

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ibn Khaldoun Tiaret



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Cours de Biologie cellulaire

1^{ère} Année Science de la Nature et de la vie

Présentée par

Mme Bousmaha Fatma

Maitre de Conférences « A »

Etablissement de Rattachement : Université Ibn Khaldoun Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Tables des matières

I)Generalites	01
1. La cellule	01
2.Classification et importance relative des règnes.....	01
2.1 Classification scientifique des espèces ou systématique.....	01
2.1.1 Les Taxons	01
2.1.2 Les Rangs	01
2.2 Classification phylogénétique	01
3. Théorie cellulaire.....	02
3.1 Evolution de la théorie	02
4. La cellule	03
4.1 Les cellules procaryotes	03
4.2 Les cellules eucaryotes.....	03
II) Méthodes d'étude de la cellule.....	05
1. Méthodes et techniques d'observations des cellules	05
1.1.1Microscopes optiques	05
1.1.2Microscopes électroniques	05
1.1.3 Principe de fonctionnement des microscopes	05
2.Techniques de préparation des échantillons.....	06
3. Techniques d'étude de la cellule	06
3.1 Méthode cyto enzymologique	06
3.2 Méthode immunocytochimique.....	06
3.3 Méthode cytochimique	07
III) Organitescellulaire	08
1) La Membrane plasmique.....	08
1.1 Aspect ultra structural	08
1.2 Composition chimique	08
1.2.1 Les lipides	09
1.2.2 Les Protéines	09
1.2.3 LesGlucides.....	09
1.3 propriétés physico-chimiques.....	09
Architecture Moléculaire	09
2) La Perméabilité cellulaire	10
2.1 Transports perméatifs	10
2.1.1 Transports perméatifs Passifs	10
2.1.2 Transports perméatifs Actifs	10
2.2 Transports Cytotiques : au cours de ces transports	11
2.2.1 L'endocytose	11
2.2.2 endocytose non spécifique	11
2.3 L'endocytose spécifique.....	11
2.3 L'exocytose	11
3. Notion de Matrice extra cellulaire.....	11
3) Le Noyau interphasique , Chromosome.....	13

3.1 Introduction	13
3.2 Morphologie.....	13
3.3 Enveloppe nucléaire.....	13
3.4 Rôle de L'enveloppe nucléaire.....	13
3.5 Nucléoplasme.....	13
3.6 Matrice nucléaire.....	13
3.7 Nucléole.....	13
3.8 Chromosome	14
3.9 chromatine.....	14
4) Le réticulum endoplasmique.....	14
4.1 Introduction	16
4.2 Morphologie	16
4.3 Le réticulum endoplasmique rugueux (RER).....	16
4.4 Le réticulum endoplasmique lisse (REL).....	16
5) Appareil de Golgi.....	18
5.1 Introduction	18
5.2 Morphologie	18
5.3 Rôle	18
6) Centrosome	21
6.1 Introduction	21
6.2 Morphologie.....	21
6.3 Fonction	21
6.4 Genèse du centrosome.....	21
7) Ribosome	22
7.1 Localisation	22
7.1.1 Ribosomes liés.....	22
7.1.2 Ribosomes libres	23
8) Synthèse protéique	23
8.1 La traduction	23
8.2 La transcription	23
9) Le cytosquelette et mobilité cellulaire	25
9.1 Rôle	25
9.2 Composition	25
10) Mitochondrie.....	26
10.1 Morphologie	26
10.2 Rôle	26
10.3 Biogénèse	26
11) Peroxysome.....	28
11.1 Introduction	28
11.2 Morphologie.....	28
11.2.1 La membrane.....	28
11.2.2 La matrice.....	28
11.3 Biogénèse	29
11.3.1 Bourgeonnement	29

11.3.2 Adressage	29
11.4 Rôles.....	29
12) Les chloroplastes.....	31
12.1Morphologie	31
12.2 Autres catégorie de plastes	31
12.3Origine.....	32
12.4 Rôle	32
13) Paroi végétale.....	33
13.1 Le squelette externe des cellules végétales	33
13.1.1Les substances permanentes.....	33
13.1.2 Substances d'incrustation.....	33
13.1.3 Substances d'adcrustation	34
13.2 Structure de la paroi végétale	35

Liste des figures

Figure 01 : schéma d'une Cellule procaryote (Bactérie).....	03
Figure 02 : Schéma de l'organisation générale d'une cellule eucaryote.....	04
Figure 03 : schéma de l'ultra structure de la membrane plasmique.....	08
Figure 04 : Schéma des Transports perméatifs	10
Figure 05 : schéma de L'endocytose.....	11
Figure 06 : Schéma de la matrice extra cellulaire	12
Figure 07 : Schéma noyau inter phasique	14
Figure 08 Schéma chromosome	15
Figure 09 : Schéma du Réticulum endoplasmique rugueux et Lisse	17
Figure 10 : Schéma de L'appareil de Golgie.....	19
Figure 11 : schéma du Passage des vésicules de sécrétion par l'appareil de Golgie	20
Figure 12 : Schémas du Centrosome.....	21
Figure 13 : Schéma d'un ribosome	22
Figure 14 : Schéma de la traduction de L'ARNm.....	24
Figure 15 : Schéma du Cytosquelette.....	25
Figure 16 : Schéma de Mitochondrie	27
Figure 17 : photos qui montre l'immunofluorescences de peroxysomes (avec coloration de l'actine)	29
Figure 18 : Schéma de la structure du chloroplaste	32
Figure 19 : schéma de l'organisation structurale de la paroi végétale	35

D) GENERALITES

1. La Biologie cellulaire

C'est la science qui étudie la cellule comme l'unité morphologique la plus petite d'un organisme ou tissu. Dans cette cellule, on reconnaît un certain nombre d'éléments morphologiques, toujours les mêmes, présentant parfois quelques différences mineurs d'un type cellulaire à un autre mais conservant les caractéristiques fondamentales qui leurs sont propres. Ces constituants qui sont capable d'interagir, et capable de synthèses mais aussi de se dégradés.

2. Classification et importance relative des règnes

2.1 Classification scientifique des espèces ou systématique

La classification classique du monde du vivant issue de la classification du vivant établie par **Carl Von Linné** est basée sur les caractéristiques morphologique. Elle divise le monde vivant en deux types de catégories : les Taxons et les Rangs des Taxons.

2.1.1 Les Taxons

Sont les noms des groupes d'espèces formés par la classification (Primates, Vertébrés, etc).

2.1.2 Les Rangs

Les rangs du Taxon sont le niveau hiérarchique que chaque Taxon occupe dans la classification (Genre, Famille, Ordre, Classe, Règne).

Chaque taxon appartient à un rang et chaque rang fait partie d'un rang qui lui est supérieur. Il en résulte un emboîtement des taxons les uns à l'intérieur des autres mais aussi une hiérarchie des rangs.

2.2 Classification phylogénétique

C'est la classification actuelle, elle conserve le principe d'emboîtement des taxons et le critère de cette classification est toujours basé sur la comparaison des caractères.

Les deux différences majeurs, très importantes sont que ; les taxons ne sont plus rangés en une hiérarchie et les seuls caractères admis comme étant valables pour l'attribution des taxons sont uniquement ceux qui expriment les relations de parenté.

Linné en 1758 commença par diviser les êtres naturels en trois règnes :

- Un pour le monde minéral.
- Deux autres pour le monde vivant ; le règne Végétal et le règne Animal.

