

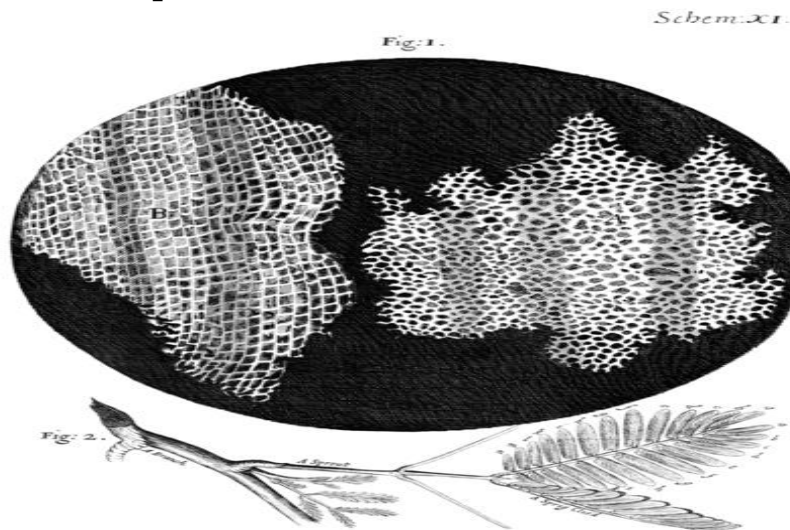
Chapitre 1

Compartimentation fonctionnelle de la cellule

**Institut des sciences de la nature et de la vie
1ère année sciences de la nature et de la vie
Responsable de la matière : Dr. Hamra Fatima**

Cours 1 : Vue d'ensemble

I. Historique du concept cellulaire



Dessin de cellules observées dans des coupes d'écorce d'arbre par Robert Hooke en 1665.

- 1665 : Robert Hooke découvre des cellules mortes dans du liège, puis, en utilisant les premiers microscopes, il les observe dans des plantes vivantes.
- 1839 : Theodor Schwann découvre que les plantes et les animaux sont tous constitués de cellules, concluant ainsi que la cellule est l'unité commune de structure et de développement, ce qui fonda la théorie cellulaire (Il donna son nom aux *cellules de Schwann*).
- La croyance selon laquelle des formes de vie peuvent apparaître spontanément (*génération spontanée*) est réfutée par Louis Pasteur (1822-1895).
- 1855 : Rudolf Virchow affirma que les cellules naissent du résultat de la division cellulaire.

II. Théorie cellulaire

1. La cellule est l'unité constitutive et fonctionnelle des organismes vivants.
2. L'organisme dépend de l'activité des cellules isolées ou groupées en tissus pour assurer ses différentes fonctions.

3. Les activités biochimiques des cellules sont coordonnées et déterminées par certaines structures présentes à l'intérieur de celles ci.
4. La multiplication des cellules permet le maintien des organismes et leur multiplication
5. Cette théorie est formulée en 1838 par Schleiden et Schwann : la cellule est l'unité de vie.

(Tout ce qui est vivant est cellulaire). Cette théorie évoque également la présence d'organites à l'intérieur même de celles ci. On se demande toujours avant tout quelles sont les caractéristiques communes aux cellules, malgré leur diversité. Ainsi, il faut savoir que :

a) La cellule représente un état hautement organisé de la matière et nécessite la mise en place de structures permettant d'utiliser l'énergie et la matière extérieure.

b) La cellule, espace clos effectuant des échanges avec l'extérieur, est délimitée par une membrane constituant une surface d'échanges permettant la mise en place de flux.

c) Les membranes plasmiques, malgré leur diversité possèdent, sauf exceptions (certaines archées thermophiles qui sont des microorganismes unicellulaires procaryotes ayant une membrane constituée d'une seule couche lipidique et vivent dans à peu près tous les milieux en particulier dans des milieux extrêmes en anaérobies, à forte salinité, très chauds ou à grande profondeur), une structure identique :

---Une bicouche lipidique composée de lipides amphiphiles, qui constitue un filtre de base permettant le passage des substances hydrophobes, freinant celui des hydrophiles.

