

Chapitre 1 : Introduction à la biologie cellulaire

1.1. Généralités

1.1.1. Définitions

- ◆ La **Biologie** « **Bios** = vie ; **Logos** = étude ou science » est la science qui étudie les êtres vivants.
- ◆ La **Biologie cellulaire**, anciennement appelée **cytologie**, est une discipline de la biologie, étudiant :
 - Les **cellules** et leurs **organites**.
 - Les **processus vitaux** qui s'y déroulent (reproduction, nutrition, respiration, ...)
 - La **mort cellulaire**, qui peut être programmée génétiquement (**apoptose**) ou être le résultat d'une agression (**nécrose**).
- ◆ La **Cellule** (du latin **cellula** = petite chambre) est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice constituant tout ou une partie d'un être vivant. Les cellules de même type sont réunies en **tissus**, eux même réunis en **organes**, pour former un **organisme**.

1.1.2. Variations morphologiques

Les cellules présentent une grande diversité morphologique en fonction de leur **nombre**, leur **forme** et leur **taille** (figure 1.1).

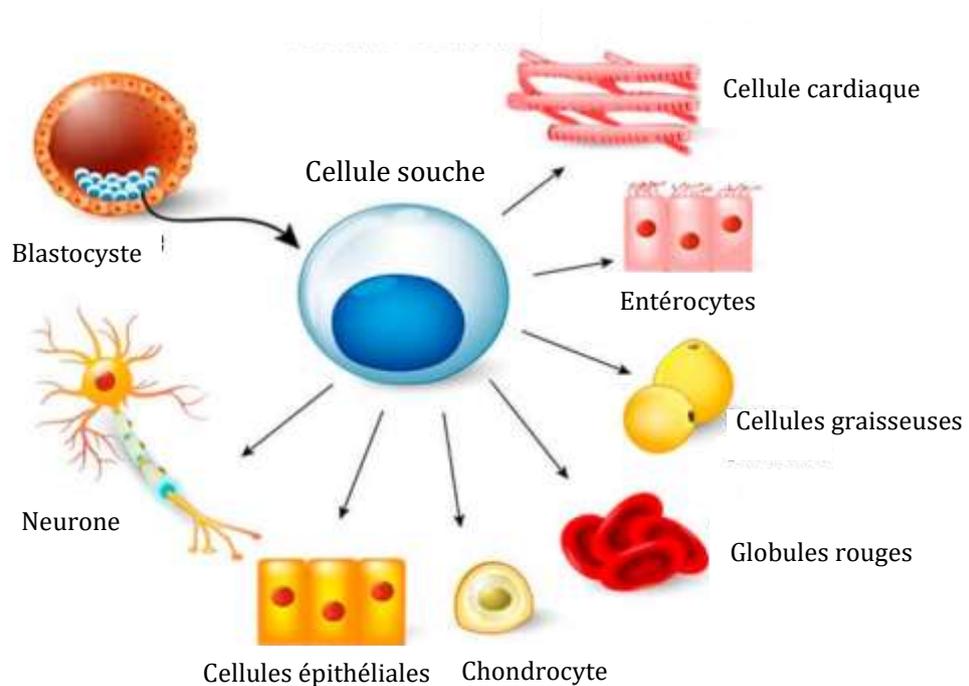


Figure 1.1. Structure de quelques cellules observées sous microscope électronique.

- ◆ **Nombre** : Les êtres **unicellulaires** formés d'une seule cellule (exp : les amibes et les paramécies) et les organismes **pluricellulaires** constitués de plusieurs cellules.
- ◆ **Taille** : Les tailles moyennes des cellules sont de cet ordre : 1 μm pour les **bactéries**, 10 μm pour les cellules **animales** et 100 μm pour les cellules **végétales**.
- ◆ **Forme** : Nombreuses cellules ont une forme **sphérique**, cependant que les globules rouges ont une forme **aplatie**, les spermatozoïdes et les cellules nerveuses ont une **architecture particulière**.

1.2. Historique

1.2.1. Découverte de la cellule

Les cellules ne peuvent pas être observées à l'œil nu en raison de leur très petite taille. L'histoire de la biologie cellulaire est donc étroitement liée au perfectionnement d'un appareil optique agrandissant : le **microscope**. Les premiers microscopes composés ont été mis au point à la fin du XVII^e siècle. A partir de cette époque on peut résumer l'histoire de la biologie cellulaire comme suit :

