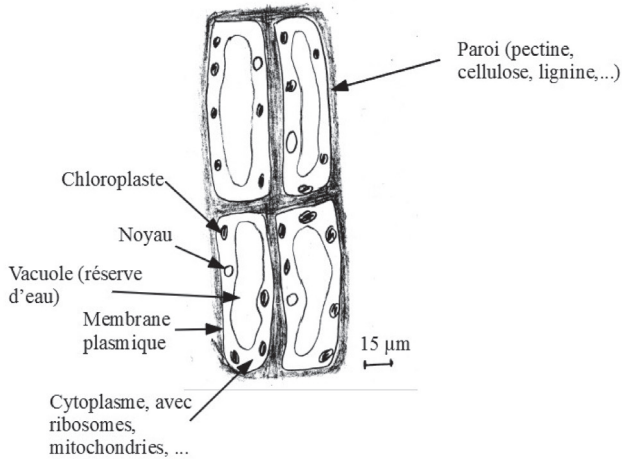
Une matrice extra-cellulaire (MEC), entre ces cellules, assure la cohésion de l'ensemble.

La matrice extra-cellulaire contient des fibres (e.g. collagène, fibrine, chez les animaux ; cellulose ou pectines chez les végétaux), sur lesquelles les cellules adhèrent, grâce à des protéines membranaires spécifiques. C'est d'ailleurs la perte de cette adhésion cellulaire qui est à l'origine du phénomène de détachement cellulaire dans les tumeurs cancéreuses, ce qui conduit à la formation de métastases.



Cellule animale et MEC

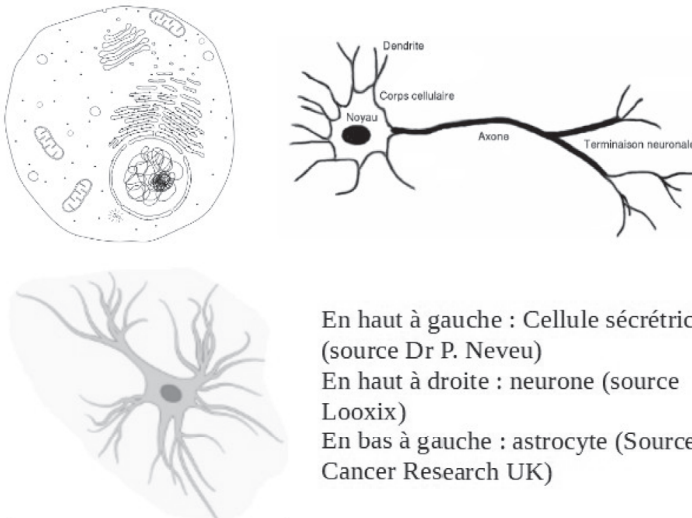
Dans les organismes végétaux, c'est une paroi, composée essentiellement de cellulose, de pectine et de lignine qui joue le rôle de matrice extra-cellulaire. Cette paroi rigide a également un rôle à jouer dans le maintien de la plante et la protection des cellules contre l'éclatement.



Des cellules végétales et leur paroi

Dans un organisme pluricellulaire, animal comme végétal, chaque cellule n'a plus à accomplir toutes les tâches liées aux fonctions vitales. Il existe une spécialisation cellulaire, comme une sorte de répartition des tâches ou une division du travail (l'organisme a souvent été comparé à une société dans laquelle des tâches précises étaient réalisées par des cellules spécialisées).

Les cellules deviennent donc, lors de leur développement : cellules nerveuses, musculaires, sécrétrices, etc. chez les animaux, ou cellules photosynthétiques, cellules des vaisseaux conducteurs de sève, cellules absorbantes des racines, etc. chez les végétaux.



Des cellules spécialisées

Diverses études montrent que l'information génétique contenue dans les cellules non sexuelles d'un organisme est la même. Cependant, les cellules n'ont pas la même forme, n'ont pas les mêmes caractéristiques et n'accomplissent pas les mêmes tâches lorsqu'elles sont différenciées. Cela signifie que, sur la totalité des gènes que ces cellules possèdent (à l'exception, encore une fois, des cellules sexuelles) elles n'en n'expriment qu'une partie.