---Des protéines transmembranaires et périphériques aux rôles divers (transferts, transport, transduction de signaux...)

d)-La membrane agit non seulement comme un filtre pour les molécules selon la différence de concentration (gradient de concentration) mais aussi utilise de l'énergie (osmotique, chimique...) pour favoriser les flux endergoniques, permet le passage de la lumière, de la chaleur... et assure aussi la transmission d'informations nécessaires à la réactivité de la cellule aux changements de l'environnement et à la coordination avec d'autres cellules. La membrane plasmique crée donc un espace clos en constant échange avec l'environnement proche.

III. Les variétés cellulaires

1. Les cellules eucaryotes : Les cellules eucaryotes (ou vrai noyau en latin) se caractérisent par une enveloppe nucléaire qui divise la cellule en deux compartiments principaux : le noyau et le cytoplasme. À son tour, le cytoplasme est délimité par la membrane plasmique. Dans la cellule végétale (Fig.2), la membrane plasmique est recouverte et protégée extérieurement par une paroi cellulaire plus épaisse percée de canalicules, les plasmodesmes, sites de communications avec les

cellules voisines grâce à de fins prolongements cytoplasmiques. Dans les cellules animales (Fig. 2), certaines régions de la membrane plasmique sont recouvertes par une mince couche de matériel que l'on désigne habituellement sous le nom d'enveloppe externe.

2. Les cellules procaryotes : Les cellules procaryotes, telles les bactéries et les algues bleu-vert sont constituées d'un compartiment unique entouré d'une membrane plasmique, ne possèdent pas de noyau bien défini et ont une organisation interne simple. Ces cellules contiennent un chromosome unique formé d'une molécule d'ADN circulaire ou linéaire libre situé dans le cytoplasme. Les principales différences entre les cellules procaryotes et eucaryotes sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Comparaison entre la cellule Eucaryote et Procaryo

	Procaryotes	Eucaryotes
représentants	bactéries, archées	protistes, champignons, plantes, animaux
Taille typique	~ 1-10 µm	~ 10-100 µm
Type de noyau	nucléotide; pas de véritable noyau	vrai noyau avec une enveloppe
ADN	circulaire (chromosome), avec des protéines HU pour eubactéries	molécules linéaires (chromosomes) avec des protéines <i>histone</i>

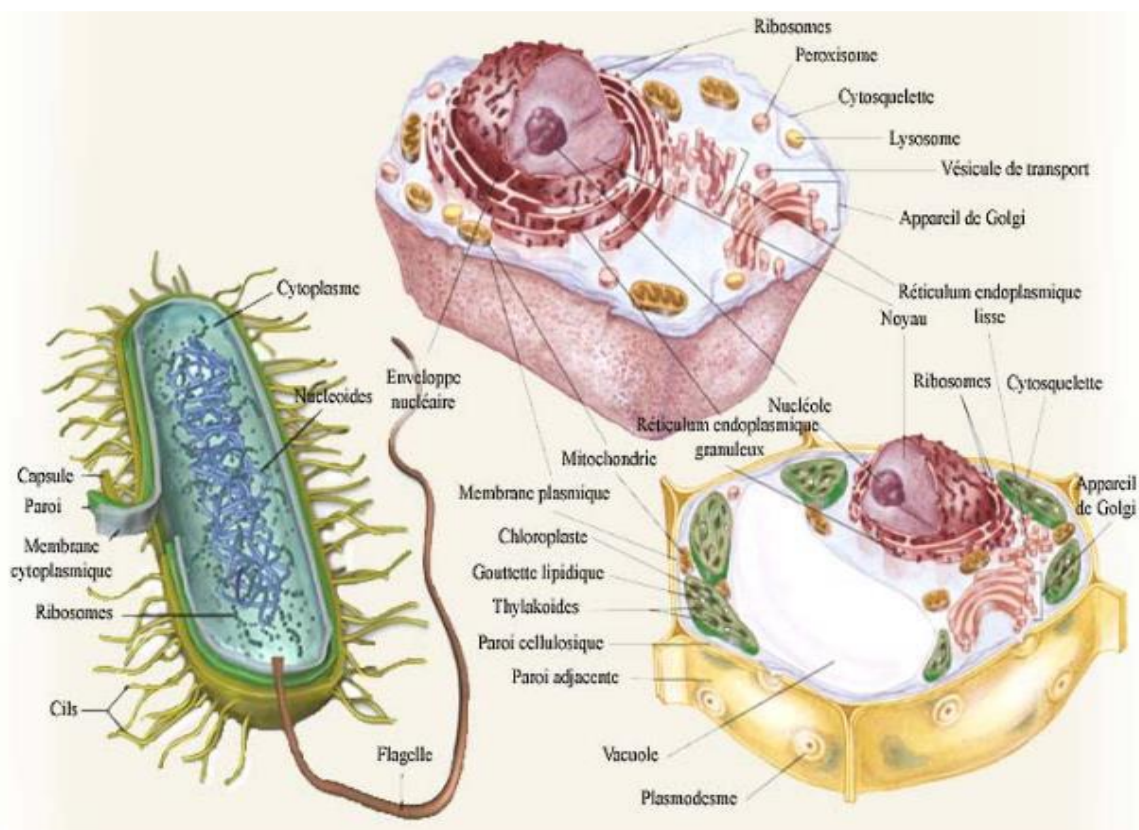
ARN/synthèse des protéines	couplé au cytoplasme	synthèse d'ARN dans le noyau synthèse de protéines dans le cytoplasme
Ribosomes	23S+16S+5S	28S+18S+5,8S+5S
Structure cytoplasmique	très peu de structures	très structuré par des membranes intracellulaires et un cytosquelette
Mouvement de la cellule	flagelle fait de flagelline	flagelle et cils fait de tubuline
Métabolisme	anaérobie ou aérobie	habituellement aérobie
Mitochondries	aucune	de une à plusieurs milliers
Chloroplastes	aucun	dans les algues et les plantes chlorophylliennes
Organisation	habituellement des cellules isolées	cellules isolées, colonies, organismes complexes avec des cellules spécialisées
Division de la cellule	division simple	Mitose (multiplication conforme de la cellule) Méiose (formation de gamètes)

