

## CHAPITRE II : ETUDE DE LA CELLULE EUCARYOTE ET DE LA CELLULE PROCARYOTE

### INTRODUCTION

La cellule (en latin cellula signifie petite chambre) est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice constituant tout ou partie d'un être vivant. Chaque cellule est un être vivant à part entière. Les cellules proviennent de 3 lignées embryologiques distinctes : endoderme, mésoderme et ectoderme et plusieurs centaines de types de cellules existent à l'état adulte (environ 220 pour l'homme). On estime qu'il y a  $3 \times 10^{13}$  cellules dans le corps humain, subdivisés en 220 types différents, propres à autant de tissus. En effet, chaque type de cellule est propre au tissu dont il fait partie. Cette parenté est indiquée par les protéines qui couvrent la cellule.

- ❖ Toutes les cellules contiennent certains composants fondamentaux communs, ce sont des éléments universel qui marquent leur présence dans import quel organisme :
  - Le (génome), information génétique qui contient l'information permettant de coder les autres composants.
  - Les ribosomes, organites qui traduisent l'ARN en protéines.
  - Le cytosol ou hyaloplasme renfermant les protéines, enzymatiques ou constitutives.
  - La membrane plasmique, qui isole la cellule de son environnement, agis comme un filtre ou un système de communication avec l'extérieur.
- ❖ Les cellules ont également en commun certaines capacités tel que :
  - La reproduction cellulaire, par division de la cellule.
  - Le métabolisme cellulaire, utilisant de la matière brute, pour convertir de l'énergie en énergie cellulaire (ATP).
  - La synthèse des protéines, par la transcription de l'ADN en ARN puis par la traduction par les ribosomes de l'ARN en protéine.

Au-delà de ces ressemblances, les cellules ne sont pas construites sur le même schéma, elles ont des architectures très différentes les unes des autres.

Ils biologistes distinguent deux types fondamentaux de cellules selon qu'elles possèdent ou non un noyau :

- Les procaryotes dont l'ADN est libre dans le cytoplasme (les bactéries, par exemple). Les procaryotes sont des cellules plus primitives, qui sont apparues en premier au cours de l'évolution, il y a 3,5 milliards d'années. Ce groupe se subdivise en deux autres : celui des eubactéries et celui des archéobactéries.
- Les eucaryotes qui ont une organisation complexe (les animaux et les végétaux), renfermant de nombreux organites et dont l'ADN est enfoui dans le noyau entouré d'une membrane nucléaire.

**I- Les cellules Eucaryotes :**

Les Eucaryotes sont les cellules qui constituent tout l'environnement que nous voyons, les plantes, les animaux et champignons ainsi que diverses espèces unicellulaires tels que les amibes ou les paramécies. Ils sont caractérisés par la présence d'organites, sortes d'organes intracellulaires. Parmi eux, un organite est toujours présent : le noyau, qui contient l'information génétique de la cellule. Il est d'ailleurs à l'origine du nom de ce type (eucaryote = vrai noyau en latin). La structure génétique de ces cellules est constituée de plusieurs brins linéaires d'ADN (les chromosomes) et par des gènes en "mosaïque", c'est à dire que les zones codantes du gène sont découpées en morceaux qui sont séparés par des zones non codantes. Les originalités des eucaryotes ne se limitent pas à des considérations génétiques. Celles-ci sont souvent de grande taille, ce qui les fragilise et diminue leur surface d'échange avec le milieu extérieur. Mais surtout, elles vont développer un cytosquelette, sorte de charpente intracellulaire mobile qui va permettre à la fois de se rigidifier (et de compenser leur fragilité) et de se déformer de façon contrôlée, phénomène qui est à l'origine du mouvement des animaux, mais aussi des cellules phagocytaires et qui est donc directement responsable de la grande variété des formes animales qui existent.