Le nombre de règne eut tendance ensuite à s'accroître ou fut et à mesure que les systématiciens prenaient conscience de la complexité du monde vivant. On ajouta ainsi le règne Fungi (champignons) et plus tard les règnes Protiste et Monomère (Procaryotes unicellulaires).

Actuellement six règnes divisent le monde vivant :

- Les Bactéries.
- Les Archées (procaryotes souvent extremophiles).
- Les Protistes (eucaryotes souvent unicellulaire).
- Les Fungi (champignons).
- Les Végétaux.
- Les Animaux.

Exemple : classification de l'être humain

Règne : Animal

Embranchement : Chordés

Classe : Mammifères

Ordre : primates.

Famille : Hominidés.

Genre : Homo.

Espèce : Homosapiens (homme moderne).

La classification en cinq règnes de **Whittaker (1969)**, a été ramenée à trois domaines, les premiers de la classification de l'ensemble du vivant :

➤ Les Archées : des organismes unicellulaires à structure procaryotes, ils possèdent une paroi cellulaire constituée de lipides spécifiques et sont souvent des extremophiles.

➤ Les Eubactéries : organisme unicellulaire à structure procaryotes, ils possèdent une paroi cellulaire constituée de peptidoglycane, ne possédant pas de vrai noyau.

➤ Les Eucaryotes : peuvent être uni ou multicellulaire, ils possèdent des mitochondries mais certains uni cellulaires n'ont pas.

3. Théorie cellulaire

L'élaboration de la théorie cellulaire telle que nous la connaissons est un processus qui a pris plusieurs siècles à sa découverte au XVII^e siècle, elle n'était même pas considérée comme unité de base du vivant. Ce sont les améliorations des techniques d'observation à plus petite échelle qui ont permis de mettre en place la théorie cellulaire telle que nous la connaissons qui stipule : **tout être vivant est composé d'une ou plusieurs cellule, et que toute cellule vient d'une cellule préexistante.**

3.1 Evolution de la théorie

Au cours du XVII^e siècle, **Robert Hooke** observe pour la première fois des cellules, mais le concept de cellule comme unité du vivant n'est pas défini, et le terme cellule est rapidement oublié.

Les améliorations apportées au microscope et aux techniques d'observation ont permis de faire des progrès considérables dans la connaissance du vivant et de ses constituants éléments **Antoni Van Leewenhoek** conçoit un appareil permettant de distinguer des détails de l'ordre du micromètre.

Deux savants allemands, **Mathias Jakob Schleiden** travaillant sur les végétaux, et **Théodor Schwann** travaillant sur des tissus animaux ; postulent en 1838 que tous les êtres vivants sont constituées de cellules, ils affirment que les cellules sont la seule unité de base du vivant : **c'est la première théorie cellulaire.**

Dans la théorie formulée par **Schwann**, la naissance des cellules s'effectue par génération spontanée à partir d'une matière non vivante. Ce n'est que 20 ans plus tard que 02 autres savants allemands, Robert Remale, neurologue et embryologiste et Rudolf Virchow, médecin ; énoncent la deuxième formulation de la théorie cellulaire.ils postule que :

Toute cellule vient d'une cellule préexistante (1858).

4. La cellule

C'est la plus petite unité capable de manifester les propriétés du vivant, elle synthétise l'ensemble, ou presque de ses constituants en utilisant les éléments du milieu extra cellulaire. Le terme cellule regroupe les cellules procaryotes et les cellules eucaryotes.

4.1 Les cellules procaryotes

Les cellules procaryotes ne possèdent pas de noyaux et possèdent un ADN circulaire ou linéaire, situé dans le cytoplasme et haploïde à l'état végétatif. De cette manière la réplication, la transcription et la traduction de l'ADN se fait directement dans le cytoplasme.

Les procaryotes n'ont pas de cloisonnement cytoplasmique et leurs membranes ne possèdent pas de stérols mais elles sont doublées d'une couche de peptidoglycane formant la paroi cellulaire. La substance fondamentale du cytoplasme est appelé le **cytosol** qui est rigide chez les procaryotes, avec une absence de flux (ni exocytose, ni endocytose). Les procaryotes ne possèdent ni organites ni cytosquelette.

Les cellules procaryotes sont divisées en deux types cellulaires :

1. Les **archéobactéries** qui prennent en compte les cellules méthanogènes, les cellules halophiles et les cellules thermoacidophiles. Les archéobactéries sont les premières à coloniser les roches nues car elles survivent avec le minimum de ressources.

2. Les **eubactéries** ou vraie-bactérie, sont les plus proches des bactéries actuelles (voir fig.01). Elles prennent en compte les bactéries contemporaines, les mycoplasmes et les cyanobactéries.

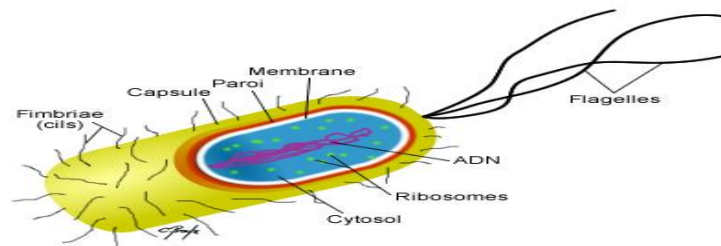


Figure 01 : schéma d'une Cellule procaryote (Bactérie)[6].

4.2 Les cellules eucaryotes

Les cellules eucaryotes contiennent un noyau, organe limité par une enveloppe renfermant le matériel génétique sous forme d'ADN. Les eucaryotes correspondent aux organismes multicellulaires (animaux, plantes, champignons) ainsi qu'à quelques eucaryotes unicellulaires.

a. Les Protozoaire : sont formés par une seule cellule eucaryote, libre souvent capable de se mouvoir (Amibe, Paramécie).

b. Les Métazoaire : sont des êtres pluricellulaires, constitués de cellules eucaryotes groupées en tissu (Épithélium).

Les virus : échappent à cette classification, vu qu'ils ne manifestent aucune activité vitale, lorsqu'ils sont isolés. Le virus ne renferme ni de cytoplasme, ni de noyau ; c'est un parasite obligatoire de la cellule.

Les eucaryotes monocellulaires correspondent aux **protistes** qui sont de deux types : animal les **protozoaires** et végétal les **protophytes**. Le modèle protistes est la levure ou *Saccharomyces Cerevisae* qui est un champignon à paroi cellulaire rigide qui absorbe des sucres pour sécréter de l'alcool et du CO₂.

Les cellules eucaryotes sont délimitées par une membrane (animaux) ou paroi (végétaux) et possèdent un noyau qui est l'organe contenant le génome de l'individu. Dans la cellule eucaryote il existe également des organites (voir fig. 02) qui font soit partie du système endo-membranaire, soit partie des organites clos (peroxysores, mitochondries et chloroplastes).

Le **système endo-membranaire** correspond à l'ensemble des saccules limités par des membranes simples en communication permanente les uns avec les autres, et avec la membrane plasmique grâce à des vésicules (réticulum endoplasmique, enveloppe nucléaire, appareils de Golgi, lysosomes et endosomes). Ils consomment tous de l'énergie.

Les **organites clos** sont les principaux transformateurs énergétiques de la cellule, ils permettent la formation d'énergie.

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.