La différenciation cellulaire, qui conduit à la formation de ces cellules spécialisées, apparaît donc comme une expression différentielle de certains gènes, sur l'ensemble des gènes propres à l'organisme.

3. Cellule et information génétique

La transmission de caractères héréditaires d'une cellule à une autre ou d'un organisme à un autre, montre qu'il existe une information génétique dans les organismes. C'est cette information génétique qui se transmet d'un individu à un autre et qui est à l'origine du développement des caractères héréditaires.

Diverses observations, faites depuis le début du xx^e siècle, ont permis d'aboutir à la conclusion que le support moléculaire de cette information génétique est la molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique), dont la structure a été élucidée en 1953 par Watson, Crick, Franklin et Wilkins.

Cette molécule est présente dans le noyau des cellules eucaryotes et dans le cytoplasme des cellules procaryotes.

La structure de l'ADN

L'ADN est donc la molécule qui, dans les cellules, porte les informations nécessaires à la mise en place des caractères héréditaires et au développement des organismes eux-mêmes.

Comment une molécule peut-elle porter une information ?

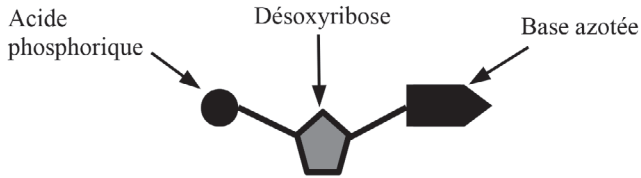
ADN

Acide désoxyribonucléique : molécule bicaténaire, en double hélice, formée de deux chaînes de nucléotides complémentaires. Il s'agit d'une molécule codée, qui renferme, dans la séquence des nucléotides qui la composent, notre information génétique. C'est cette molécule qui se transmet de cellule à cellule lors de la division cellulaire et de parent à enfant lors de la reproduction sexuée.

En lien avec l'environnement, l'ADN (et les gènes qu'il contient) est responsable du développement de nos caractères.

La molécule d'ADN est une longue suite ordonnée (c'est-à-dire une séquence) de nucléotides.

Un nucléotide est le résultat de l'association de trois éléments : un acide phosphorique, un sucre à 5 atomes de carbone, le désoxyribose, et une base azotée.



Structure d'un nucléotide

Il existe quatre bases azotées dans l'ADN, et il existe donc quatre nucléotides différents. Les quatre bases azotées sont : l'adénine (symbolisée par A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G).

Ces bases sont complémentaires deux à deux : une base A se place toujours en face d'une base T, et une base C se place toujours en face d'une base G. Ce sont ainsi deux paires de bases azotées (et donc de nucléotides) qui existent : A-T et C-G.

Adénine avec Thymine



Guanine avec Cytosine

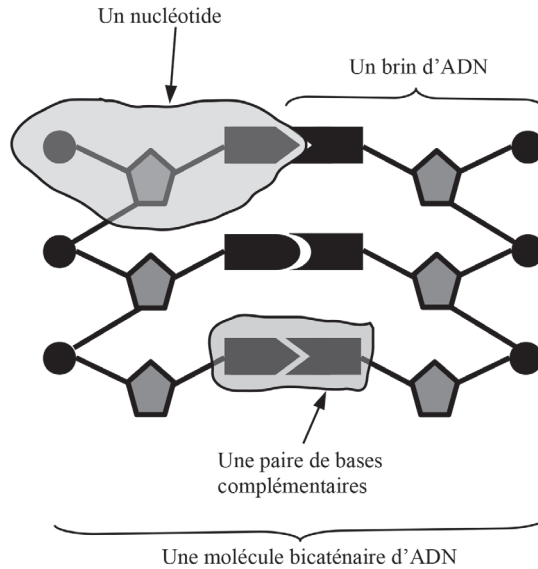


Les paires de bases complémentaires

Les nucléotides se relient les uns aux autres par l'intermédiaire de liaisons entre le sucre et le phosphate. Il se définit donc une succession de nucléotides porteurs de bases azotées, qui s'enchaînent alors dans un ordre précis.