**➤ Caractéristiques Eucaryotes :**

- Le cytoplasme des eucaryotes n'est pas aussi granulaire que celui des procaryotes, puisque la majeure partie de ses ribosomes sont rattachés au réticulum endoplasmique.
- La membrane plasmique ressemble, dans sa fonction, à celle des procaryotes, avec quelques différences mineures dans sa configuration. C'est une membrane à perméabilité sélective, siège des échanges entre le milieu interne et le milieu externe de la cellule. Dans cette structure on trouve une double couche phospholipidique, au-dessus de laquelle se trouvent des protéines périphériques et dans laquelle sont enchâssées des protéines dites « intégrées ».
- La paroi cellulosique, quand elle existe (végétaux), est composée de polysaccharides, principalement la cellulose.
- L'ADN des eucaryotes est organisé en une ou plusieurs molécules linéaires. Ces molécules se condensent en s'enroulant autour d'histones lors de la division cellulaire. Tous les chromosomes (ADN) sont stockés dans le noyau, séparés du cytoplasme par une membrane. Les eucaryotes ne possèdent pas de plasmides : seuls quelques organites peuvent les contenir (mitochondrie et chloroplastes).
- Le noyau des eucaryotes est une structure sphérique ou ovoïde renfermant les chromosomes observé dans presque toutes les cellules dont il est un des éléments essentiels. Alors que chez les procaryotes les chromosomes, bien que regroupés, ne sont pas séparés du cytoplasme, chez les eucaryotes, la présence d'une membrane nucléaire les isole du reste de la cellule.
- Nucléole petit corps sphérique du noyau cellulaire des cellules eucaryotes contenant les acides nucléiques (ARN) et des protéines et qui est le lieu de la synthèse de l'ARN ribosomal. Le nucléole entoure une région du noyau où se situent un ou plusieurs chromosomes dans lesquels se trouvent des copies répétées de l'ADN codant l'ARN ribosomal.
- Chromatine, substance basophile présente dans le noyau cellulaire au repos sous la forme d'un feutrage très fin de fibres tortueuses enchevêtrées qui se condense en chromosomes lors de la division cellulaire.

- Certaines cellules eucaryotes peuvent devenir mobiles, en utilisant un cil ou un flagelle (spermatozoïde par exemple). Leur flagelle est plus évolué que celui des procaryotes.

Les eucaryotes contiennent plusieurs organites. Ce sont des compartiments cellulaires baignant dans le hyaloplasme. Ils sont délimités par une membrane plasmique (simple ou double) et possèdent des fonctions spécifiques.

- Le réticulum endoplasmique (RE) est une extension de la membrane du noyau. Il est divisé en RE lisse (REL) et RE rugueux (RER), en fonction de son apparence au microscope. Il est formé de feuilletts ou de tubules. Il contient des récepteurs permettant de lier les ribosomes impliqués dans la traduction de l'ARN messager pour la sécrétion des protéines et notamment de la majorité des protéines transmembranaires. Il est aussi le site de la synthèse lipidique. Du RE, les protéines sont transportées vers l'appareil de Golgi grâce à des vésicules.

- L'appareil de Golgi, il a pour équivalent «le dictyosome» chez les plantes et le «corps parabasal» chez les flagellés) l'appareil de Golgi est un empilement de vésicules membranaires où s'opère la glycosylation (ajout de chaînes glucidiques complexes) et l'encapsulation des protéines sécrétées.

- Les mitochondries jouent un rôle important dans le métabolisme de la cellule. Elles contiennent leur propre petite partie d'ADN (l'ADN mitochondrial). C'est là que se déroulent la respiration cellulaire et la fabrication de l'énergie, l'ATP (Adénosine Tri Phosphate). Cette énergie est indispensable aux réactions métaboliques.

- Le cytosquelette permet à la cellule de conserver sa forme et à se mouvoir. Il est également important lors de la division cellulaire, et dans le système de transport intracellulaire.

- Les chloroplastes sont présents dans les plantes et les algues (organismes photosynthétiques). Ils convertissent l'énergie lumineuse du Soleil en énergie chimique utilisée pour fabriquer des sucres à partir de dioxyde de carbone (phase sombre de la photosynthèse). Ils contiennent également de l'ADN. Ils sont dérivés de cyanobactéries qui sont devenues symbiotiques.