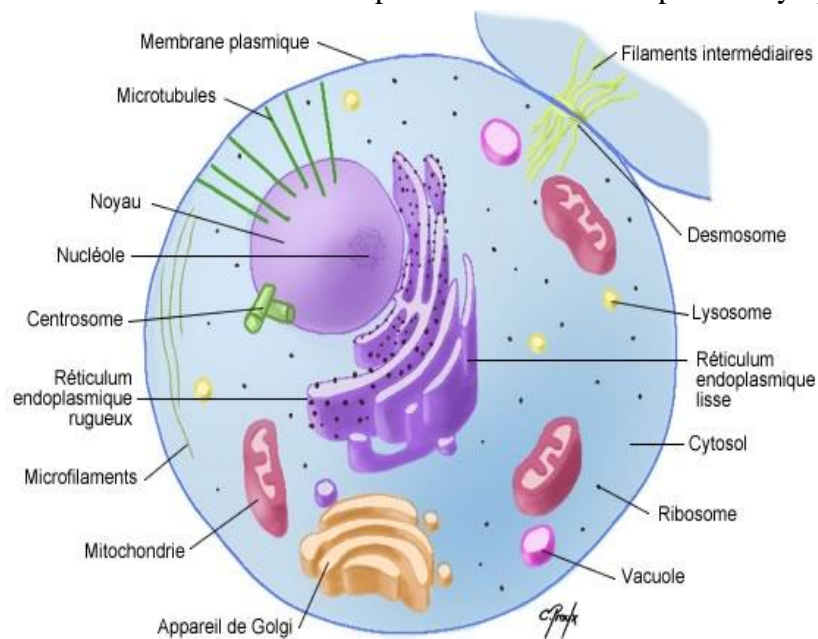


Figure 02 : Schéma de l'organisation générale d'une cellule eucaryote [7].

II) Méthodes d'étude de la cellule

1. Méthodes et techniques d'observations des cellules

Vue la petitesse extrême de la cellule et la résolution limitée de l'œil humain, l'étude de la structure de la cellule ne peut être réalisée qu'au moyen d'instruments optiques grossissants dont les microscopes. On distingue deux grands types de microscopes suivant leur résolution : les microscopes optiques et les microscopes électroniques.

1.1.1 Microscopes optiques

Les **microscopes optiques** (à lumière ou photoniques) permettent l'observation de cellules vivantes ou mortes, grâce à des coupes très fines de préparations fixées. Les microscopes optiques utilisent de la lumière visible et la qualité de l'image dépend du pouvoir séparateur qui donne la résolution du microscope limitée par la longueur d'onde de la radiation lumineuse. On obtient donc un grossissement $\times 1000$.

Pour les **microscopes optiques à fluorescence** la lumière reçue par l'œil ne traverse pas l'objet ; ici on utilise des molécules fluorescentes appelées des fluorochromes, qui sont utilisés comme colorant. La lumière excite les fluorochromes qui réémettent dans des plus grandes longueurs d'ondes c'est-à-dire dans des énergies plus basses.

Dans ce type de microscope on utilise des filtres qui permettent la formation d'une lumière monochromatique qui éclairera l'échantillon (*cf. cours de physique*). Les microscopes optiques à fluorescence nécessitent des cellules fixées, des coupes minces et entraînent malheureusement des superpositions d'images.

Les microscopes optiques à fluorescence sont souvent équipés de **microscopie confocale** qui remédie à la superposition d'images, en étudiant la cellule plan par plan.

1.1.2 Microscopes électroniques

Les **microscopes électroniques** utilisent des faisceaux d'électrons qui sont chargés, possèdent une masse et se comportent comme une onde. Plus les électrons sont accélérés plus les longueurs d'onde diminuent et plus la résolution augmente. Ces électrons possèdent des compartiments possédant un vide parfait afin de maintenir rectiligne les faisceaux d'électrons, et des lentilles électromagnétiques qui forment un condensateur. On obtient ici un grossissement $\times 100\ 000$. Les microscopes électroniques nécessitent la déshydratation de l'échantillon et donc la mort des cellules et du fait du faible pouvoir pénétrant des électrons les échantillons doivent être sous forme de coupes ultra fines et donc soumis à des inclusions.

La **microscopie électronique à balayage** consiste à balayer une préparation par un faisceau d'électrons, permettant la mise en évidence des reliefs de l'échantillon.

1.1.3 Principe de fonctionnement des microscopes

Deux types d'observation sont réalisables :

a) par Transmission

L'échantillon est traversé par des photons ; les lentilles de verre ou les lentilles électromagnétiques permettent l'observation d'une image qui est reprise par l'oculaire ou l'écran fluorescent.

b) par réflexion

Seuls les électrons émis par la surface de l'objet seront utilisés pour la formation de l'image sur l'écran.

2. Techniques de préparation des échantillons

Etudes des structures

Afin d'étudier des structures on utilise un certain nombre de techniques : préparation des coupes fines, coloration négative, ombrage métallique, cryodécapage.

La **préparation des coupes fines** se fait en plusieurs étapes :

1. La fixation se fait par le **formaldéhyde** et le **glutaraldéhyde**, qui sont des aldéhydes très réactifs. Malheureusement la fixation tue les cellules mais permet leur immobilisation et leur conservation.

2. La déshydratation permet l'élimination de l'eau en la remplaçant par des solvants de types **xylène** et **toluène**.

3. L'inclusion dans de la résine, cire ou paraffine, permet une solidification de l'échantillon, par leur polymérisation.

4. La formation des coupes ultrafines est réalisée par des **microtomes**.

5. La coloration des coupes se fait par différents types de colorants ou méthodes de mise en évidence :

Les **colorants métachromatiques** qui changent de couleur suivant la nature des structures colorées. On donnera comme exemple le **May-Grunwald-Giemsa (MGG)**, qui correspond à l'association d'éosine et de bleu de méthylène, permettant la coloration des frottis sanguins.

Les **colorants histochimiques** comme l'**acide périodique de Schiff** qui colore les polysaccharides et le noir soudan qui colore les lipides.

La **méthode histo-enzymatique** qui permet la formation d'un produit coloré par action d'une enzyme sur son substrat incolore.

6. Le montage rend la préparation observable.

La **coloration négative** permet de mettre en évidence le contour de petits objets, grâce à des projections de métaux lourds sur la préparation.

Les **ombrages métalliques** permettent d'accentuer les reliefs d'un objet en vaporisant sous vide une très fine couche métallique avec un certain angle d'incidence entraînant la formation d'ombre portée.

3. Techniques d'étude de la cellule

3.1 Méthode cyto enzymologique

C'est l'ensemble des techniques permettant de localiser in situ des réactions enzymologiques spécifiques, dans la mesure où l'on visualise l'existence de fonctions associées aux protéines, il est évident que celles-ci doivent être activés dans le matériel utilisé ou la plupart des traitements histologiques habituels, conduise à dénaturer et inactiver les protéines (fixation, inclusion). Il faut donc travailler sur du matériel vivant, ou sur du matériel traité par congélation, dans le quel les protéines restent intact.

3.2 Méthode immunocytochimique

Elle permet une localisation très précise des macromolécules, à l'échelle structurale ou ultra structurale. Cette méthode utilise comme outils les Anticorps, la spécificité de la reconnaissance étant basée sur la réaction immunitaire de formation des complexes Antigène-Anticorps.

3.3 Méthode cytochimique

Dans cette approche, la spécificité de la réponse colorée est liée à l'utilisation de méthodes et de réactions employées détruisant sélectivement le composé recherché. Dans le premier cas, on caractérise des groupements fonctionnels précis, pré existants où démasquée par un traitement approprié (les fonctions Alcool, Aldéhyde...), la spécificité de la détection peut donc ne pas tenir seulement au colorant mais au traitement préalable que l'on fait subir aux préparations. Dans le deuxième cas, ce n'est pas la coloration qui est spécifique, mais uniquement le traitement qui élimine le composé étudié.

