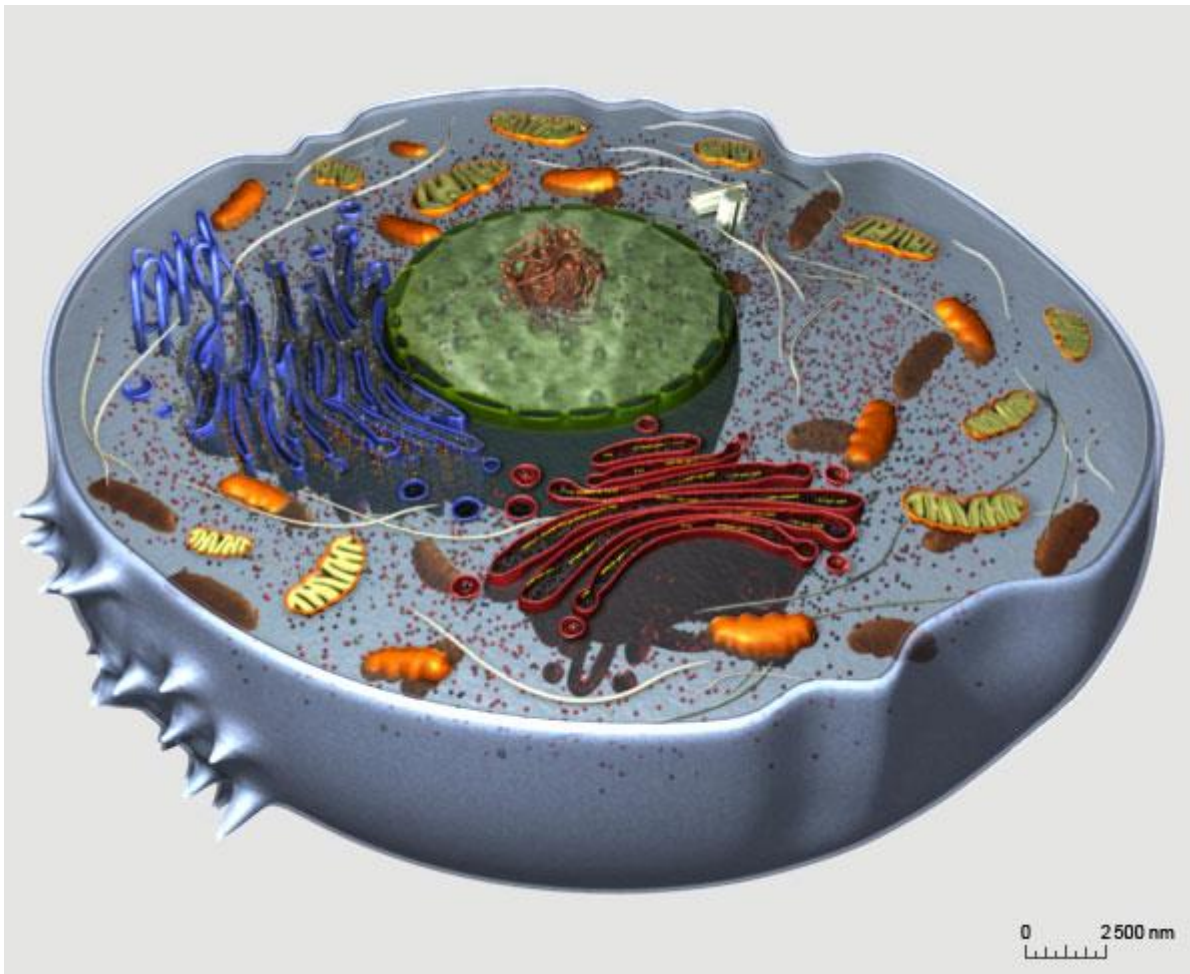


Moêz Smiri

## Biologie Cellulaire



# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
La diversité des êtres vivants.....	1
La diversité des cellules.....	1
Les caractéristiques communes.....	1
Constituants biochimiques de la cellule.....	3
CHAPITRE 1. ORGANISATION DES CELLULES.....	5
I. Organisation de la cellule procaryote .....	5
I.1. Formes .....	5
I.2. Dimension .....	5
I.3. Structure de la cellule procaryote.....	5
I.3.1. La paroi cellulaire.....	5
I.3.2. La membrane plasmique .....	5
I.3.3. Le cytoplasme .....	6
I.3.4. Corps nucléaire .....	6
I.4. Les grands types de procaryotes.....	7
I.4.1. Les Archéobactéries.....	7
I.4.2. Les Eubactéries.....	8
II. Organisation de la cellule eucaryote .....	8
II.1. Organisation de la cellule animale .....	8
II.1.1. Revêtement cellulaire.....	8
II.1.2. Cytoplasme.....	8
II.1.3. Le noyau .....	8
II.2. Organisation de la cellule végétale .....	9
II.3. Organisation de la cellule des fungi .....	10
CHAPITRE 2. ETUDE DE LA CELLULE ANIMALE.....	11
I. Formes .....	11
II. Dimensions.....	11
III. Structure.....	11
III.1. Le revêtement cellulaire(RC) .....	11
III.1.1. Définition .....	11
III.1.2. Aspect au microscope.....	11

III.1.2.1. Au microscope optique .....	11
III.1.2.2. Au microscope électronique .....	11
III.1.3. Composition biochimique .....	12
III.1.3.1. Les lipides .....	12
III.1.3.2. Les protéines.....	13
III.1.3.3. Les polysaccharides ou sucres.....	13
III.1.4. Organisation moléculaire .....	13
III.1.4.1. Disposition des lipides .....	13
III.1.4.2. Disposition des protéines .....	13
III.1.4.3. Disposition des polysaccharides .....	14
III.1.5. Fluidité de la membrane et dynamique des molécules.....	15
III.1.6. Spécialisations de la membrane plasmique.....	16
III.1.6.1. Les microvillosités.....	16
III.1.6.2. Les jonctions dans les cellules animales.....	17
III.1.6.3. Les plasmodesmes des cellules végétales.....	18