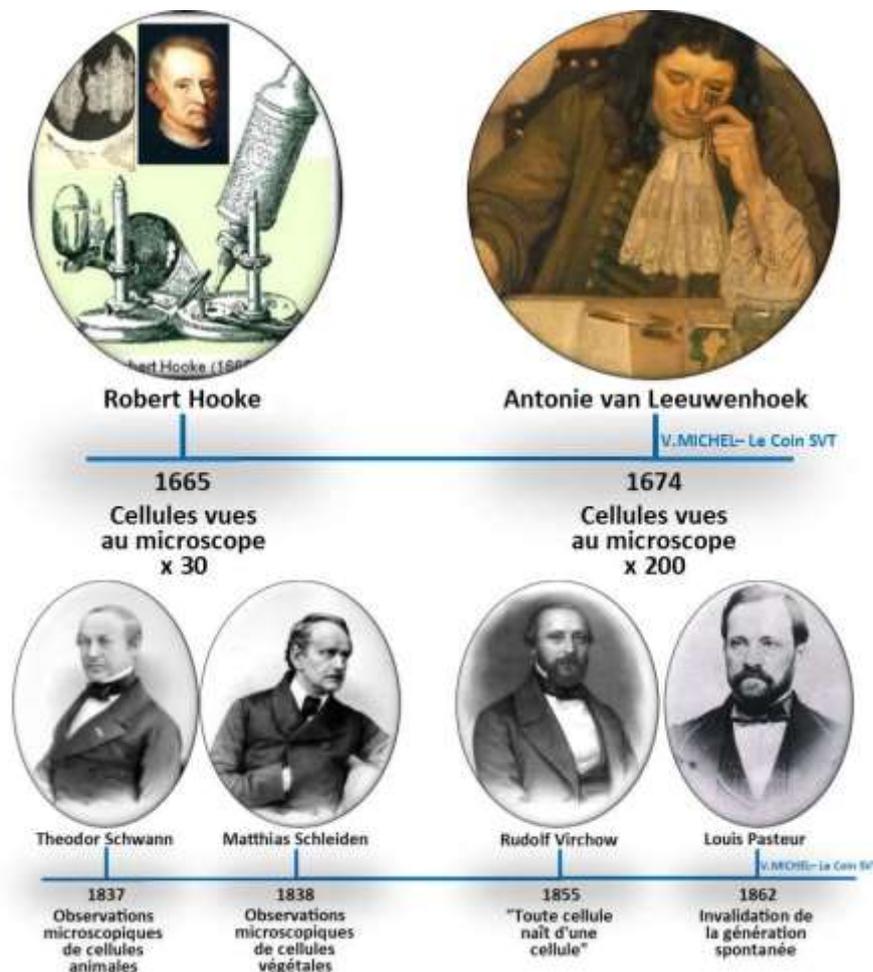


Figure 1.2. Découverte de la cellule.

- ◆ **Robert Hooke (1665)** : un scientifique anglais, propose pour la première fois, le terme cellule (petite chambre) en observant des coupes de liège (cellules végétales mortes) avec un microscope rudimentaire à une seule lentille.
- ◆ **Antoni Van Leeuwenhoek (1674)** : un drapier hollandais, connu pour ses améliorations du microscope, décrit plusieurs micro-organismes vivants (protistes, bactéries ...).
- ◆ **Matthias Schleiden (1838)** : un botaniste allemand, utilisait des microscopes pour étudier les plantes. Il a fini par constater que toutes les plantes qu'il observait étaient constituées de cellules.
- ◆ **Theodore Schwann (1839)** : un zoologiste allemand, suite à l'observation de multiples organismes animaux, il a conclu que tous les animaux sont eux aussi faits de cellules.
- ◆ **Rudolf Virchow (1858)** : médecin allemand, affirme que les cellules naissent du résultat de la division cellulaire.

1.2.2. Fondation de la théorie cellulaire

Les observations et les découvertes de ces scientifiques ont mené à établir la **théorie cellulaire** qui comporte **trois grands principes** :

1. Tous les êtres vivants se composent d'une ou de plusieurs cellules.
2. La cellule est l'unité de base de la vie.
3. Toute cellule provient d'une autre cellule par division cellulaire.

1.3. Méthodes d'études de la cellule

La biologie cellulaire, s'est dotée de techniques et d'instruments d'analyse de plus en plus puissants pour explorer les processus internes à la cellule : la **microscopie**. On distingue deux types de microscopes :

1.3.1. Le microscope optique (photonique)

- ◆ Le microscope optique (MO) est un instrument qui permet d'observer des éléments qui ne sont pas visibles à l'œil nu.
- ◆ L'échantillon est soumis à un flux de photons provenant d'une source de lumière. Celui-ci passe ensuite par deux lentilles en verre : un objectif et un oculaire, qui vont permettre de former une image dans l'œil humain.
- ◆ Il comprend un **piéd**, un **tube optique** le long duquel existe un système de **lentilles** en verre et à son extrémité, un **oculaire** qui permet de recueillir l'image, des **objectifs** qui servent à agrandir l'image un certain nombre de fois, une **platine** percée d'un trou et une **source lumineuse**.