- Lysosomes ou Peroxysomes, organites intracellulaires qui, renfermant des enzymes hydrolytiques, sont responsables de la lyse cellulaire c'est à dire la dissolution d'éléments organiques (tissus, cellules, micro-organismes) sous l'action d'agents physiques, chimiques ou enzymatiques.

- De nombreuses cellules animales comportent à un de leurs pôles une paire de centrioles (diplosome). Ce sont des corpuscules cylindriques formés de tubules groupés par trois. Généralement situés près du noyau, ils constituent avec le cytoplasme environnant le centrosome et jouent un rôle essentiel lors de la division cellulaire. Ainsi ils forment les pôles qui permettront la division cellulaire ; en général absent chez les plantes.

- Vacuoles, enclaves inertes, parfois limitée par une membrane, présente à l'état physiologique ou pathologique dans le cytoplasme d'une cellule ou d'un organisme unicellulaire (bactérie, hématozoaire) et pouvant contenir des substances diverses.

## **II- Les Procaryotes :**

Par opposition, les procaryotes sont les cellules sans noyau. Ces cellules sont de petites tailles et sans organites intracellulaires. Leur matériel est constitué d'un unique chromosome circulaire et de divers morceaux d'ADN également circulaires mais beaucoup plus petit, les plasmides. En effet, alors que le chromosome se duplique de façon synchronisée avec la division cellulaire, les plasmides se répliquent de façon indépendante et sont répartis au hasard entre les deux cellules filles lors d'une division. De plus, certains plasmides ont la capacité de s'intégrer provisoirement au chromosome. Enfin, ces cellules ne contiennent pas de cytosquelette. Elles sont en général rigidifiées par un revêtement externe et sont indéformables sauf chez les plus petites espèces (les mycoplasmes). La structure des gènes diffère également de ceux des eucaryotes, chez les procaryotes, ils sont continus et plusieurs d'entre eux sont regroupés au sein d'un même ensemble fonctionnel, l'opéron.

### **➤ Caractéristiques Procaryotes**

- Le cytoplasme des procaryotes (le contenu de la cellule) est diffus et granulaire, du fait des ribosomes (complexe macromoléculaire responsable de la synthèse des protéines).
  - La membrane plasmique constituée par une bicouche lipidique dépourvue de cholestérol. Cette membrane isole l'intérieur de la cellule de son environnement, et sert de filtre et de porte de communication.
  - Il y a souvent une paroi cellulaire résistante. Elle est formée chez les eubactéries de peptidoglycane un complexe de lipides, de polysaccharides et de polypeptides, et joue le rôle de barrière supplémentaire contre les forces extérieures. Elle empêche également la cellule d'éclater sous la pression osmotique dans un environnement hypotonique.
  - Le chromosome des procaryotes se compose d'une molécule circulaire super enroulée occupe le centre de la bactérie. Cet emplacement porte le nom de nucléoïde. Il n'est pas séparé du cytoplasme par une enveloppe.
- Les procaryotes peuvent posséder un ADN extra-chromosomal, organisé en molécules circulaires appelées plasmides. Ils peuvent avoir des fonctions supplémentaires, telles que la résistance aux antibiotiques.
- Certains procaryotes ont un flagelle leur permettant de se déplacer activement, plutôt que de dériver passivement.

## **III- Types de bactérie :**

En fonction de la coloration de Gram (solution de violet de gentiane et une solution de Lugol), on distingue deux types de bactéries.