III) Organites cellulaire

1) La Membrane plasmique

C'est la structure qui entoure la cellule, grâce à la complexité de sa structure elle peut accomplir de multiples fonctions, qui lui permettent d'inter agir avec le milieu environnant ainsi qu'avec d'autres cellules proches ou lointaines.

1.1 Aspect ultra structural

Après fixation au tétraoxyde d'osmium et contraste, l'observation au microscope électronique à transmission montre que la membrane plasmique est stratifiée formée de deux feuilletts denses et un feuillet clair. Deux feuilletts denses (osmophiles), l'un interne et l'autre externe, sont épais chacun de 20 à 25 Å⁰, le feuillet clair (osmophobe) est compris entre les feuilletts denses, il est épais de 30 à 40 Å⁰, ainsi l'épaisseur moyenne de la membrane est de 75 Å⁰, mais elle varie entre 70-100 Å⁰ selon les types cellulaires, cette structure est identique chez toutes les cellules animales et végétales.

L'aspect stratifié est retrouvé dans tous les systèmes membrane au sein d'une même cellule c'est pourquoi elle est appelée **membrane unitaire**, **membrane biologique** ou **cytomembrane** au niveau de la membrane plasmique, le feuillet dense externe apparait garni d'un mince film de matériel **glycoprotéique** dont les fibrilles sont disposées perpendiculairement au plan de la membrane, c'est le revêtement fibreux ou le **cell-coat** ou encore **leglycolalyx**.

Le feuillet dense interne porte du côté hyaloplasmique un feutrage micro filamentaire qui rend étroitement solidaire la membrane plasmique et le cytosquelette.

Le glycocalyx et le feutrage micro filamentaire sont responsables de l'asymétrie structurale de la membrane plasmique (voir fig.03).

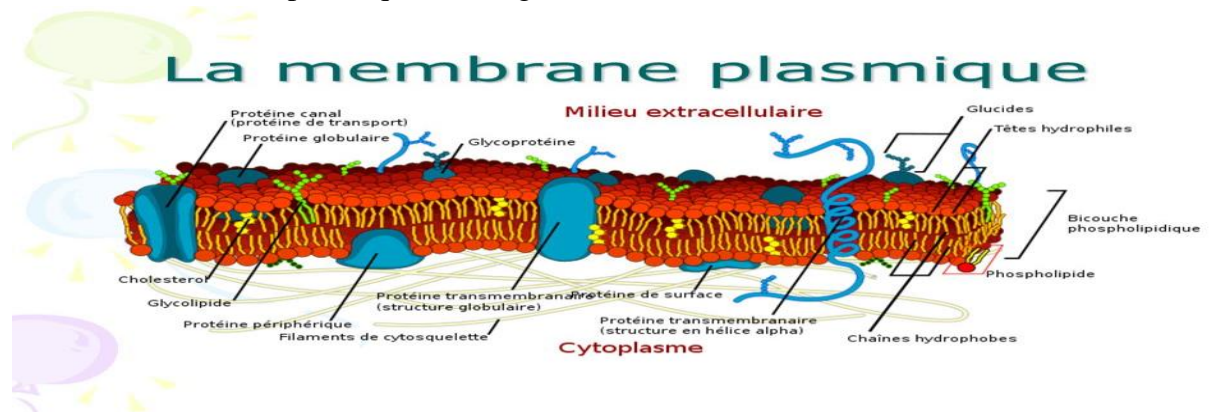


Figure 03 : schéma de l'ultra structure de la membrane plasmique [8].

1.2 Composition chimique

Après isolement d'une membrane de globule rouge humain, son analyse montre qu'il s'agit d'un assemblage de : 40% de lipides, de 52% de protéines, et de 8% de glucide.

1) **Les lipides** : se sont des molécules amphiphiles formées de tête polaire hydrophile et d'une queue apolaire hydrophobe, ils comprennent trois variétés:

a) **les phospholipides** : constituent 65% des lipides membranaire et disposés en bicouches, leur répartition est asymétrique dans la membrane : le phosphatidyle choline est du coté exoplasmique, le phosphatidylethanolamine et le phosphatidyle sérine sont du côté protoplasmique.

b) **le cholestérol** : constitue 25% des lipides membranaires présent dans les deux feuillets membranaires et peut basculer entre eux. C'est un lipide complexe formé d'un groupement hydroxyle polaire, de noyaux stéroïdes et d'une chaîne carbonée. Le cholestérol maintient la stabilité mécanique de la membrane, diminue sa fluidité et sa perméabilité aux petites molécules.

c) **les glycolipides** : constituent 18% des lipides membranaires, et leur quantité varie d'une espèce à une autre mais aussi d'un tissu à un autre dans une même espèce. Ils sont exclusivement présents du côté exoplasmique de la bicouche lipidique. C'est l'asymétrie structurale, ils sont formés de chaînes d'acides gras auxquelles se fixent des chaînes glycosylées.

2) Les Protéines

Elles possèdent une extrémité aminotermine ($-NH_2$) extracellulaire, une extrémité carboxyle ($-COOH$) intracellulaire et un corps hydrophobe. Selon leur disposition dans la membrane, on distingue :

a) **Les protéines périphériques** : elles possèdent 02 pôles hydrophiles et sont situées aussi bien du côté extracellulaire que du côté intracellulaire.

b) **Les protéines transmembranaires** : ces molécules présentent un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe ; elles traversent la bicouche lipidique.

c) **Les protéines intégrées** : elles présentent aussi un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe et traversent l'un ou l'autre des 02 monocouches lipidiques .

3) Les Glucides

Ils sont représentés par des chaînes glucidiques linéaires ou ramifiées attachées aux lipides et aux protéines membranaires uniquement du côté extracellulaire, ils forment un revêtement fibreux d'épaisseur variable : le cell-coat .

2. propriétés physico-chimiques

2.1 propriétés des Lipides

1-a) **propriété d'auto-assemblage** : à cause de leurs caractères amphiphiles, les phospholipides tendent à former spontanément des doubles couches en milieu aqueux.

1-b) **propriété d'auto-fermeture** : les doubles couches ont tendance à se refermer sur elles-mêmes pour former des micelles ou des liposomes.

1-c) **fluidité** : la technique de résonance magnétique nucléaire a montré que les lipides membranaires sont animés de mouvements permanents et rapides, ces mouvements sont de types : une diffusion latérale, une rotation, une flexion et bascule ou flip-flop.

2.2 **Propriétés des Protéines** : les protéines membranaires sont douées de mouvements lents par diffusion latérale dans la bicouche lipidique. Cette fluidité a été mise en évidence par plusieurs techniques dont l'expérience de FRAY & EDIDIN en 1970.

2.3 **Propriétés des Glucides** : les chaînes glucidiques attachées aux protéines et aux lipides participent à la charge négative de la membrane grâce à l'acide sialique.

3. Architecture Moléculaire

En étudiant les membranes artificielles, des compositions définies et plus simple que celle de la membrane plasmique, Singer et Nicholson ont proposés en 1972 un modèle d'architecture moléculaire définissant la membrane plasmique comme une **mosaïque fluide et Asymétrique**.