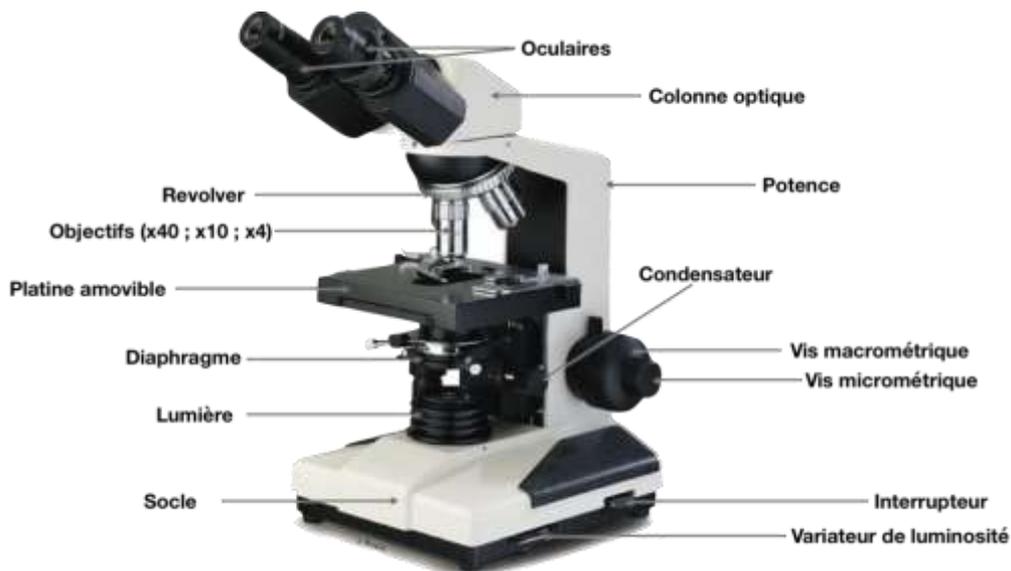


Figure 1.3. Les constituants du microscope optique.

Il existe plusieurs types de microscopes optiques dont les plus utilisés sont regroupés dans le tableau qui suit :

Tableau 1.1. Les différents types de microscopes optiques et leur utilisation.

Type	Utilisation
Optique à fond clair	Observation des structures cellulaires internes après coloration.
Optique à fond noir	Observation d'échantillons non colorés et des cellules vivantes et en déplacement.
Optique à fluorescence	Marquage fluorescent de structures et de composés macromoléculaires.
Optique à contraste de phase	Mise en évidence des différences d'indices de réfraction et de contraste.
Optique confocal	Reconstitution d'images tridimensionnelles de l'objet.

1.3.2. Le microscope électronique

Il existe deux principaux types de microscope électronique :

- ◆ **Le microscope électronique à transmission (MET)** : Le MET remplace les photons par des **électrons**, et les lentilles en verre par des **lentilles électromagnétiques**. Lorsque le rayonnement électronique traverse l'échantillon, il est modifié par des phénomènes physiques. Une partie de ce rayonnement est ensuite dirigé vers un écran pour y former une image. Il comprend un canon à électrons, un tube ou une pompe à vide, une série de lentilles électromagnétiques, une grille porte objet et un écran fluorescent relié à un écran de télévision.

- ◆ **Le microscope électronique à balayage (MEB) :** Dans le MEB, un faisceau d'électrons balaye l'échantillon qui a été au préalable recouvert d'une fine couche de métal. Cela permet à l'échantillon de réémettre les électrons qui l'atteignent, qui sont alors captés par un détecteur afin de reconstituer une image 3D de sa surface. Il comprend un canon à électrons, un tube à vide, une grille porte objet, un circuit de balayage et un écran de télévision.