- Les bactéries gram négatif qui ont des parois très riches en lipides.
- Les bactéries gram positif qui possèdent des parois pauvres en lipides

### A- Eubactéries et Archéobactéries :

Pendant longtemps, procaryote a été synonyme de bactérie, jusqu'à la découverte en 1977 d'un type cellulaire nouveau grâce aux travaux de biologie moléculaire de Carl Woese (professeur à l'Université de l'Illinois à Urbana, États-Unis) et George Fox, de toute évidence procaryote, mais qui ne sont pas des bactéries. Les bactéries ont donc été renommées eubactéries (vraies bactéries) et ce nouveau type cellulaire archéobactérie. Ces dernières partagent avec les eubactéries la possession d'un chromosome circulaire unique et l'absence de cytosquelette. Mais elles comportent aussi des caractères eucaryotes tels que les gènes en mosaïque et une structure génétique semblable. Ces caractéristiques intermédiaires les ont fait considérer comme les ancêtres des deux groupes. Toutefois, elles disposent de particularités originales, leur membrane notamment est constituée de lipides retrouvés nulle part ailleurs dans le monde vivant. La principale caractéristique des archéobactéries, à l'origine de leur popularité, est leur capacité à survivre dans les milieux extrêmes : eaux très acides (pH < 1) ou très salées (mer morte) ou très chaude (> 120C°) ou très froides (< 0C°), bien que la plupart d'entre elles vivent dans des milieux plus cléments.

#### 1- Les mycoplasmes :

Les mycoplasmes sont des bactéries naines, d'un diamètre de 100 à 400 µm, non visibles au microscope optique. Les mycoplasmes ou PPLO (Pleuropneumonie- like organisme) sont des bactéries pathogènes de l'appareil respiratoire humain. C'est les cellules les plus simples actuellement connues. Elles sont entourées par une paroi externe réduite, souple qui confère à ces cellules une forme aléatoire sans rigidité. La membrane des mycoplasmes contient une quantité notable de cholestérol, absent chez les autres procaryotes bactériens. Ils sont largement répandus dans la nature, chez l'animal, les insectes et les plantes. Chez l'homme, la plupart des espèces qu'on isole sont commensales ou occasionnellement pathogènes. On ne rencontre chez l'homme que les genres *Mycoplasma* et *Ureaplasma*, qui sont isolés de deux sites principaux :

\***Appareil respiratoire** : on y trouve *Mycoplasma pneumoniae*, qui n'est pas un commensal, ainsi que *Mycoplasma orale* et *Mycoplasma salivarium*.

\***Voies génitales** : on y rencontre *Ureaplasma* et *Mycoplasma genitalium*, *Mycoplasma hominis* et *Mycoplasma fermentans*.

#### 2- Cyanophycées :

Les cyanophycées sont des êtres vivants photosynthétiques unicellulaires vivant en colonies. Elles possèdent un cytoplasme pourvu d'un appareil chlorophyllien qui se compose de lamelles membranaires, analogues aux thylakoides des chloroplastes. Ces membranes sont associées à un pigment photosynthétique sensible à la lumière, la phycocyanine, qui rend ces cellules aptes à une vie autotrophe.

**IV- Comparaison des Archaea avec celles des Bactéries et des Eucaryotes :**

Les Archaea sont similaires aux bactéries pour beaucoup d'aspects de la structure cellulaire et du métabolisme. Cependant, les mécanismes et les protéines impliquées dans les processus de réplication, de transcription et de traduction présente des traits similaires à ceux rencontrés chez les eucaryotes. Les particularités des archées par rapport aux deux autres domaines du vivant (Bactéries et Eucaryotes) sont les suivantes :

- la structure et la chimie des parois cellulaires, atypiques (absence de peptidoglycane).
- la structure lipidique de leur membrane : les lipides des archéobactéries consistent en de longues chaînes d'alcool isopréniques attachées au glycérol par des liaisons éther, alors que les autres organismes fabriquent les lipides de leurs membranes en assemblant deux chaînes d'acides gras avec une molécule de glycérol par l'intermédiaire d'une liaison ester
- la présence d'ARN polymérase inhabituelles, beaucoup plus complexes que les ARN polymérase des bactéries, et étonnamment proches de celles des eucaryotes.
- un chromosome circulaire de type bactérien mais comportant des gènes en mosaïque similaires à ceux des eucaryotes.
- les protéines intervenant dans les processus de réplication et de réparation de l'ADN ressemblent à celles rencontrées chez les eucaryotes.