IV. Cellule eucaryote : formation de communautés de cellules intracellulaires

La théorie endosymbiotique (théorie démontrée en ce qui concerne les mitochondries et les chloroplastes) énonce que les cellules eucaryotes se sont formées à partir d'une cellule procaryote ayant phagocyté puis domestiqué des bactéries qui seraient à l'origine des mitochondries. L'invagination de cyanobactéries aurait donné naissance aux chloroplastes. La cellule eucaryote dérive donc de l'association symbiotique de bactéries qui sont devenues totalement interdépendantes au point de former une seule et même unité structurale et fonctionnelle.

V. Description et fonction des constituants de la cellule :

La cellule est délimitée par une membrane appelée membrane plasmique. Celle-ci constitue une surface d'échange permettant la mise en place du flux. L'observation microscopique des cellules a mis en évidence de nombreuses substances internes appelées organites intracellulaires (Fig. 1 et 2) qui assurent des fonctions bien spécifiques servant à maintenir la cellule en vie. Nous pouvons ainsi citer le noyau, le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi, les vésicules, les mitochondries etc. Ces organites sont également délimités par des membranes.



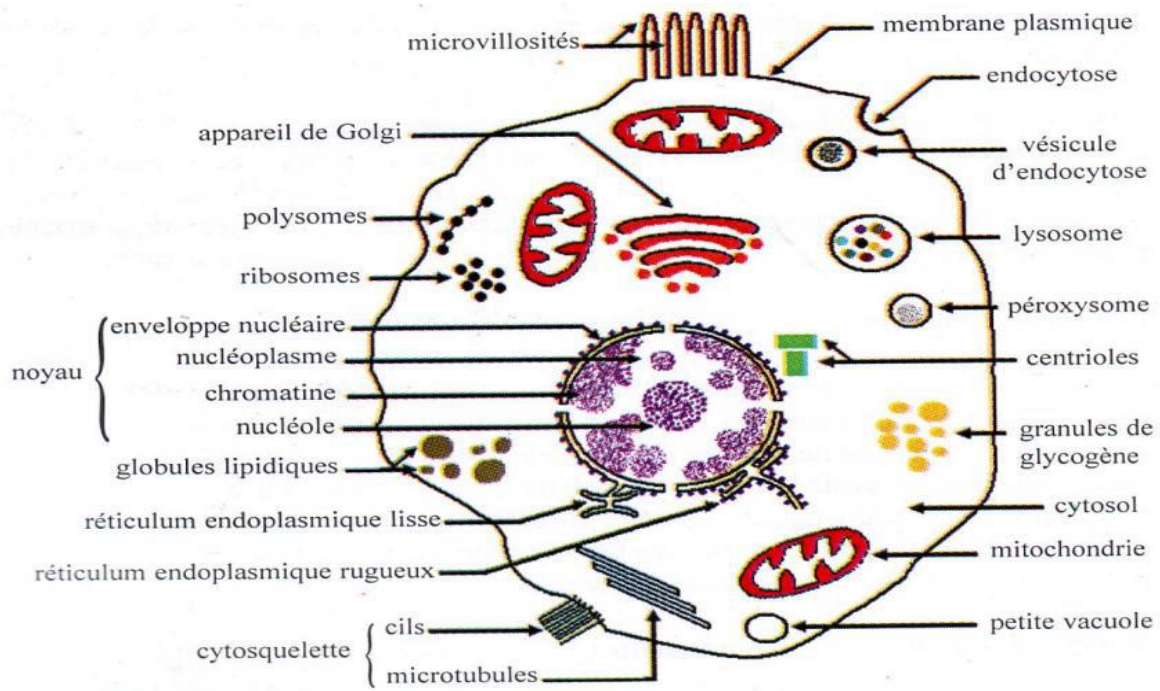


Fig. 1. Représentation schématisique (3D) des cellules Eucaryotes et procaryotes

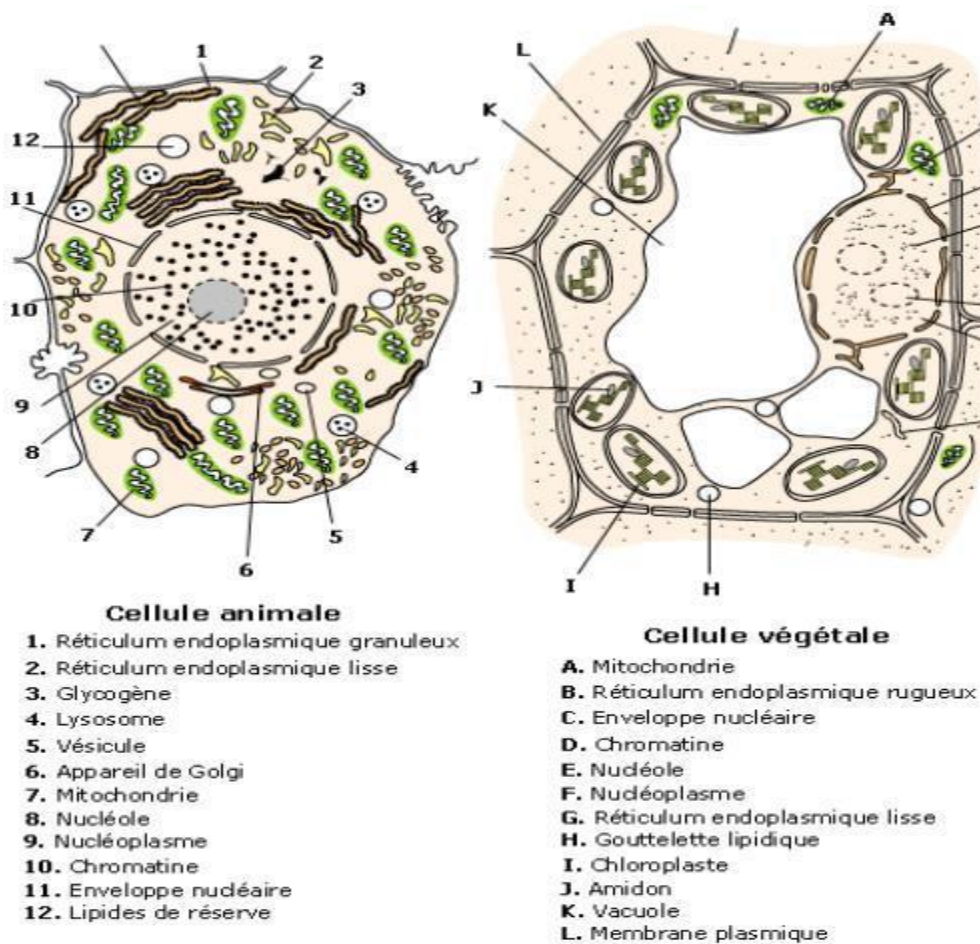


Fig. 2. Représentation schématisique d'une cellule Eucaryote Animale et Végétale

VI. Compartiments fonctionnels chez les eucaryotes

Contrairement aux bactéries, les cellules eucaryotes sont organisées en compartiments limités par une membrane et fonctionnellement distincts. Dans la cellule eucaryote il existe également des organites qui font soit parti du système endomembranaire, soit parti des organites clos (peroxysomes, mitochondries et chloroplastes). D'autre part le **cytosquelette** permet le maintien de la morphologie cellulaire, la position