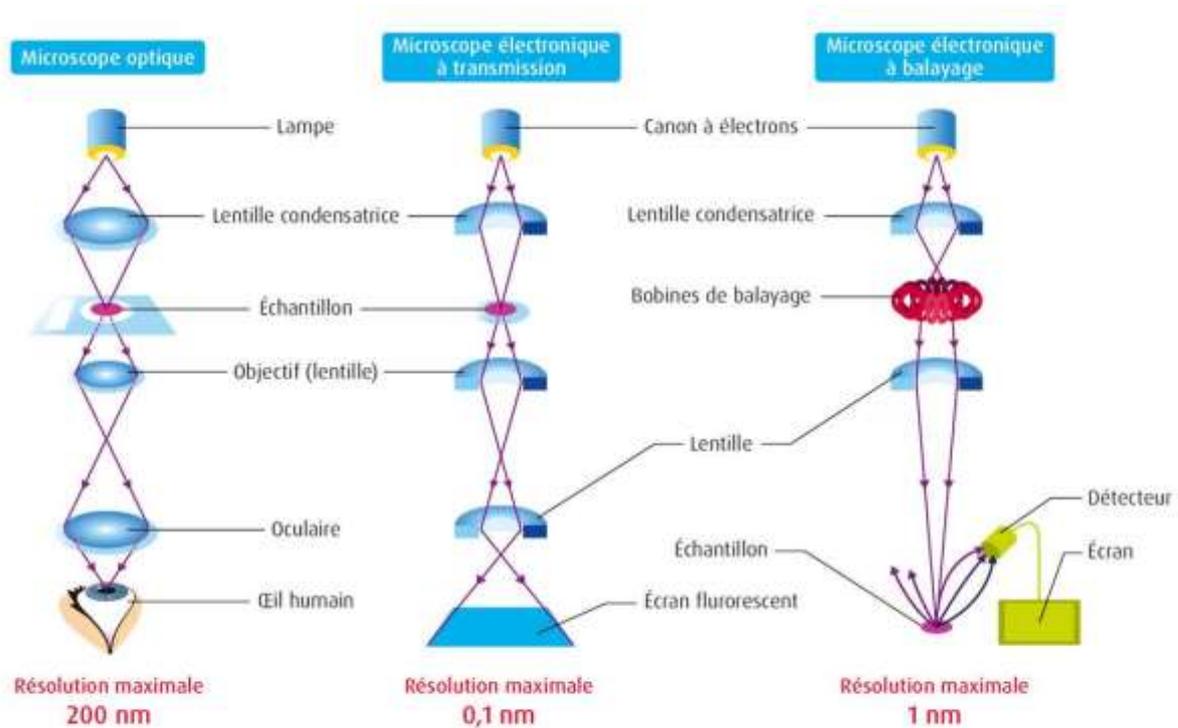


Figure 1.4. Les types de microscope.

Le tableau suivant résume les principales différences entre les microscopes optiques et électroniques.

Tableau 1.2. Les principales différences entre le microscope optique et électronique.

Microscope optique	Microscope électronique
Faisceau lumineux	Faisceau d'électrons
Lentilles en verre	Lentilles électrostatiques et magnétiques
Grossissement x 2.000 fois	Grossissement x 2.000.000 fois
Résolution limité	Résolution bonne
Technique simple	Technique complexe

- ◆ Le **rapport optique** est défini comme la puissance du microscope d'augmenter la taille apparente d'un objet.
- ◆ Le **pouvoir de résolution** ou le **pouvoir séparateur** : La résolution est définie comme la distance minimale séparant deux points individualisables.

1.4. Types d'organisation cellulaire

Les observations microscopiques de la structure d'une cellule, selon la présence ou l'absence d'un noyau, mettent en évidence trois types :

- ◆ Les **procaryotes** (**pro** = avant ; **caryote** = noyau)
- ◆ Les **eucaryotes** (**eu** = vrai ; **caryote** = noyau)
- ◆ Les **acaryotes** (**a** = sans ; **caryote** = noyau)