AATCGTCGTCCATGGCCC... est, par exemple, une succession de bases azotées qui peut être portée par un brin de molécule d'ADN.

Les brins d'ADN s'associent deux par deux, par l'intermédiaire des bases complémentaires.



Un fragment de la molécule bicaténaire d'ADN

Ainsi, si un brin a pour séquence de nucléotides AATCTGG, le brin qui lui est associé et complémentaire est TTAGACC.

Les deux brins s'enroulent l'un autour de l'autre dans l'espace et forment une double hélice caractéristique.

ADN et information génétique

Les nucléotides de l'ADN se succèdent dans un ordre précis. Cela définit une séquence, c'est-à-dire une suite ordonnée d'éléments. C'est dans l'ordre dans lequel se succèdent les nucléotides que se trouve l'information génétique. La séquence des nucléotides permet d'inscrire, en quelque sorte, dans une molécule, une instruction. Mais contrairement à nos instructions écrites habituellement dans un alphabet de 26 lettres, les instructions contenues par la molécule d'ADN sont « écrites » avec un alphabet de 4 lettres (les quatre bases A, T, C et G).

C'est dans la succession de ces bases azotées dans les molécules d'ADN que se trouve l'information génétique : il faut considérer cette séquence de nucléotides comme une véritable phrase codée.

Un morceau d'ADN ayant pour séquence nucléotidique AATCTGGTCTGAATGCGTTT a une signification précise pour la cellule, et un morceau d'ADN de séquence ATTCTGCTCTAATGCGTTTG a une signification différente, même si ces séquences sont semblables.

Autrement dit, pour une suite de n nucléotides de longueur, il existe 4^n séquences possibles.

Ce sont ces molécules d'ADN qui codent pour nos caractères héréditaires, y compris pour des maladies héréditaires qui peuvent affecter les uns ou les autres (mucoviscidose, myopathie...).

L'expression de l'information génétique passe par la synthèse de protéines, dont la structure est déterminée par la séquence nucléotidique d'un gène. Grossièrement, on peut associer un gène (séquence de nucléotides, message héréditaire « codé ») à une protéine (séquence d'acides aminés mise en place sous les « ordres » d'un gène, d'une portion d'ADN) et à un caractère (élément du phénotype qui dépend de l'activité d'une protéine et donc d'un gène).

C'est l'information génétique qui est transmise d'un parent à un descendant, et non des caractères. Dire d'un enfant qu'il a les yeux de son père ne signifie pas que le père s'est arraché les yeux pour les donner à son fils, mais que le père a transmis à son fils une information génétique qui détermine le fait que la forme et/ou la couleur des yeux du fils sont semblables à celles du père.

Il faut noter que toutes les cellules d'un organisme pluricellulaire (à l'exception des cellules reproductrices) ont la même information génétique. Une cellule rénale, une cellule nerveuse, une cellule de l'épithélium buccal possèdent la totalité de l'information génétique de l'organisme. C'est d'ailleurs cette caractéristique qui rend théoriquement envisageable de cloner un individu avec une cellule prélevée sur une partie quelconque de son corps.

L'identité de l'information génétique des différentes cellules d'un même organisme tient au fait que toutes ces cellules descendent de la même cellule-œuf initiale, par des mécanismes de reproduction conforme qui assurent la stabilité de cette information génétique de division en division.

Gènes, chromosomes, spécialisation cellulaire

On définit un gène comme la portion d'information génétique (et donc la portion de la molécule d'ADN) qui participe à l'expression d'un caractère précis.

On compte environ 20 à 30 000 gènes dans l'espèce humaine.

Tous les individus humains possèdent les mêmes gènes. En revanche, comme il existe plusieurs versions d'un même gène (ces versions sont nommées allèles), chaque individu humain a une information génétique qui lui est propre.