CHAPITRE 3. ECHANGES TRANSMEMBRANAIRES .....	19
I. Transport à travers les membranes biologiques .....	19
II. Transport des ions et des petites molécules .....	19
II.1. Transport passif.....	20
II.1.1. Le transport par simple diffusion physique .....	20
II.1.2. Le transport par diffusion accélérée .....	20
II.1.3. Le transport par diffusion facilitée.....	21
II.2. Transport actif.....	22
II.3. Transport de macromolécules et de particules .....	22
II.3.1. Endocytose .....	22
II.3.2. Exocytose.....	22
II.4. Transfert d'information.....	23
II.5. Reconnaissance cellulaire.....	24
CHAPITRE 4. LES ORGANITES CELLULAIRES.....	25
I. Le réticulum endoplasmique.....	25
II. L'appareil de Golgi.....	26
III. Les mitochondries.....	26
IV. Les lysosomes.....	27

V. Le noyau .....	28
VI. Autres structures cellulaires.....	29
CHAPITRE 5. DIVISIONS CELLULAIRES.....	30
I. Mitose .....	30
I.1. La duplication des chromosomes.....	30
I.1.1. Le cycle cellulaire.....	30
I.1.2. La phase S.....	31
I.1.3. La réplication de l'ADN : le modèle semi-conservatif.....	32
I.1.4. L'ADN polymérase .....	32
I.2. Le déroulement de la mitose.....	33
I.2.1. Les quatre étapes de la mitose.....	33
I.2.1.1. La prophase.....	34
I.2.1.2. La métaphase.....	34
I.2.1.3. L'anaphase.....	34
I.2.1.4. La télophase.....	35
I.3. Les structures cellulaires modifiées au cours de la mitose.....	36
I.3.1. Les microtubules forment le fuseau mitotique.....	36
I.3.2. L'enveloppe nucléaire .....	36
I.3.3. Cytodiérèse.....	36
I.3.3.1. Chez les végétaux .....	36
I.3.3.2. Chez les animaux.....	36
II. La méiose.....	37
II.1. Définition.....	37
II.2. Rappels de cytogénétique.....	37
II.3. Description de la méiose.....	39
II.3.1. Schéma général de la méiose.....	39
II.3.2. Evolution de la quantité d'ADN au cours de la méiose.....	40
II.4. Le déroulement de la méiose.....	40
II.4.1. Interphase .....	40
II.4.2. Méiose I: Division réductionnelle.....	40