des organites dans la cellule et le transport de différents composants cytoplasmiques. Parmi eux on trouve les microfilaments d'actine, les microtubules et les filaments intermédiaires de cytokératine. Les protéines jouent un rôle essentiel dans la compartimentation d'une cellule eucaryote. Elles catalysent les réactions qui se produisent dans chaque compartiment (organite). Elles servent aussi de marqueurs spécifiques de l'organite (noyau, RE, ribosomes, AG, mitochondrie, lysosome.....etc). Les principaux compartiments des cellules eucaryotes sont les suivants :

1. Le Cytoplasme :

Le cytoplasme est défini comme le matériel biologique contenu entre la membrane plasmique et l'enveloppe nucléaire. Il s'agit d'une phase liquide plus exactement d'une émulsion colloïdale qui comporte de nombreux organites et structures en suspension dans une phase liquide appelée **cytosol**. Il contient des ribosomes, des mitochondries, un cytosquelette et un ensemble de vacuoles plus ou moins ramifiées ; ces vacuoles constituent le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi, les vésicules de sécrétion, les endosomes, les lysosomes, les phagosomes. En outre, le cytoplasme des plantes comporte un organite appelé plaste impliqué dans la photosynthèse.

2. Le Cytosol

Représente la phase liquide (plus exactement semi-liquide), translucide où baignent les organites. En effet, la définition exacte en terme biophysique du cytosol est celle d'un gel colloïdale 4 fois plus visqueux que l'eau, son pH est neutre autour du 7 (pH physiologique du milieu extracellulaire aux environ de 7.4).

3. Les inclusions

Ne sont pas des éléments fonctionnels mais des substances chimiques qui peuvent être présentes ou non, selon le type de cellule considéré. On pourrait citer par exemple les nutriments emmagasinés, comme les granules glycogène qui se trouvent en abondance dans les cellules du