**Comparaison entre la cellule Eucaryote et Procaryote****Principales différences entre les cellules procaryotes et eucaryotes**

	<b>Procaryotes</b>	<b>Eucaryotes</b>
<b>Organismes typiques</b>	bactéries	protistes, champignons, plantes, animaux
<b>Taille typique</b>	~ 1-10 µm	~ 10-100 µm
<b>Type de noyau</b>	nucléotide; pas de véritable noyau	vrai noyau avec double membrane
<b>ADN</b>	circulaire	molécules linéaires (chromosomes) avec des protéines histone
<b>ARN/ synthèse des protéines</b>	couplé au cytoplasme	synthèse d'ARN dans le noyau synthèse de protéines dans le cytoplasme
<b>Ribosomes</b>	23S+16S+5S	28S+18S+5,8S+5S
<b>Structure cytoplasmique</b>	très peu de structures	très structuré par des membranes intra cellulaires et un cytosquelette
<b>Mouvement de la cellule</b>	flagelle fait de flagelline	flagelle et cils fait de tubuline
<b>Métabolisme</b>	anaérobie ou aérobie	habituellement aérobie
<b>Mitochondries</b>	aucune	de une à plusieurs douzaines
<b>Chloroplastes</b>	aucun	dans les algues et les plantes
<b>Organisation</b>	habituellement des cellules isolées	cellules isolées, colonies, organismes évolués avec des cellules spécialisées
<b>Division de la cellule</b>	division simple	Mitose (réplication de la cellule) Méiose (formation de gamètes)

### Comparaison entre la cellule animale et végétale

CELLULE VEGETALE	CELLULE ANIMALE
Présence d'une paroi pecto-cellulosique	Absence de la paroi pecto-cellulosique
Présence de vacuoles de grande taille	Présence de vacuoles de petite taille
Présence de chloroplastes	Absence de chloroplastes
Présence de peroxyosome	Présence de lysosomes et peroxyosome
Absence du complexe centriolaire	Présence du complexe centriolaire

### La composition chimique des cellules

Composants	Pourcentage de la masse totale
Eau	70%
Protéines	18%
Lipides	5%
ADN	0,25%
ARN	1,1%
Polyosides	2%
Molécules simples (acides aminés, acides gras, glucose)	3%
Ions minéraux	1%

### V- La dimension des cellules :

Sous le terme de « cellule », les biologistes regroupent deux types de cellules tout à fait différents les uns des autres :

- les cellules Procaryotes qui furent les premières à apparaître sur terre, il y a environ 3,5 milliards d'années.
- Les cellules Eucaryotes, qui apparurent 02 milliards d'années plus tard.