2) La Perméabilité cellulaire

La membrane représente une frontière qui sépare le cytoplasme du milieu extracellulaire et assure entre ces deux milieux un transport spécifique et sélectif de molécules variées, et de taille divers. Cette perméabilité peut se faire par deux processus :

a) Un Processus perméatif : qui se déroule à l'échelle moléculaire et ne déforme pas la membrane. Il concerne les molécules de faible poids et les ions.

b) Un processus cytotique : qui se déroule à l'échelle cellulaire et entraînent des déformations membranaire observables au microscope. Ce processus concerne les substances de poids moléculaire élevées ainsi que les bactéries (cas des macrophages).

2.1 Transports perméatifs : au cours de ces transports ;

- Les matériaux transportés passent directement du milieu extra cellulaire vers le hyaloplasme ou inversement.

- Ces matériaux ne sont jamais enfermés pendant leurs transports dans des compartiments appartenant au système endo membranaire.

- Ces transports se déroulent sans intervention de cytosquelette.

2.1.1 Transports perméatifs Passifs : se font sans consommation d'énergie et suivant le gradient de concentration, il regroupe :

a) La diffusion simple : est conditionnée par la taille des molécules, l'absence de charge électronique et le coefficient de partition correspondant au rapport entre le degré de liposolubilité et d'hydrosolubilité de la molécule à transportée. Elle concerne les molécules suivantes : gaz (O_2 , CO_2), alcools, urée et les anesthésique...

b) La diffusion facilitée : fait intervenir une glycoprotéine transmembranaire (perméase) ou un complexe formé de glycoprotéine (canal ionique).

2.1.2 Transports perméatifs Actifs : concernant essentiellement les échanges d'ions (Na^{++} , K^+ , $Cl...$). Ils se font contre le gradient de concentration afin de maintenir une différence de concentration de ces ions de part et d'autres de la membrane en consommant de l'énergie, cette dernière peut être fournie soit par hydrolyse de molécule d'ATP, soit par un gradient ionique essentiellement sodique (voir fig.04).

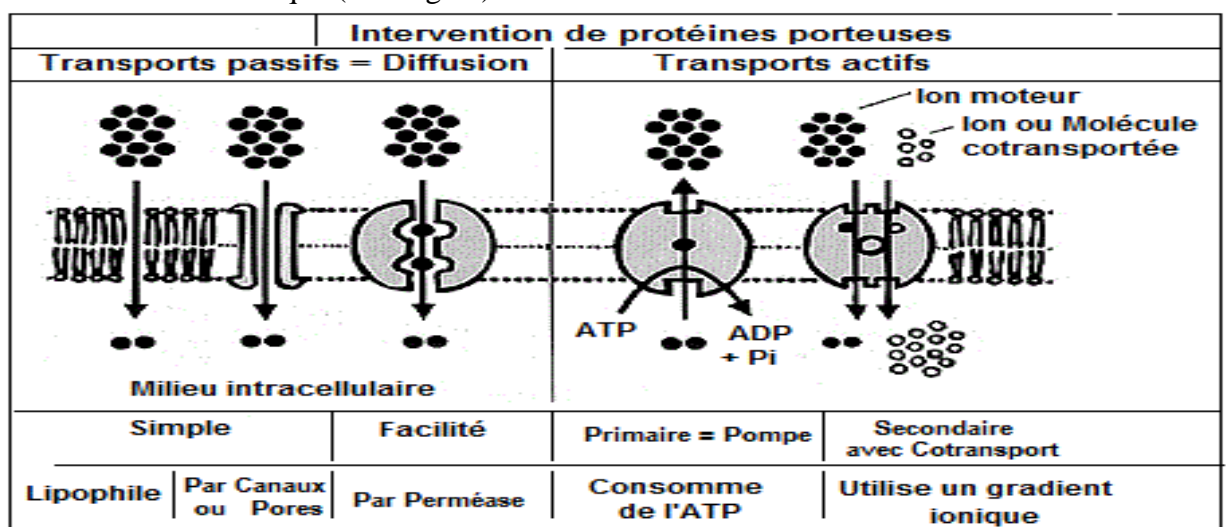


Figure 04 : Schéma des Transports perméatifs[9]

2.2 Transports Cytotiques : au cours de ces transports ;

- Les matériaux transportés sont contenus dans des compartiments (vésicules ou vacuoles) appartenant au système endo membranaire.
- Le déplacement de ces vésicules nécessitent l'intervention du cytosquelette et consomment de l'énergie.

Ils sont classés en deux groupes :

2.2.1 L'endocytose : grâce à ce phénomène la cellule retient une fraction du volume extra cellulaire à l'intérieur d'un compartiment membranaire intracellulaire(voir fig.05), on distingue ;

2.2.2 endocytose non spécifique : elle regroupe

a) **la pinocytose :** correspond à l'entrée d'un faible volume du milieu liquidien extra cellulaire et de particule de petites tailles ; on dit que la cellule boit.

b) **la phagocytose :** correspond à l'endocytose de particules volumineuses dans une vacuole (phagosome) .on dit que la cellule mange.

2.3 L'endocytose spécifique

- elle fait intervenir des récepteurs membranaires spécifiques.
- Elle est utilisée pour concentrer des molécules présentes en faible concentration dans le milieu extra cellulaire.
- Donne naissance à des vésicules.

L'exocytose : c'est le phénomène inverse de l'endocytose, il s'agit de

• L'exportation de matériaux synthétisés par la cellule et contenus dans les compartiments membranaire intra cellulaire.

• L'apport des constituants intrinsèques et des glycoprotéines extrinsèques de la membrane.

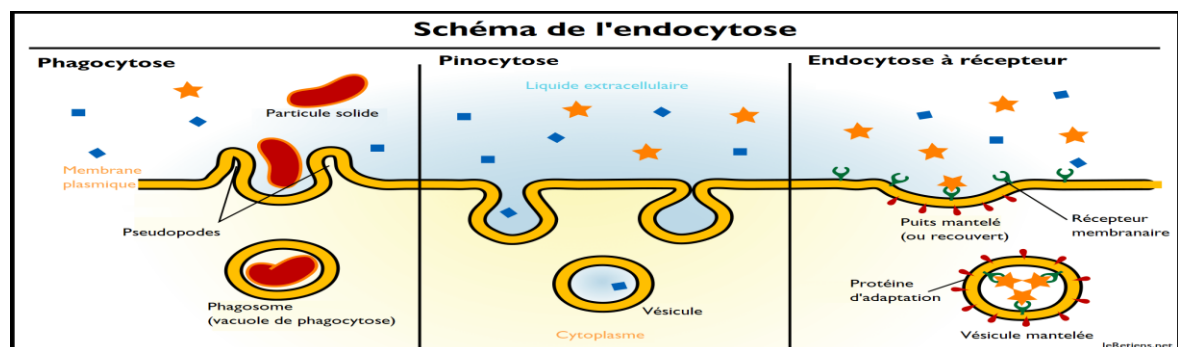


Figure 05 : schéma de L'endocytose [9].

3. Notion de Matrice extra cellulaire :

Elle correspond à un ensemble de molécules sécrétées localement par les cellules d'un tissu tel que le tissu conjonctif, tissu osseux..., elle forme la lame basale à la base d'un épithélium et des endothéliums où les molécules sont assemblées en un réseau hautement organisé(voir fig.06).