II.4.2.1. Prophase I.....	40
II.4.2.2. Métaphase I.....	41
II.4.2.3. Anaphase I.....	42
II.4.2.4. Télophase I et cytokinèse.....	42
II.4.3. Interphase II (ou intercinèse).....	42
II.4.4. Méiose II : Division équationnelle.....	42
II.4.4.1. Prophase II.....	42
II.4.4.2. Métaphase II.....	42
II.4.4.3. Anaphase II.....	43
II.4.4.4. Télophase et cytokinèse II.....	43
II.5. Finalité de la méiose.....	43
Travaux dirigés	44
Travaux pratiques	68

# INTRODUCTION

## *La diversité des êtres vivants:*

Les êtres vivants sont extrêmement diversifiés aussi bien par leur forme que leur taille. Malgré cette diversité, ils sont tous constitués de cellules. La cellule étant considérée comme étant l'unité structurale fondamentale contenant le matériel génétique et l'organisation biochimique permettant la vie.

## *La diversité des cellules:*

Du modèle de base: cytoplasme limité par une membrane plasmique contenant une information génétique, dérive des milliers de types cellulaires différents.

Cette diversité cellulaire caractérise non seulement les individus appartenant aux grands groupes, mais aussi les cellules d'un même individu pluricellulaire.

## *Les caractéristiques communes:*

Malgré cette diversité cellulaire, on peut noter la présence de caractéristiques communes chez les différents types cellulaires :

1. Présence d'ADN: porteur de l'information génétique
2. Universalité du code génétique
3. Décodage de l'ADN et transfert de l'information génétique en ARN responsable de la traduction de l'information génétique en protéines synthétisées au niveau des ribosomes.
4. Contrôle de la structure et de la fonction de la cellule par de protéines
5. Utilisation de l'énergie sous forme d'ATP
6. Les limites cellulaires représentées par la membrane plasmique formée par des protéines et une double couche lipidique.

La différence fondamentale entre les deux groupes porte sur la structure (**Tableau 1**).

**Tableau 1:** Etude comparative entre les procaryotes et les eucaryotes

	<i><b>Eucaryotes</b></i>	<i><b>Procaryotes</b></i>
<i><b>Enveloppe nucléaire</b></i>	+	-
<i><b>Nucléoles</b></i>	présence	absence
<i><b>ADN</b></i>	Associé à des histones	nu
<i><b>ARN et protéines</b></i>	Synthèse et maturation de l'ARN dans le noyau; Traduction de l'ARN dans le cytoplasme	Synthétisé dans le même compartiment
<i><b>Longueur de l'ADN</b></i>	Plus long	1 mm (moins long)
<i><b>Chromosomes</b></i>	Nombre de chromosomes > 2	1 chromosome
<i><b>Introns</b></i>	+	-
<i><b>Taille</b></i>	Grande taille (5 à 100 µm)	Petite taille (1 à 10 µm)
<i><b>Volume</b></i>	$qq\ \mu m^3 < V < qq\ mm^3$	De $qq\ nm^3$
<i><b>Ribosomes (taille)</b></i>	80 S (S: coefficient de sédimentation)	70 S
<i><b>Organites membranaires</b></i>	Organites délimités par des membranes : +	-
<i><b>Cytosquelette</b></i>	+	-
<i><b>Structure</b></i>	Complexe	Simple
<i><b>Nombre de cellules</b></i>	Les 2 cas sont présents	Toujours unicellulaires
<i><b>Mouvement intracellulaire</b></i>	+	-

### ***Constituants biochimiques de la cellule:***

Les cellules sont des petits compartiments limités par une membrane et remplis d'une solution aqueuse concentrée de substances chimiques (**Figure 1**).