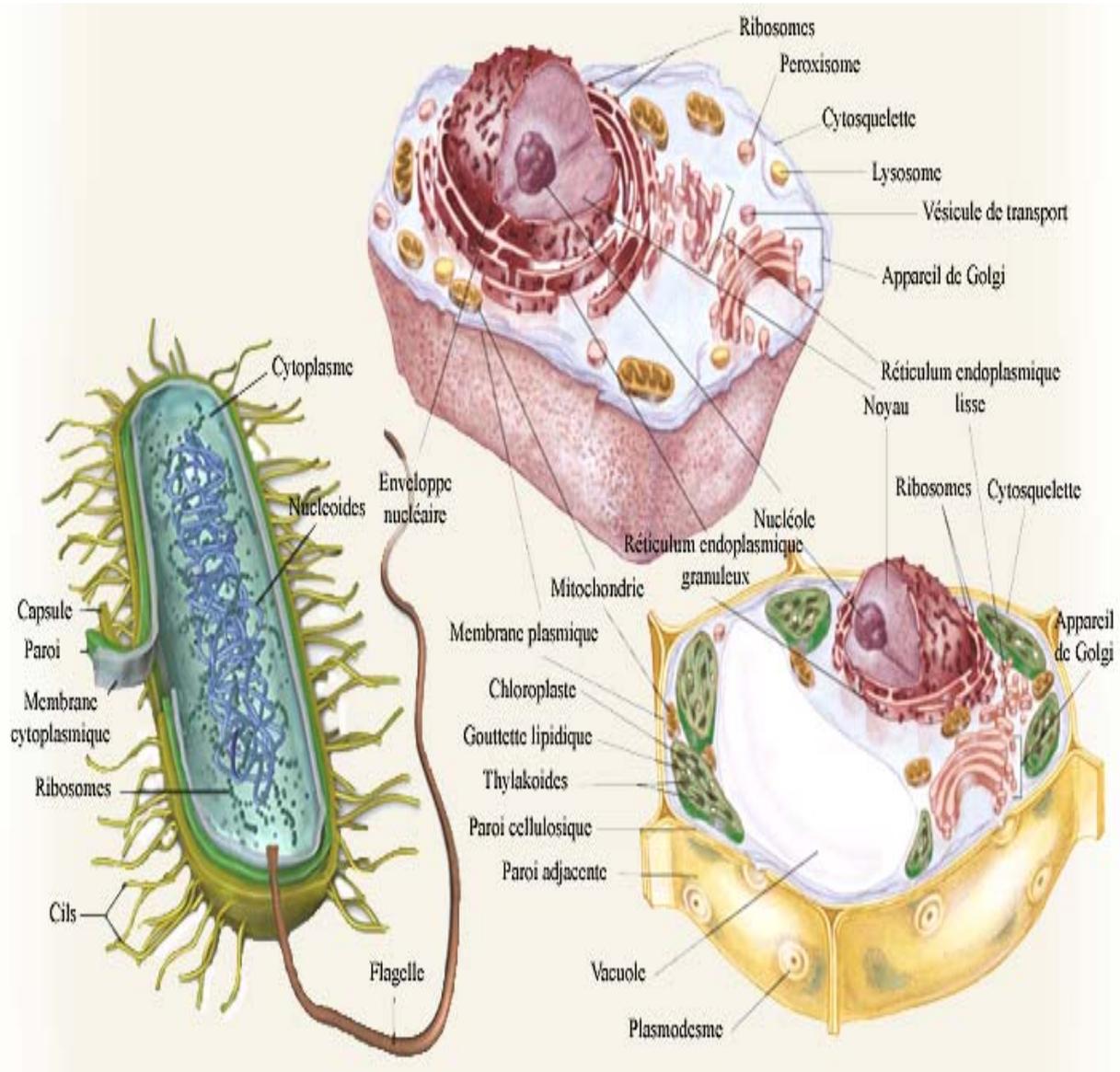
La taille et la forme de ces cellules sont d'une variabilité extrême. Les plus petites, sont les mycoplasmes. Ces cellules procaryotes ont un diamètre de 100nm. Ce sont des micro-organismes unicellulaires à action pathogène pour le système respiratoire (Pleuropneumonie).

Les bactéries ont des diamètres supérieurs à 500nm et peuvent, lorsqu'elles sont filamenteuses, atteindre des longueurs de l'ordre de 20 µm.

Chez les protozoaires, les euglènes ont un diamètre de 120µm, les amibes, en particulier *Amoeba proteus*, ont une longueur de 1mm.

Chez les mammifères, le diamètre de la plupart des cellules est compris entre quelques microns et quelque dizaine de microns (hématies, 07  $\mu\text{m}$ , leucocytes humains, de 10 à 20 $\mu\text{m}$ , cellules épithéliales, 20 $\mu\text{m}$ ).

Chez les oiseaux, certaines cellules sont particulièrement grandes (œuf d'autruche : 4 à 6 cm, cellules nerveuses motrices chez la girafe dont l'axone peut mesurer plus de 03m de longueur).