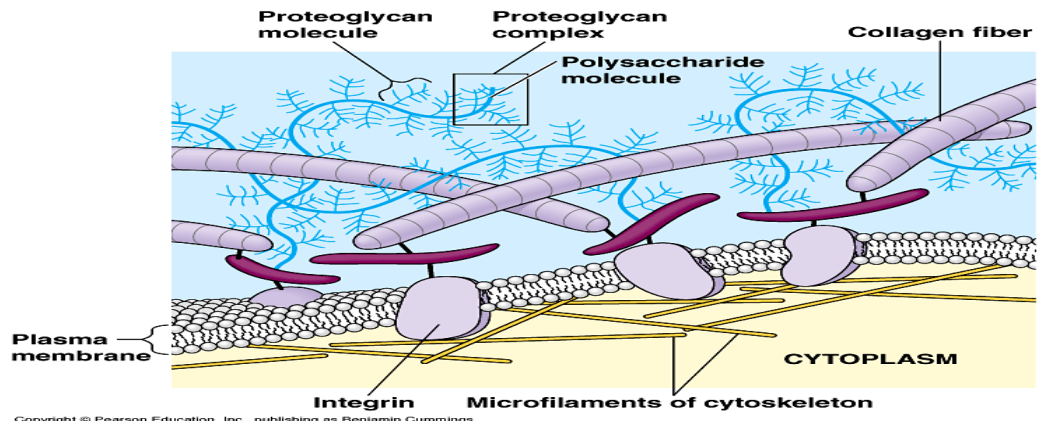


Figure n° 06 :Schéma de la matrice extra cellulaire[9]

3) Le Noyau interphasique / Chromosome

3.1 Introduction

Chez les organismes eucaryotes, le noyau est le compartiment cellulaire qui renferme le matériel génétique (ADN) de la cellule et contrôle l'ensemble de ses activités.

3.2 Morphologie

La position du noyau dans la cellule dépend de l'état embryonnaire où différenciée de la cellule et de l'importance des réserves élaborées ; ainsi il peut être central dans les cellules **embryonnaires**, basale dans les cellules **exocrines** et périphériques dans les **Adipocytes**.

La taille du noyau est comprise entre 10 et 20 micron, elle est fonction de la quantité de chromatine. Le volume nucléaire est fixe pour un même type cellulaire, mais varie d'un type à un autre. Ainsi on définit le Rapport Nucléo Plasmique (RNP) exprimé de la manière suivante : **$RNP = \text{Volume nucléaire} / \text{Volume cytoplasmique}$** .

Ce rapport est élevé dans les cellules souches et les cellules jeunes, il est faible dans les cellules différenciées adultes ; le RNP diminue au cours du vieillissement.

Le noyau est composé de l'extérieur à l'intérieur de :

3.3 Enveloppe nucléaire

C'est un ensemble de membrane qui sépare la chromatine du cytoplasme durant l'interphase et qui contrôle les échanges entre le noyau et le cytoplasme, les deux membranes sont séparées par un **espace péri nucléaire**.

✓ La membrane interne fait face au nucléoplasme tapissée intérieurement par la lamine.

✓ La membrane externe est garnie sur sa surface cytoplasmique de ribosomes et est en continuité avec le **réticulum endoplasmique rugueux**.

✓ L'enveloppe nucléaire est percée par des pores nucléaires, résultat de la fusion des deux membranes. Ce nombre varie de 3000 à 4000, et il est proportionnel à l'activité cellulaire.

✓ L'espace inter membranaire est un lieu de stockage de Ca^{++} .

3.4 Rôle de L'enveloppe nucléaire

Elle assure les mêmes fonctions que **Le réticulum endoplasmique** à savoir :

✓ La synthèse des protéines et l'initiation de la glycosylation des phospholipides et des protéines.

✓ La synthèse des hormones stéroïdes et du cholestérol.

✓ Le stockage de Ca^{++} et la détoxification.

✓ Intervient dans les échanges nucléo cytoplasmique grâce aux pores.

3.5 Nucléoplasme

Est le milieu où baignent la chromatine et le nucléole, il contient de l'eau, des ions, Na^{++} , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++}

3.6 Matrice nucléaire

Elle constitue le nucléosquelette, composé de protéine fibreuses de la famille des lamines, de filament intermédiaires et de protéines. La matrice nucléaire intervient lors de la mitose et au moment de la reconstitution du noyau.

3.7 Nucléole

C'est une masse sphérique, sa taille et morphologie varie en fonction de la synthèse protéique dans la cellule. Il est le lieu de synthèse des sous unités ribosomale

Le nucléole renferme des segments de chromosome porteurs de multiples copies de genes de synthèse de ribosomes, ainsi que une quantité considérable d'ARN et de protéines représentant des ribosomes à différentes étapes de leurs synthèses.

3.8 chromatine

C'est le support de l'information génétique, elle constitue la forme interphasique des chromosomes. La chromatine est le matériel génétique nucléaire constitué par les fibres nucléosomiques formées par ADN disposé en une double hélice et de protéines liées à l'ADN (les histones). En fonction du degré d'enroulement des fibres nucléosomiques, on distingue :

L'Hétérochromatine : qui est la forme condensée (fortement colorable).

L'Euchromatine : qui est la forme désenroulée (très faiblement colorable).

La chromatine est identique dans les noyaux appartenant au même type cellulaire, elle varie beaucoup d'un type cellulaire à un autre. Elle prend la forme de grosse motte (petit morceau), irrégulières, de mottes de petites dimensions, de granulations très fines, ou de réseau à mailles plus ou moins fines, dont certains points sont épaissis (voir fig. 07).

L'aspect de la chromatine varie non seulement avec la nature de la cellule à laquelle appartient le noyau, mais aussi avec son activité. Sa finesse exprime le degré d'activité de la cellule.

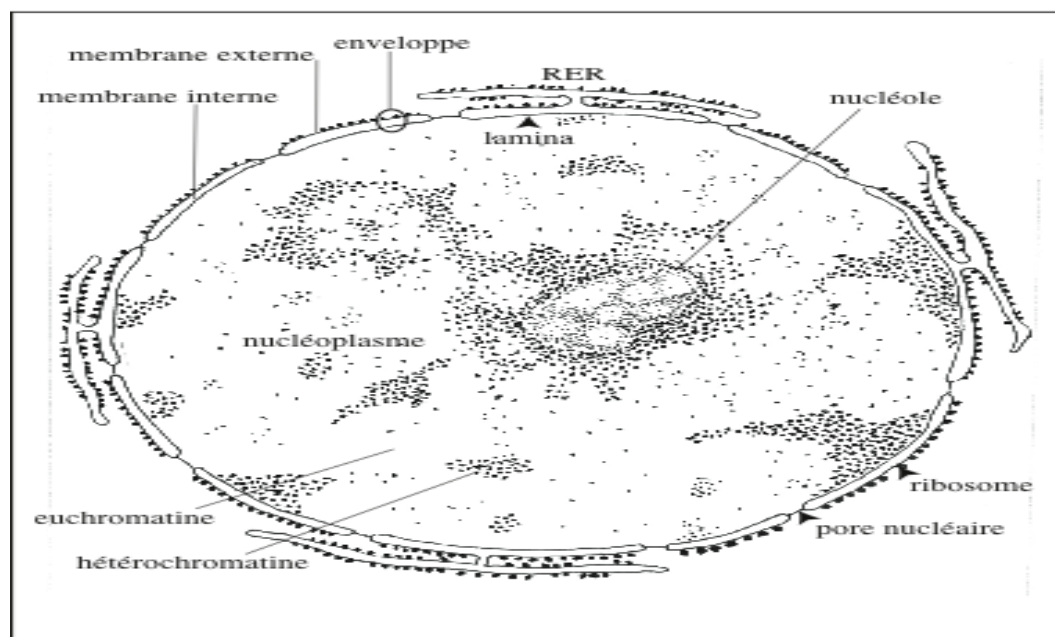


Figure 07 : Schéma noyau interphasique [10].