En effet, chaque cellule est un assemblage de molécules. Ces molécules elles même sont formées de 4 principaux éléments qui constituent environ 99 % du poids sec de la cellule (O, N, C et H). Le 1 % restant correspond aux substances minérales c.a.d. les ions: cations (ions chargés positivement tels que  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , ...) et anions (ions chargés négativement tel que  $\text{Cl}^-$ , ...). Ils entrent dans la composition des petits éléments de base de carbone appelés molécule organique. Ces petites molécules s'assemblent pour constituer de grandes molécules appelées macromolécules. Les principales catégories parmi les macromolécules de la cellule, sont les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques. Les glucides constituent la principale source d'énergie. Les lipides jouent un rôle important dans le stockage de l'énergie, mais leur fonction fondamentale est la constitution des membranes cellulaires. Les protéines composées d'acides aminés sont remarquablement diversifiés et polyvalentes. Les acides nucléiques sont responsables de transmission de l'information génétique.

Biosphère (%)			Cellules animales (%)		Cellules végétales (%)		
O	(8)	50,0	O	62,8	O	77,9	<b>abondants</b>
Si	(14)	25,8	C	19,4	C	11,3	
Al	(13)	7,3	H	9,3	H	8,7	
Fe	(26)	4,2	N	5,1	N	0,8	
Ca	(20)	3,2					<b>Peu abondants</b>
Na	(11)	2,3	Ca	1,38	P	0,70	
K	(19)	2,3	S	0,64	Ca	0,58	
Mg	(12)	2,1	P	0,63	K	0,22	
H	(1)	0,9	Na	0,26	S	0,10	
			K	0,22	Mg	0,08	
			Cl	0,18	Cl	0,07	
			Mg	0,04	Na	0,03	
Ti	(22)	0,43					<b>rares</b>
Cl	(17)	0,20					
C	(6)	0,18					
P	(15)	0,11	F	0,009	Si	0,0093	
S	(16)	0,11	Fe	0,005	Fe	0,0027	
F	(9)	0,10	Si	0,004	Al	0,0025	
Ba	(56)	0,08	Zn*	0,002	B*	0,0007	
Mn	(25)	0,08	Al	0,001	Mn	0,0003	
N	(7)	0,03	Cu*	0,0004	Zn	0,0003	
Se	(34)	0,02	Se	0,0002	Cu	0,0002	
			Br*	0,0002	Ti	0,0001	
			Mn	0,0001			
			I	0,0001			
divers		0,47	divers	0,0002	divers	0,0001	

(-) : n° atomique (\*) Zn (30), Cu (29), Br (35), B (5)

**Figure 1 : Constituants biochimiques de la cellule**



En plus de ces macromolécules, la cellule vivante est composée d'un fort pourcentage d'eau entre 70 et 75 % du poids de la cellule. D'autre part, la plupart des réactions intracellulaires ont lieu en milieu aquatique. La naissance de la vie en milieu aquatique a marqué la composition biochimique des êtres vivants et des cellules qui les composent.

La cellule vivante ancestrale est apparue grâce à un assemblage spontané des molécules il y a environ 3,4 millions d'années. Tous les organismes vivants sur la terre proviennent de la cellule primitive ancestrale par évolution. Mais, l'événement le plus marquant de l'histoire de la vie est le passage il y a 1,5 millions d'années des procaryotes aux eucaryotes.

# CHAPITRE 1. ORGANISATION DES CELLULES

## I. Organisation de la cellule procaryote

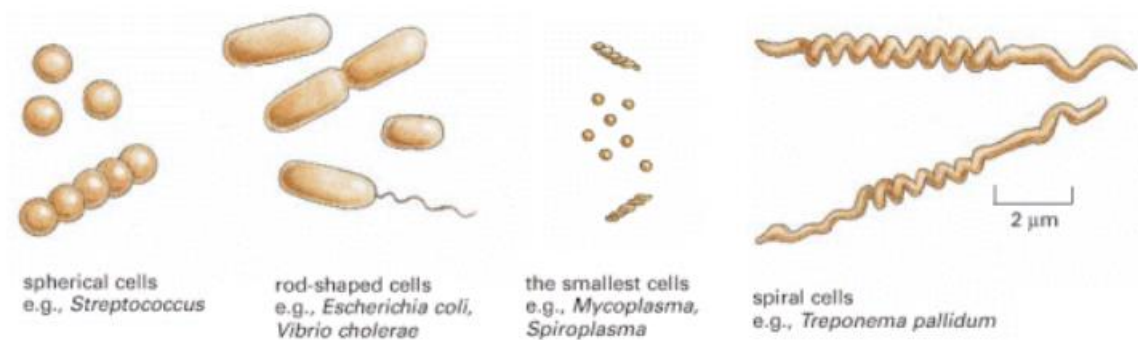
### I.1. Formes

3 formes:

- Sphérique (cocci)

Elles sont généralement isolées. Elles peuvent parfois s'associer en paires (diplocoques), en chaînettes (streptocoques) ou en grappe de raisin (staphylocoques) (**Figure 3**).

- En bâtonnets (exemple les bacilles)
- Spiralée (exemple les spirilles)



**Figure 2:** Formes de la cellule procaryote

### I.2. Dimension

Ce sont des petites cellules. Leur taille est de l'ordre de microns. Les plus petites bactéries sont de l'ordre de 0.4 μm (le cas de mycoplasmes)

### I.3. Structure de la cellule procaryote

Chaque cellule procaryote est constituée par un cytoplasme limité par une membrane plasmique doublée d'une paroi rigide. Le cytoplasme renferme un corps nucléaire (**Figure 3**).

#### I.3.1. La paroi cellulaire (rigide)

Sa composition est variable et propre à chaque cellule. Cette paroi intervient dans la protection de la cellule.

#### I.3.2. La membrane plasmique

C'est un assemblage complexe de nature lipido-protéique. Ses fonctions principales sont :

- Sécrétion des enzymes digestives chez les bactéries hétérotrophes
- Importation de petites molécules alimentaires
- Excrétion des produits du catabolisme
- Synthèse de la paroi cellulaire
- Respiration cellulaire chez les bactéries aérobies

————→ La membrane plasmique de la cellule procaryote assure toutes les fonctions effectuées par les organites cytoplasmiques de la cellule eucaryote.

### *1.3.3. Le cytoplasme*

Il est constitué par un grand nombre de molécules: l'eau, les ions minéraux, les molécules organiques dont les enzymes.

Le cytoplasme contient toujours des ribosomes où s'effectue la synthèse des protéines.

La composition du cytoplasme est la caractéristique de chaque espèce.

### *1.3.4. Corps nucléaire*

Il est formé par des replis serrés d'une molécule unique d'ADN filiforme dont la longueur est de l'ordre de mm. L'ADN est nu et annulaire. Une région de cette molécule d'ADN est fixé à la membrane plasmique par un complexe enzymatique qui assure sa réplication.

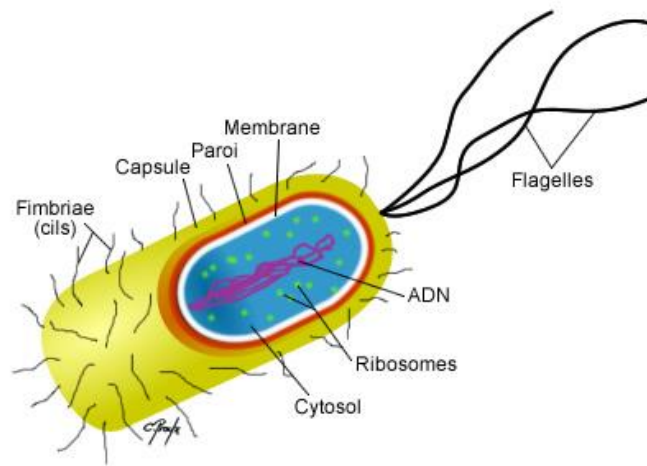
————→ L'ensemble de ces structures (1, 2, 3 et 4) ou constituants généraux existe chez toutes les cellules procaryotes.

A coté de ces constituants généraux, il existe d'autres constituants dit non généraux et qui caractérisent un type ou une espèce. On peut citer :

- Les capsules : de nature polysaccharidique. Elles entourent la paroi de certaines bactéries telles que les pneumocoques.
- Les flagelles solitaires ou multiples. Exemple chez *E. coli*
- Les pili: des petites expansions rigides et adhésives de la membrane plasmique et qui interviennent dans la fixation chez les bactéries parasites.
- Mésosomes: ce sont des replis intra-cytoplasmiques de la membrane plasmique. Ces mésosomes sont typiques des bactéries aérobies. Leur rôle n'est pas clairement défini.