Schémas représentant les cellules Eucaryotes et procaryotes

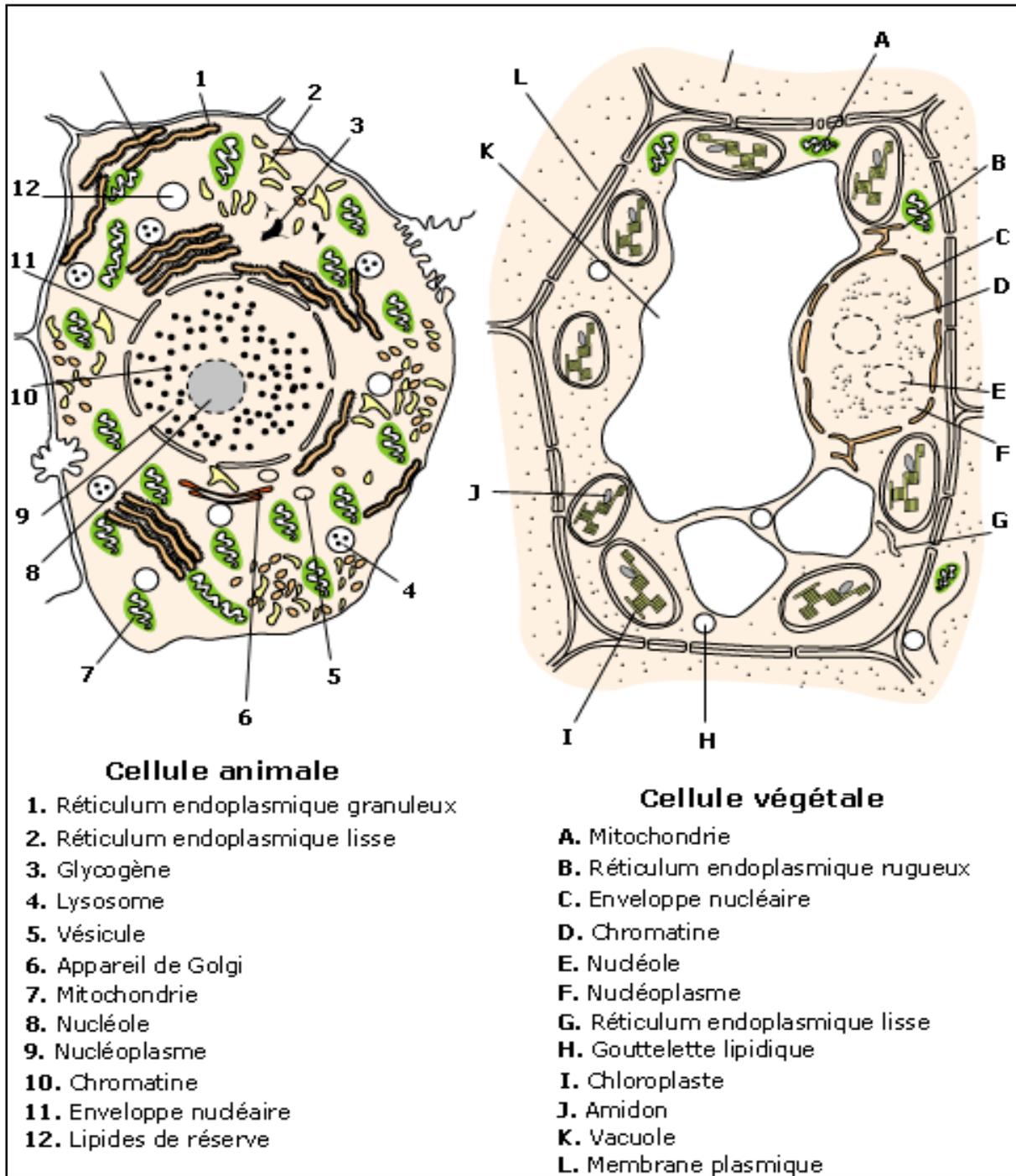


Schéma représentant une cellule Eucaryote Animale et Végétale