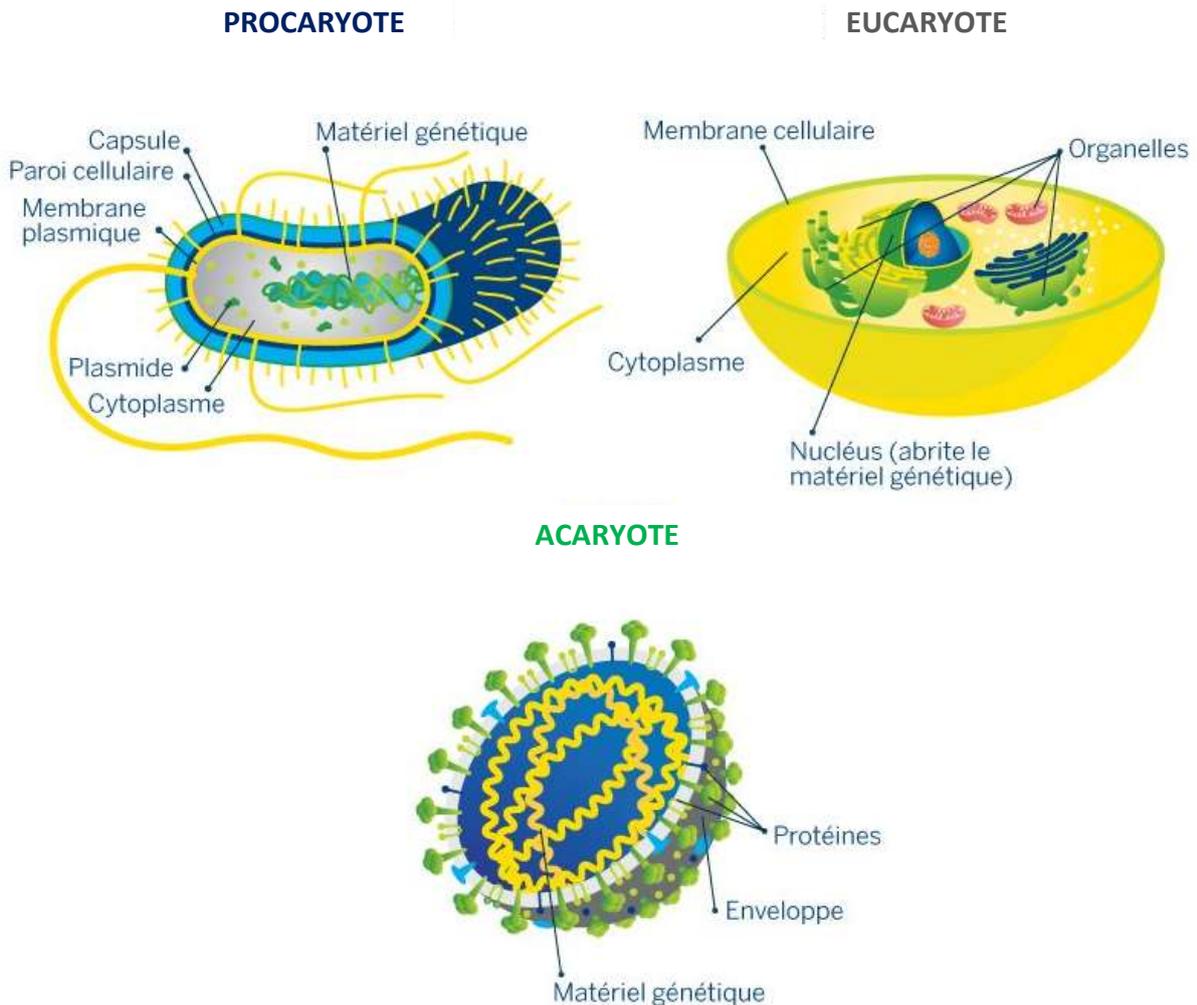


Figure 1.5. Schéma des types cellulaires.

1.4.1. Les cellules procaryotes

Les cellules **procaryotes** signifient des cellules **sans vrai noyau**, c'est-à-dire que le matériel génétique (ADN) n'est pas entouré par une **enveloppe nucléaire**. Elles présentent une ultrastructure simple du fait de **l'absence des organites intracellulaires**, il s'agit essentiellement des **bactéries**.

1.4.2. Les cellules eucaryotes

Les cellules **eucaryotes** possèdent un noyau délimité par une **enveloppe nucléaire** qui contient le matériel génétique (ADN). Leur **cytoplasme** est hautement structuré contenant un **système endomembranaire** et des **organites**. Elles constituent la quasi-totalité des organismes **pluricellulaires** (les animaux, végétaux et les champignons) et quelques organismes **unicellulaires** (levures).

Tableau 1.3. Les principales différences entre une cellule procaryote et une cellule eucaryote.

Caractéristiques	Cellule procaryote	Cellule eucaryote
Organismes typiques	Bactéries	Protistes, champignons, plantes, animaux
Organisation cellulaire	Unicellulaires	Unicellulaires/pluricellulaires
Taille des cellules	1-10 µm	10-100 µm
Présence de noyau	Pas de vrai noyau (Nucléoïde)	Vrai noyau avec enveloppe nucléaire
ADN	Molécules libre, circulaire, dépourvu des protéines	Linéaires avec des protéines histone
Nombre de chromosomes	Généralement 1 plasmide	Plus d'un chromosome
ARN/synthèse des protéines	Couplé au cytoplasme	Synthèse d'ARN dans le noyau Synthèse de protéines dans le cytoplasme
Cytosquelette	Absent	Présent
Organites	Absents (sauf ribosomes)	Nombreux et diversifiés (mitochondries, chloroplastes, réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, etc ...)
Mouvement de la cellule	Flagelle fait de flagelline	Flagelle et cils fait de tubuline
Division de la cellule	Division simple (scissiparité)	Division cellulaire par mitose et méiose

Parmi les cellules eucaryotes on distingue deux types de cellules : Les **cellules animales** et les **cellules végétales**.