Ils interviennent dans la respiration cellulaire pour les uns ou dans la division cellulaire pour les autres.

- Les lamelles: sont des dérivés de la membrane plasmique qui contiennent des pigments chlorophylliens et sont présents chez les bactéries photosynthétiques.
- Les plasmides: des molécules d'ADN de petite taille en anneaux dont la duplication est dépendante de l'ADN principal. Certains plasmides portent des gènes responsables de la résistance à divers antibiotiques.
- Les inclusions: comme des lipides, phosphate, glycogène,...



**Figure 3 :** Schéma de l'ultrastructure de la cellule d'*Escherichia-coli*

#### ***1.4. Les grands types de procaryotes***

Les procaryotes comprennent deux types principaux :

- Les Archéobactéries
- Les Eubactéries

##### ***1.4.1. Les Archéobactéries***

- Les halophiles extrêmes qui vivent dans des milieux très salins
- Les thermophiles extrêmes des milieux très chauds: 80 à 90°C
- Les méthanogènes: qui produisent du méthane

Certaines caractéristiques des archéobactéries comme les ribosomes, les lipides membranaires et l'ARN de transfert les rapprochent des eucaryotes. On les considère à l'heure actuelle comme étant des formes ancestrales des eucaryotes et des Eubactéries.

#### *1.4.2. Les Eubactéries*

On les divise en deux grands groupes :

- Les bactéries photosynthétiques
- Les bactéries non photosynthétiques

## **II. Organisation de la cellule eucaryote**

Bien que les eucaryotes constituent un groupe d'organismes très varié (végétaux, animaux, protozoaires, champignons), leurs cellules possèdent en commun des caractéristiques fondamentales.

### ***II.1. Organisation de la cellule animale***

Cette cellule est la mieux étudiée du point de vue organisation. Elle est composée de trois constituants: le revêtement cellulaire, le cytoplasme et le noyau (**Figure 4**).

#### *II.1.1. Revêtement cellulaire*

Il comporte la membrane plasmique surmontée par une fourrure de molécules qui forment le cell-coat.

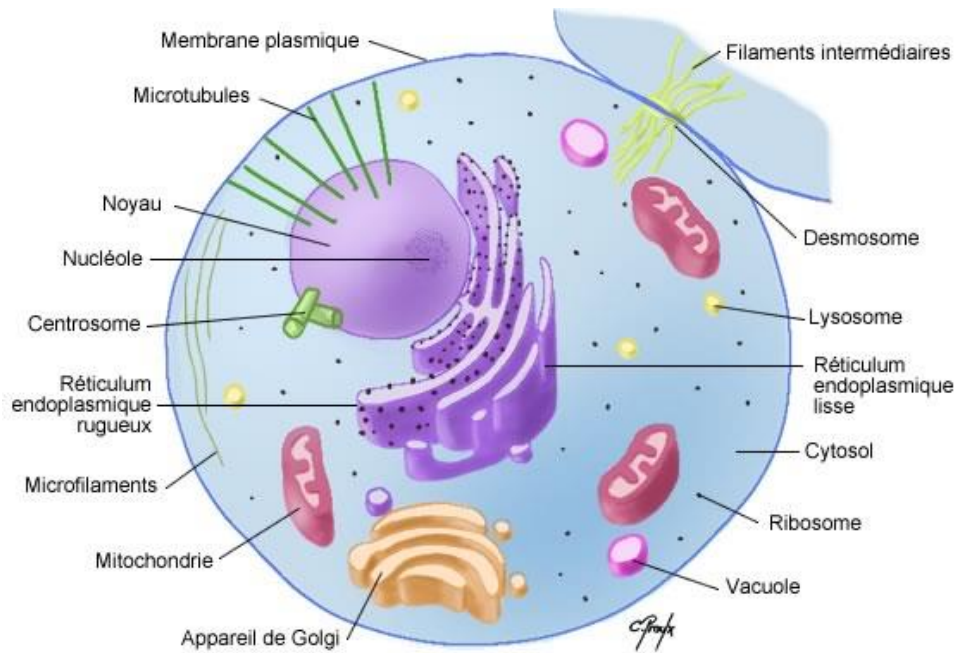
#### *II.1.2. Cytoplasme*

Il comporte deux entités différentes:

- Le hyaloplasme: apparaît comme un gel plus ou moins visqueux. Il constitue un support pour les organites cellulaires.
- Le morphoplasme: regroupe tous les organites cellulaires

#### *II.1.3. Le noyau*

Il est entouré d'une enveloppe nucléaire comportant des pores nucléaires, nucléole et chromatine.