6.5 chromosome

Le chromosome des cellules eucaryotes est le support morphologique de l'information génétique, il est formé par une fibre nucléosomique non circulaire, dont le compactage varie au cours du cycle cellulaire. Chez les procaryotes, l'ADN a une forme circulaire (Bactérie, Levure...), ainsi que dans les mitochondries et les plastes. Le chromosome métaphasique est constitué de chromatides appariés et réunies au niveau d'une zone appelée zone de constriction dite primaire par l'intermédiaire de leur centromère (voir fig.08).

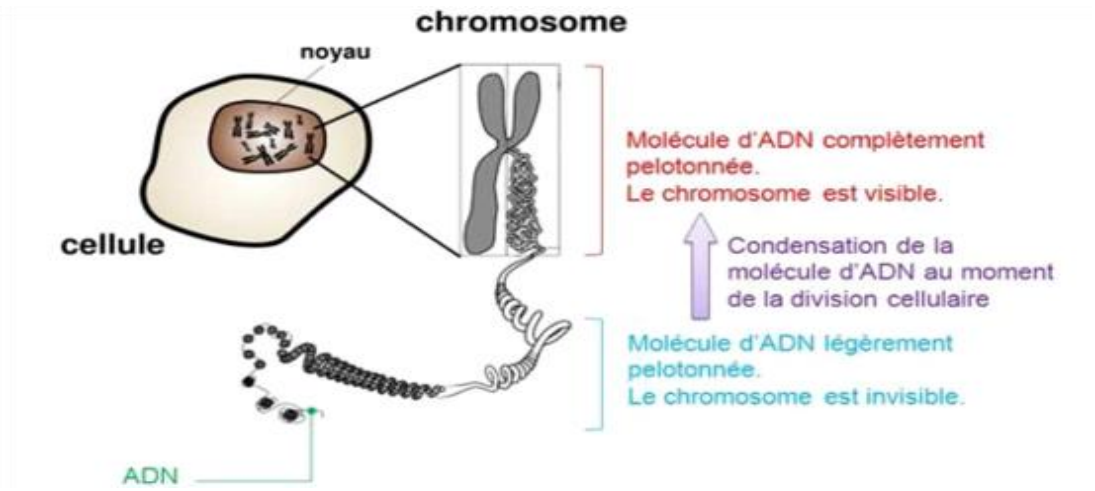


Figure 08 Schéma chromosome[6].

4) Le réticulum endoplasmique

4.1 Introduction

Le réticulum endoplasmique forme un labyrinthe membraneux si étendu qu'il représente plus de la moitié de toute la substance membraneuse dans beaucoup de cellules eucaryotes.

4.2 Morphologie

Il comprend un réseau de tubules et de sacs membraneux appelés **citernes**, la membrane du Le réticulum endoplasmique isole du cytosol le contenu des citernes, et comme elle est en continuité avec l'enveloppe nucléaire ; le contenu des citernes communique avec l'espace situé entre les deux membranes de l'enveloppe nucléaire.

Le réticulum endoplasmique se divise en deux régions, le réticulum endoplasmique rugueux et lisse qui sont en continuité (voir fig.09).

4.3 Le réticulum endoplasmique rugueux (RER)

Qui doit son aspect granulaire aux ribosomes qui parsèment la face cytoplasmique de sa membrane qui s'unit à la membrane externe de l'enveloppe nucléaire.

Fonction du réticulum endoplasmique rugueux

✓ Le réticulum endoplasmique rugueux produit des protéines que beaucoup de cellules spécialisées sécrètent ; lorsqu'un ribosome attaché au **RER** synthétise une chaîne polypeptidique celle-ci pénètre la membrane du **RER** par un pore, en entrant dans la citerne, la protéine se replie et prend sa configuration native, puis avec l'aide des enzymes enchâssées dans la membrane du **RER** elle s'unit à un petit poly saccharide par covalence pour devenir un glycoprotéine, comme la plus part des protéines sécrétés.

Les protéines de sécrétion quittent le **RER** emballées dans des vésicules de transition qui se détachent d'une région spécialisée appelée **réticulum endoplasmique de transition**.

✓ Le réticulum endoplasmique rugueux synthétise lui-même ses membranes, en jumelant des protéines et des phospho-glycérolipides.

4.4 Le réticulum endoplasmique lisse (REL)

Ne porte pas de ribosomes sur sa face cytoplasmique.

Fonction du réticulum endoplasmique lisse

- ✓ Le réticulum endoplasmique lisse participe à divers processus métaboliques, dont :
1. Synthèse des lipides.
 2. Le métabolisme des glucides
 3. La détoxification des médicaments, des drogues et des poisons.
 4. Les enzymes du **REL** jouent un rôle important dans la synthèse des graisses, des phosphoglycérolipides, des stéroïdes (les hormones sexuelles des vertébrés) et d'autres lipides.
 5. Toutes les cellules renferment des citernes spécialisées du **REL** servant au stockage du Ca^{++} .

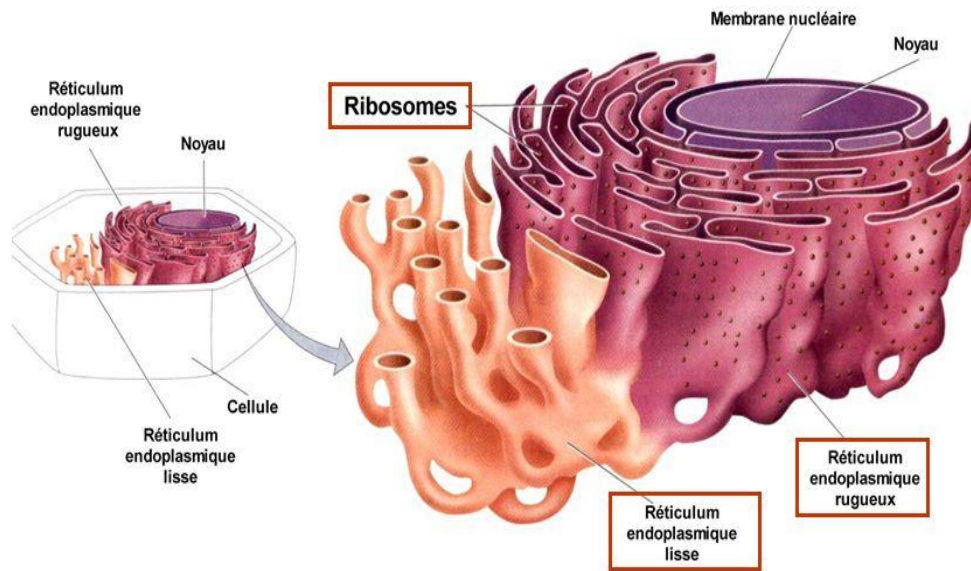


Figure 09 : Schéma du Réticulum endoplasmique rugueux et Lisse [11]

5) Appareil de Golgi

5.1 Introduction

Est un organe des cellules eucaryotes. Il est un lieu majeur de transfert et de tri des molécules. Il est composé de deux faces : la face **cis**, face d'entrée des protéines sécrétées par **Le réticulum endoplasmique** et la face **trans**, d'où bourgeonnent les vésicules en direction des lysosomes, du milieu extracellulaire ou de la membrane cytoplasmique.

5.2 Morphologie

L'appareil de Golgi est composé de saccules aplatis, il peut contenir plusieurs empilements reliés en réseau. Chacun des saccules s'entoure des membranes qui s'éparent son contenu du cytosol. Les vésicules de sécrétions concentrées au voisinage véhiculent des matières entre L'appareil de Golgi et d'autres structures cellulaires (voir fig.10 et 11).