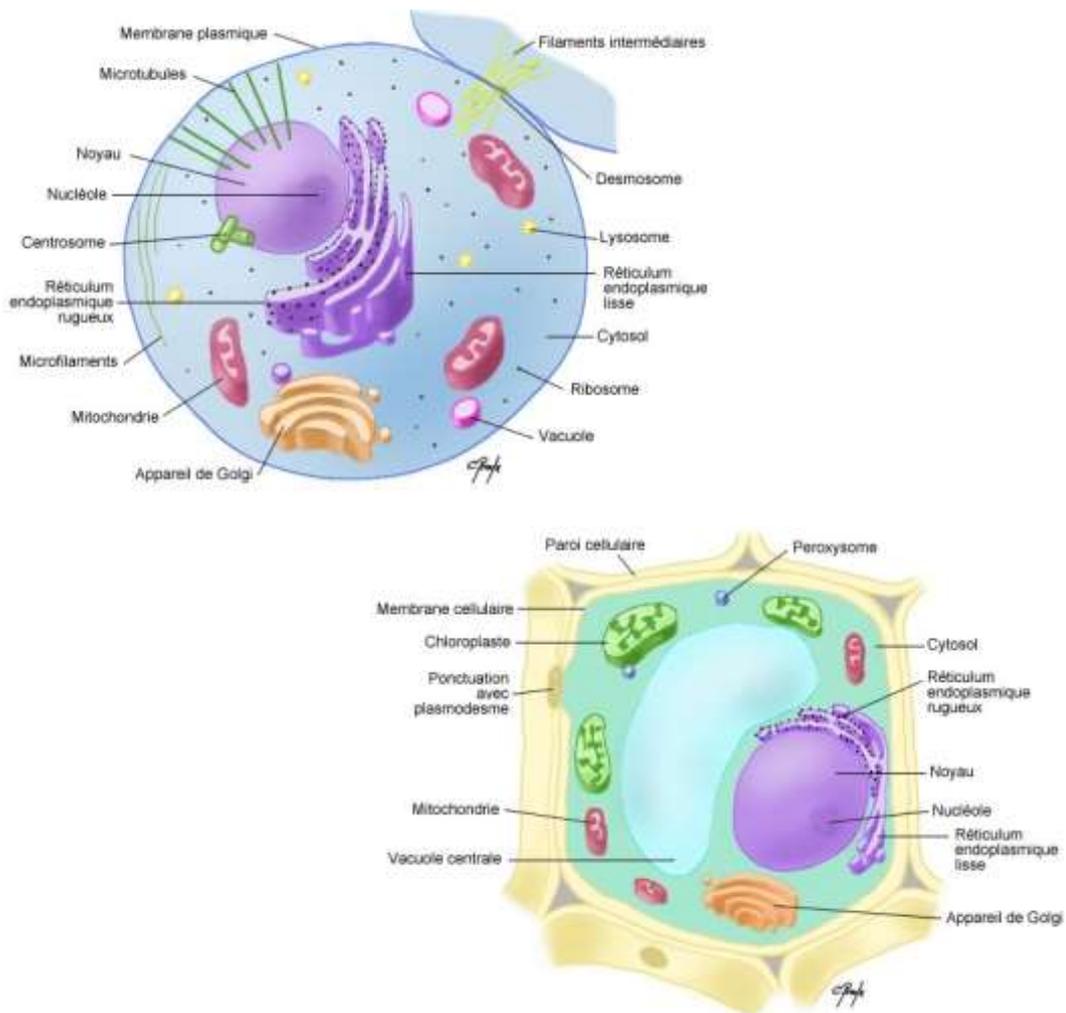


Figure 1.6. Schéma d'une cellule animale et végétale avec leurs principaux composants.

Les cellules animales et végétales présentent, en grande partie les **mêmes organites**, mais elles peuvent être **différenciées** par la présence d'organites en elles.

Tableau 1.4. Comparaison entre la cellule animale et végétale.

Cellule végétale	Cellule animale
Présence d'une paroi pectocellulosique	Absence de la paroi pectocellulosique
Présence de vacuoles de grande taille	Présence de vacuoles de petite taille
Présence des plastes	Absence des plastes
Absence du centrosome (centrioles)	Présence du centrosome (centrioles)
Pas de cholestérol dans la membrane cellulaire	Présence de cholestérol dans la membrane cellulaire
Peut avoir des plasmodesmes	Absence de plasmodesmes
Stocker l'excès de glucose sous forme d'amidon	Stocker l'excès de glucose sous forme de glycogène

1.4.2.1. Compartimentation de la cellule eucaryote

- ◆ **Le noyau** : est un organe délimité par l'enveloppe nucléaire, percée de pores nucléaires qui permettent les échanges entre le noyau et le cytoplasme. Il contient l'ADN (acide désoxyribonucléique), fragmenté en chromosomes et dans lequel est stockée l'information génétique.
- ◆ **Le cytoplasme** : contient le **cytosol** ou **hyaloplasme** (substance gélatineuse dont est remplie la cellule) et renferme les éléments qui permettent à la cellule d'assurer ses fonctions : le **système endomembranaire** (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, endosomes, lysosomes et les vésicules), les **mitochondries**, les **péroxyosomes** et le **cytosquelette**.
- ◆ **La membrane plasmique** : C'est une frontière entre le cytoplasme et l'environnement extracellulaire. Elle permet et régule les échanges entre les milieux intra et extracellulaires.

1.4.2.2. Composition chimique des cellules

On distingue deux types de constituants dans une cellule : les constituants **inorganiques** (eau et sels minéraux) et les constituants **organiques** (protéines, lipides, glucides et acide nucléique).

Tableau 1.5. Composition chimique moyenne des cellules en % de la masse cellulaire totale.

Constituants	Bactérie	Champignon	Mammifère
Eau	70	82,5	70
Ions inorganiques (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ ...)	1	0,5	1
Protéines	15	6	18
Lipides	2	2	5
Glucides	2	2,5	2
Acide nucléique	1	0,5	0,25
Autres molécules	9	6	3,75

1.4.3. Les cellules acaryotes

La cellule acaryote n'a aucune des trois caractéristiques d'une cellule vivante : **ni noyau, ni organites, ni métabolisme**. On parle d'état acaryote ou état non-cellulaire tel que les **virus** qui sont une entité biologique et non une cellule.

1.5. Classification des êtres vivants

Les scientifiques, pour se retrouver dans la diversité des formes de vie, ont conçu un classement.

- ◆ *La classification classique (traditionnelle)* en deux groupes (végétal/animal) est basée uniquement sur les caractères du **phénotype** : les **ressemblances morphologiques** et les **préférences nutritionnelles**.
- ◆ *La classification moderne (phylogénétique)* prend en compte tous les **caractères héréditaires**, depuis ce qui est visible (anatomie et morphologie, base de la classification traditionnelle) jusqu'aux séquences d'ADN et d'ARN, les protéines et les données de la paléontologie (discipline qui étudie les restes fossiles des êtres vivants du passé).