**Figure 4** : Schéma de l'ultrastructure de la cellule animale

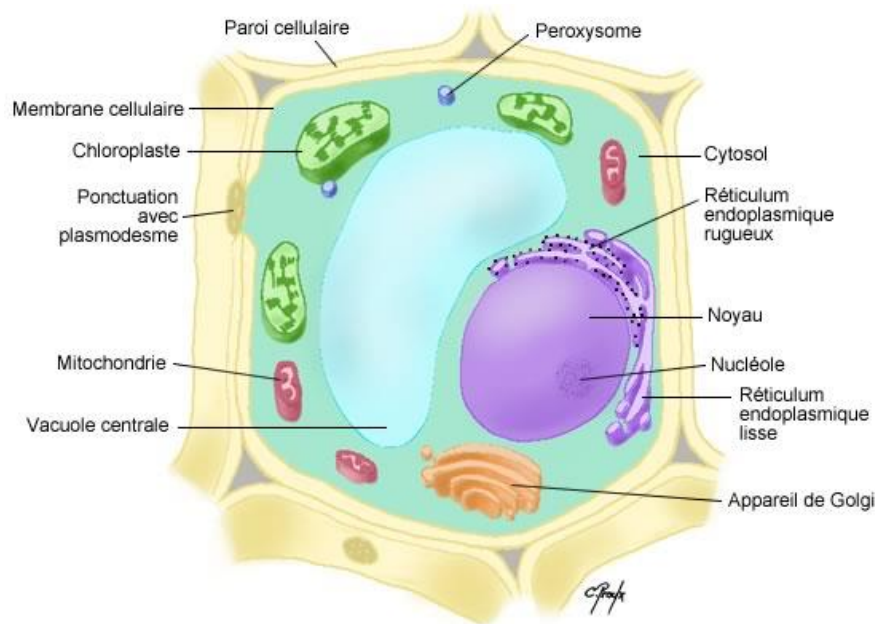
## ***II.2. Organisation de la cellule végétale***

La cellule végétale ne diffère de la cellule animale que par la présence:

- D'une paroi cellulaire dont l'aspect rappelle la paroi de la cellule procaryote mais dont la composition est fondamentalement différente. Cette paroi confère à la cellule végétale une certaine rigidité. La cellule végétale ne se déforme pas et ne se déplace pas.
- Chloroplastes: qui sont le siège de la photosynthèse et de la production de l'énergie
- La présence d'une seule vacuole de taille importante qui occupe la majeure partie du cytoplasme et qui contient l'eau, des substances de réserve, des déchets métaboliques, des pigments, etc.

**Remarque:** Dans la cellule animale, on trouve du glycogène alors que dans la cellule végétale, on trouve l'amidon. Chez l'embryon animal, on rencontre du vitellus alors que chez l'embryon végétal (graine), on trouve l'aleurone.

- L'absence du centrosome au niveau des cellules végétales supérieures seulement.



**Figure 5:** Schéma de l'ultrastructure de la cellule végétale

### ***II.3. Organisation de la cellule des fungi***

Les champignons se rapprochent de la cellule végétale par la présence d'une paroi cellulaire périphérique et par l'existence dans le cytoplasme de vacuole turgescente.

Elle se rapproche également de la cellule animale par la nature du métabolisme (hétérotrophe et absence de chloroplastes).

Les champignons peuvent être unicellulaires comme les levures ou pluricellulaires et se présentent sous un aspect filamenteux.

Les champignons pluricellulaires ont leurs propres caractéristiques puisque leurs cellules ne s'organisent pas en véritable tissu.