foie et des muscles, les gouttelettes de lipides communes dans les cellules adipeuses, les granules de pigments (mélanine) présentes dans certaines cellules de la peau et dans les poils, ainsi que divers types de cristaux

4. Le noyau

Élément essentiel intracellulaire, en particulier parce qu'il contient la plupart du matériel génétique. Sa forme et sa taille sont variables, le plus souvent corrélées à celles de la cellule. Il est composé de plusieurs éléments qui participent à l'ensemble des fonctions de la cellule. L'ensemble des éléments est contenu au sein de la membrane nucléaire. Une cellule peut posséder plusieurs noyaux (les polynucléaires) ou aucun (les globules rouges).

Le noyau constitue le centre de l'activité de la cellule. Il est capable d'organiser la synthèse des protéines et la division cellulaire. Il est composé de quatre éléments principaux : la **membrane nucléaire** (lieu d'échanges nucléo-cytoplasmiques), le **nucléoplasme**, les **nucléoles** et la **chromatine**, qui contient le matériel génétique de l'organisme, soit 46 chromosomes composés d'ADN (acide désoxyribonucléique-ADN). C'est la chromatine qui s'individualisera en chromosomes au moment de la division cellulaire.

5. Génome

Information génétique qui contient l'information permettant de coder les autres composants.

6. Nucléole

Petit corps sphérique du noyau cellulaire des cellules eucaryote contenant les acides nucléiques (ARN) et des protéines et qui est le lieu de la synthèse de l'ARN ribosomale. 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.

7. Membrane plasmique

Elle entoure la cellule et la sépare du milieu extérieur. Elle assure à la fois sa protection et ses relations de communication et d'échange. Elle sert de barrière entre le milieu intra et extracellulaire, mais sa porosité permet le passage de substances, via des canaux et des récepteurs.

Elle est constituée de deux couches de lipides (des phospholipides, des glycolipides et du cholestérol) dans lesquelles sont incrustées des molécules protéiques et glucidiques.