Ainsi ils distinguent actuellement **cinq** grands règnes :

1.5.1. Règne des végétaux

Ce règne comprend les organismes **eucaryotes pluricellulaires** qui réalisent le processus de **photosynthèse**. Au travers de ce mécanisme, les plantes produisent leurs propres matières organiques, donc ce sont des organismes **autotrophes**. Les organismes que nous pouvons trouver dans ce royaume sont, par exemple, les mousses, les fougères et les plantes à fleurs.



Figure 1.7. Érable (1) Iris (2) Fougère (3).

1.5.2. Règne des animaux

Ce règne est composé des organismes **eucaryotes pluricellulaires**. Ils s'alimentent au travers de l'**ingestion de nourriture**. La caractéristique principale des animaux est qu'ils possèdent la capacité de se **déplacer** d'un endroit à un autre de manière plus ou moins volontaire. Tous les animaux de la terre appartiennent à ce groupe, des éponges aux chiens et aux êtres humains.



Figure 1.8. Cerfs de Virginie (1) Poisson rouge (2) Mante religieuse (3).

1.5.3. Règne des champignons (Fungi, Mycota ou Mycètes)

Le règne des champignons est composé d'organismes **eucaryotes pluricellulaires**. Ils adoptent différents modes de nutrition :

- a. **Saprophytisme** : les champignons peuvent se nourrir de matière organique morte ou en décomposition.
- b. **Symbiose** : les champignons peuvent vivre en symbiose avec d'autres êtres vivants autotrophes. Par exemple, le champignon offre sa protection et au retour, ils reçoivent des nutriments.
- c. **Parasitisme** : les champignons peuvent vivre aux dépens d'un être vivant à leur propre compte.



Figure 1.9. Hyphes (1) Amanite tue-mouches (2) Hyphes de moisissures (3).

1.5.4. Règne des protistes

Le règne des protistes est constitué d'organismes **eucaryotes unicellulaires** ainsi que certains organismes **pluricellulaires simples**. Au sein du règne des protistes, on retrouve trois « sous-règnes » :

- a. **Algues** : organismes aquatiques unicellulaires ou pluricellulaires qui réalisent la photosynthèse.
- b. **Protozoaires** : organismes unicellulaires principalement mobiles, à affinités animales, et qui s'alimentent au moyen de l'absorption (comme les amibes).
- c. **Protophytes** : protistes, à affinités végétales qui absorbent leurs aliments de la matière organique morte.

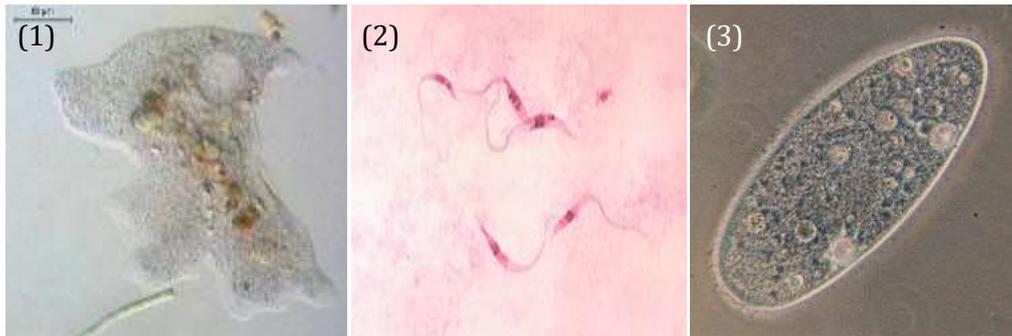


Figure 10. Amibe (1) Trypanosome (2) Paramécie (3).

1.5.5. Règne des procaryotes (Monères)

Le règne des Monères est constitué d'organismes **procaryotes unicellulaires**. Au sein de ce règne on retrouve deux « sous-règnes », celui des **archéobactéries** qui sont des microbes qui vivent dans des environnements extrêmes comme par exemple des lieux aux températures très élevées. On retrouve aussi le sous-règne des **eubactéries** appelées aussi les bactéries vraies. Les **cyanobactéries** (algue bleue) sont capables de se nourrir au travers de la photosynthèse.

1.5.6. Cas des virus (acaryotes)

Les virus sont des structures **acellulaires, infectieux**, constitués au minimum d'un acide nucléique (ADN ou ARN) et de protéines. Ils dépendent de cellules vivantes pour se répliquer. Pour cela, ils sont capables de perturber profondément et/ou durablement l'information génétique des cellules qu'ils infectent. Ce sont des parasites intracellulaires obligatoires. On distingue les virus des vertébrés ; les virus de bactéries ou bactériophages ; et les virus d'algues, d'invertébrés, de plantes ...

1.5.6.1. Classification des virus

Hormis la classification des virus en fonction de la nature de l'hôte, les virus sont surtout classés selon les critères suivants :

- a. Nature de l'acide nucléique** : virus à ADN et à ARN ;
- b. Type de symétrie** : cubique, hélicoïdale ou combinée ;
- c. Existence d'une enveloppe** : virus nus ou enveloppés.