Les phospholipides ont deux pôles : une tête (hydrophile) et une queue (hydrophobe), et des protéines (qui traversent les deux couches) constituent des canaux permettant la diffusion

membranaire. Ces particularités anatomiques permettent d'envisager les échanges transmembranaires par une perméabilité sélective. Le transport des substances au travers de la membrane peut se réaliser de manière passive (par diffusion simple) ou active (par utilisation d'énergie et d'un support protéique).

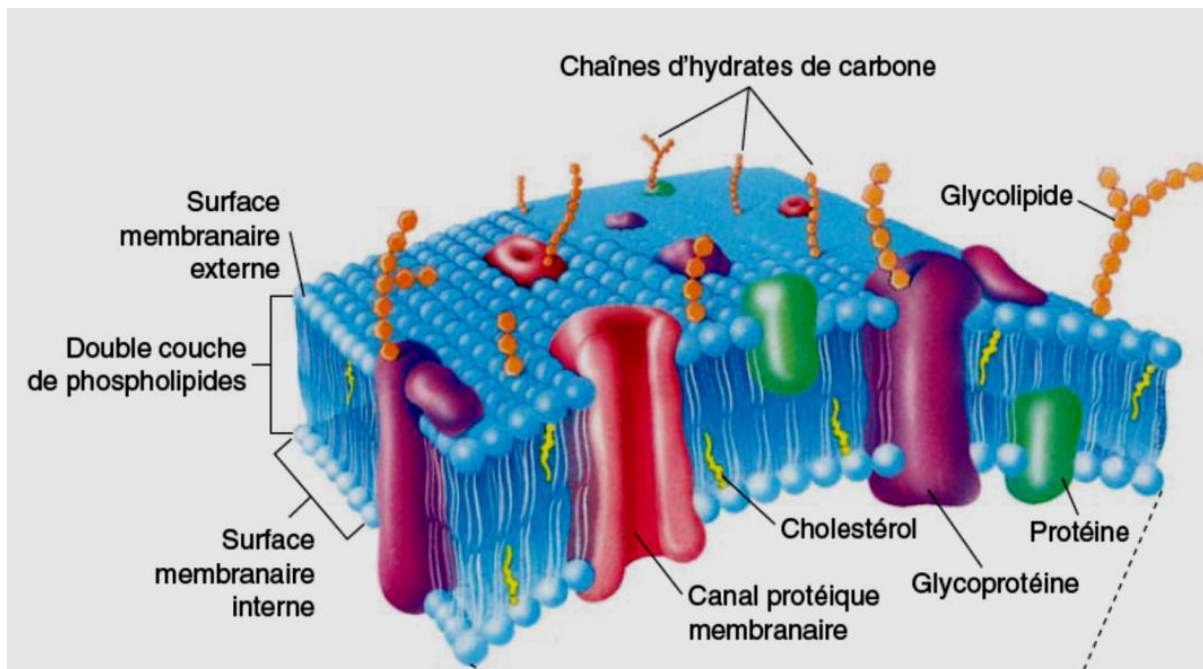


Fig.3. Représentation schématique d'une Structure de la membrane plasmique

8. Paroi cellulosique

Elle entoure toute cellule végétale elle est essentiellement composée de polysaccharides ; cellulose et pectine d'où l'appellation « paroi pecto-cellulosique ». La paroi est composée de trois parties (Fig. 3) : Paroi primaire : de nature pecto-cellulosique. Paroi secondaire : elle est constituée de cellulose et d'hémicellulose et est enrichie en composés phénoliques (lignine, subérine). Lamelle moyenne : c'est la partie la plus externe de la paroi elle est constituée de matières pectiques seulement.