1.5.6.2. Structure des virus

Leur taille se situe entre 10 et 100 nm, ils sont donc invisibles au microscope optique. Les plus petits sont un peu plus grands que les ribosomes, les plus grands sont un peu plus petits que les bactéries. Les virus sont essentiellement composés de trois éléments :

- un **génom**e ou matériel génétique ou acide nucléique ;
- une **capside protéique** (pas toujours présente selon les virus) ;
- une **enveloppe lipidique** (pas toujours présente selon les virus).

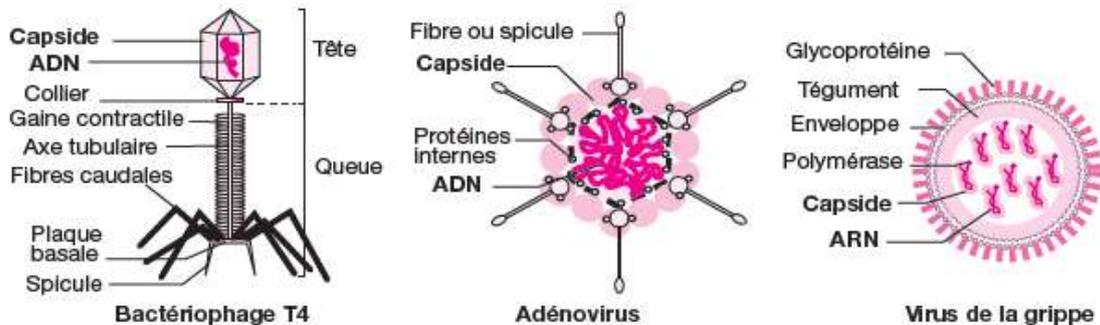


Figure 1.11. Structure d'un virus enveloppé et non enveloppé.

Exemples de virus : virus de la grippe (influenza virus), VIH et SARS-CoV-2 (à l'origine de l'épidémie de Covid-19).

1.5.6.3. Cycle de multiplication du virus (cycle viral)

Ce sont toutes les étapes que doit subir un virus pour aboutir à la production de nouvelles particules virales (virions). La multiplication d'un virus consiste en l'introduction du génome viral dans une cellule et c'est elle qui va fabriquer de nouveaux virus.

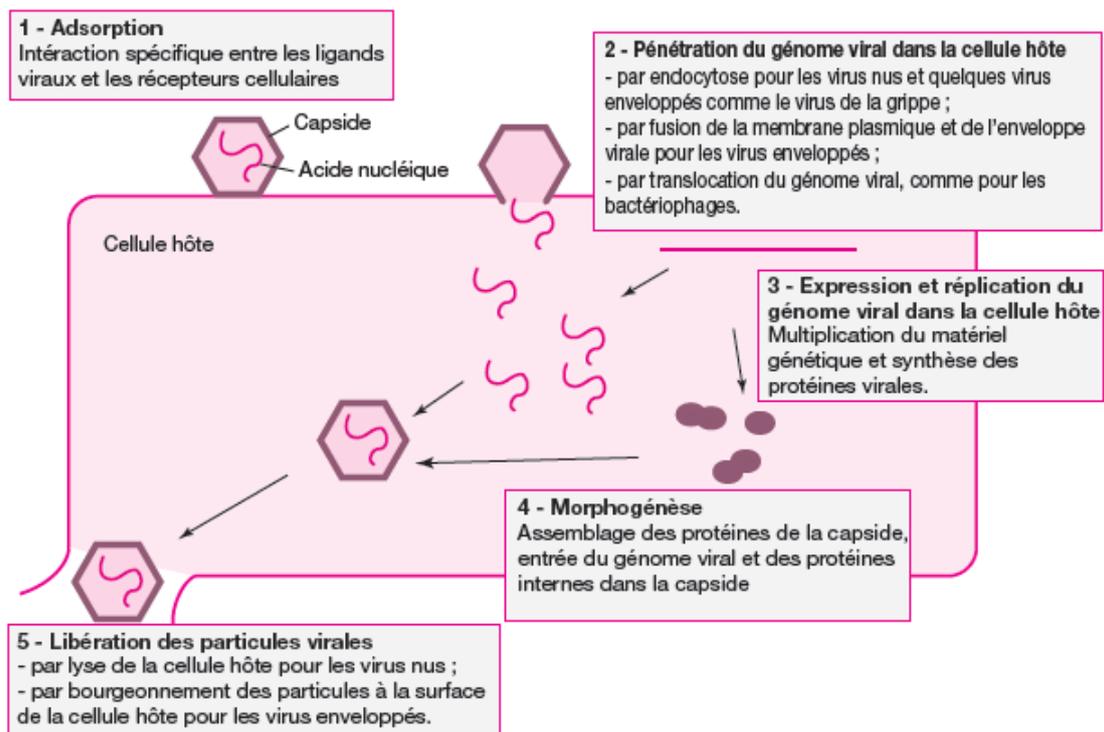


Figure 1.12. Cycle lytique d'un virus.