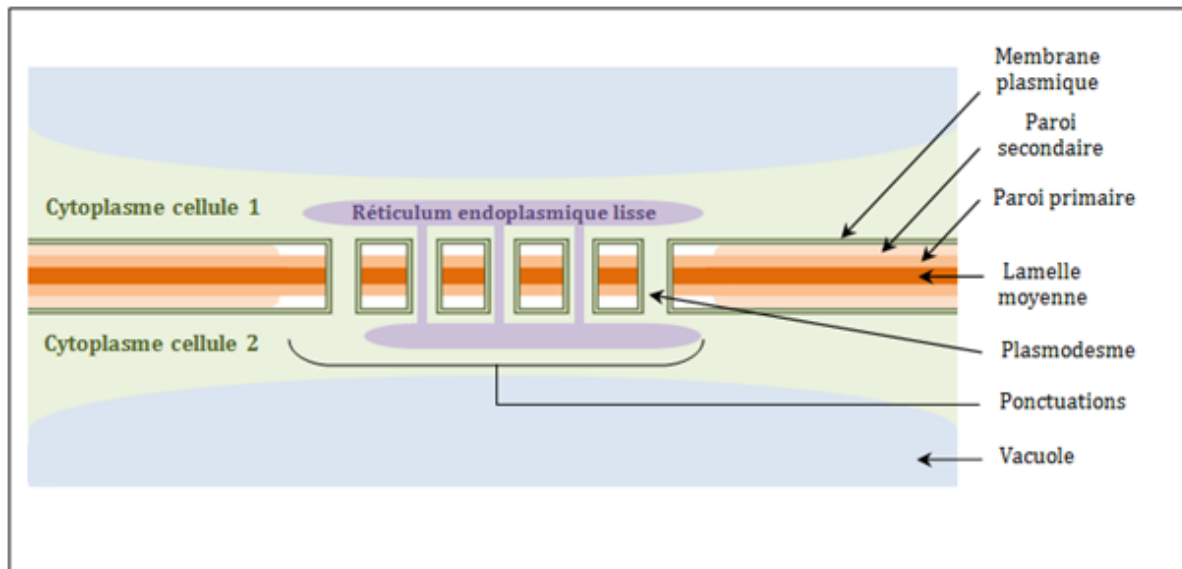


Fig. 3. Schéma simplifié de l'organisation structurale de la paroi végétale.

9. Le cytosquelette : Les cellules eucaryotes dépendent du cytosquelette qui leur fournit un support structural et la faculté de se déformer et de se déplacer. Le cytosquelette est composé de différents types de filaments protéiques dont des microtubules et des filaments d'actine et les filaments intermédiaires. Les microtubules et les filaments d'actine peuvent changer de longueur fréquemment et rapidement. Ils sont essentiels pour le mouvement des organites à l'intérieur de la cellule et pour le déplacement de la cellule entière.

10. Réticulum endoplasmique (RE)

Est une extension de la membrane du noyau. Nous distinguons le RE lisse (REL) et le RE granuleux (rugueux) (RER), en fonction de son apparence au microscope. Il est formé de feuilles 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.

11. Ribosomes

Les ribosomes constituent une partie principale de la machinerie biosynthétique de la cellule. Ces organites permettent la traduction de l'ARN en protéines.

12. Appareil de Golgi

Est un empilement de vésicules membranaires où s'opèrent la glycosylation (ajout de chaînes glucidiques complexes) et l'encapsulation des protéines sécrétées.

13. Mitochondries

Elles 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. Cette énergie est indispensable aux réactions métaboliques.

14. Chloroplastes

Ces organites 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. . Ce processus s'appelle la photosynthèse, dont il résulte un dégagement d'O₂. Ils contiennent également de l'ADN.

15. Lysosomes et peroxysomes

Organites intracellulaires qui renferment des enzymes hydrolytiques, ils sont responsables de la lyse cellulaire c'est à dire la dissolution d'éléments organiques (tissus, cellules, microorganismes) sous l'action d'agents physiques, chimiques ou enzymatiques.

***Les lysosomes :** sorte de vésicules, les lysosomes contiennent des enzymes chargés d'assurer l'élimination des éléments internes du cytoplasme qui ne sont plus fonctionnels ainsi que la dégradation des substances qui ont envahi ou ont été digérés par la cellule (comme les bactéries, par exemple)

16. Vacuoles

Les vacuoles sortes de réservoir pour des substances de réserve dont pourrait avoir besoin la cellule (la graisse, par exemple), elles servent aussi à stocker les déchets produits.

Enclaves inertes, parfois limitées par une membrane, présentes à l'état physiologique ou pathologique dans le cytoplasme d'une cellule ou d'un organisme unicellulaire (bactérie) et pouvant contenir des substances diverses.

17. Centrioles

De nombreuses cellules animales comportent à un de leurs pôles une paire de centrioles. Ce sont des corpuscules cylindriques formés de tubules groupés par trois. Généralement situés près du noyau, ils jouent un rôle essentiel lors de la division cellulaire. Ainsi ils forment les pôles qui permettent la division cellulaire ; en général absents chez les plantes.

18. Ribosomes

Ils assurent la synthèse des protéines cellulaires à partir des acides aminés et de l'acide ribonucléique (ARN)