L'appareil de Golgi présente généralement une nette polarité ; les membranes des saccules situées aux extrémités opposées d'un empilement n'ont ni la même épaisseur ni la même composition moléculaire. Il est particulièrement étendu dans les cellules spécialisées dans la sécrétion.

a. La face cis

Est habituellement convexe et située près du **réticulum endoplasmique**, elle reçoit ces vésicules de transition qui se sont détachées et qui incorporent leurs membranes et leurs contenus à la face cis en fusionnant avec la membrane du saccule.

b. face trans

Généralement concave et qui donne naissance à des vésicules de sécrétion qui s'acheminent vers d'autres sites.

5.3 Rôle

A leurs sorties du **RER** beaucoup de vésicules de transition se dirigent vers l'appareil de Golgi, on peut comparer cet appareil à un centre de fabrication, d'affinage, d'entreposage, de triage et d'expédition.

L'appareil de Golgi délogue certains monomères des polysaccharides et les remplace par d'autres, produisant des polysaccharides différents. En plus de ce travail il peut fabriquer lui-même certains macromolécules.

Les protéines et les phosphoglycérolipides des membranes forment. Ces vésicules peuvent également subir une transformation.

Il élabore et affine ses produits par étapes ; ces étapes correspondent aux différents saccules comprises entre la face cis et la face trans, qui renferment chacune des enzymes particuliers, et ce sont les vésicules qui s'occupent de faire passer les produits par les saccules successifs.

Les produits de sécrétion de l'appareil de Golgi, quittent la face trans dans la lumière des vésicules de sécrétion qui fusionnent ultérieurement avec la membrane plasmique.

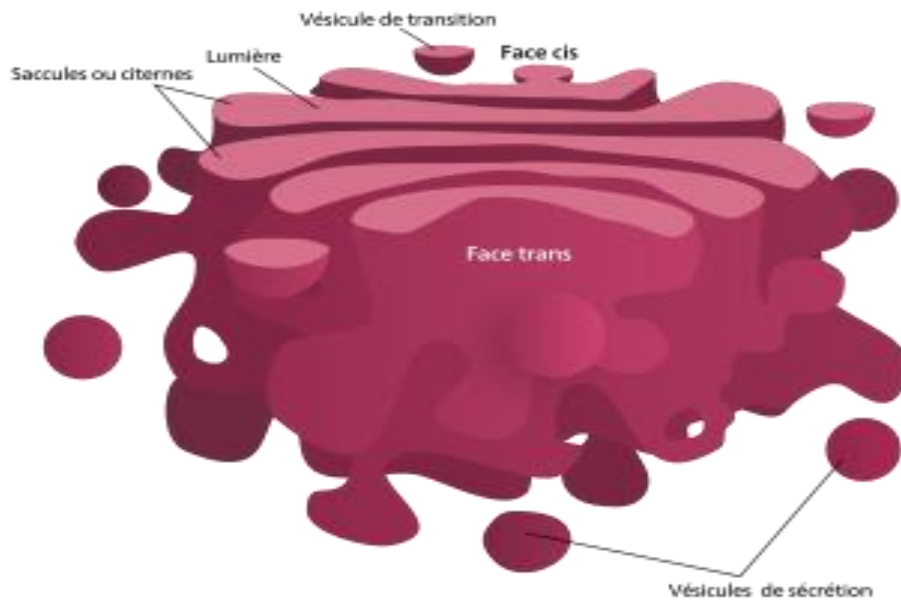


Figure 10 : Schéma de L'appareil de Golgi[12].

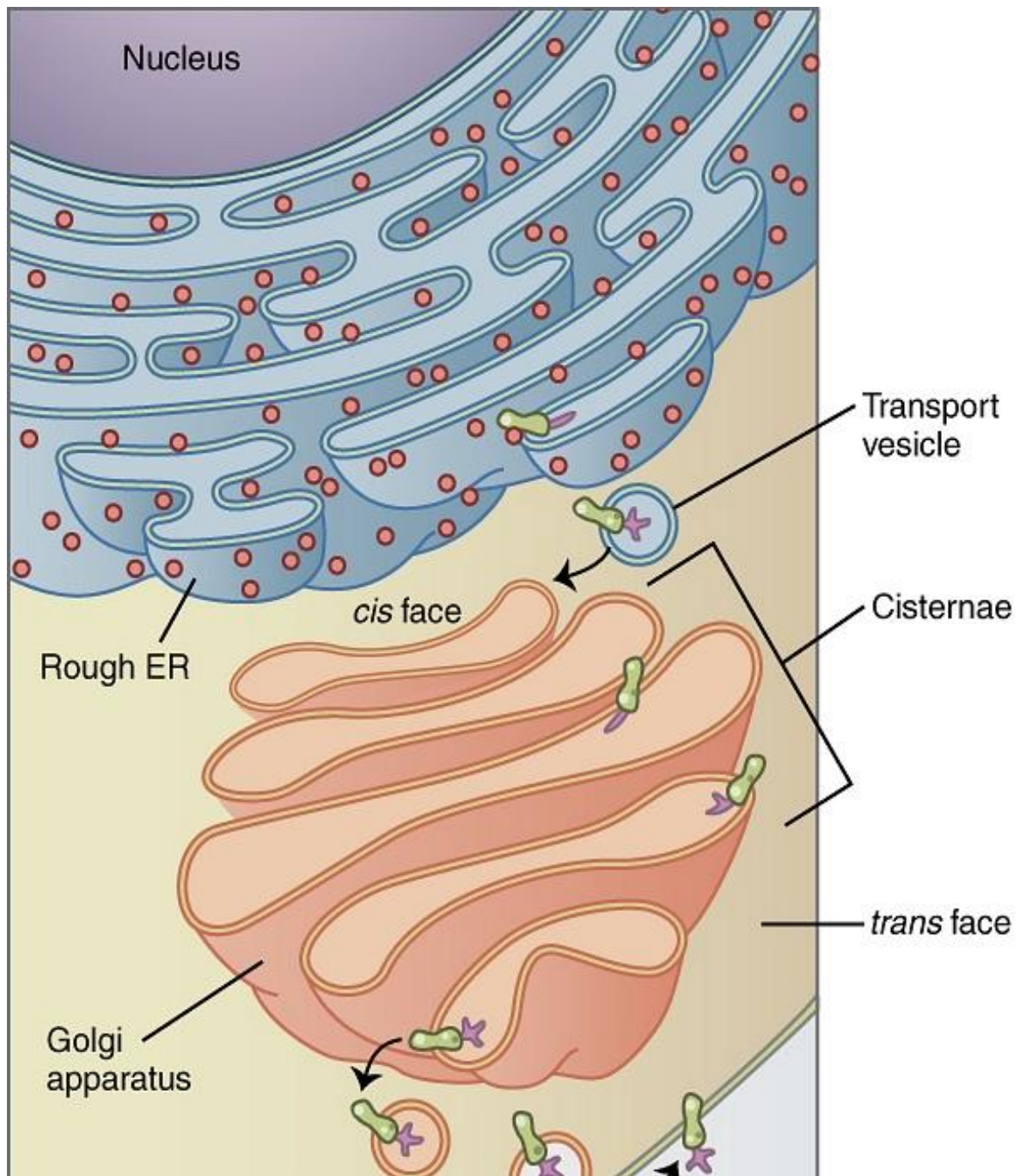


Figure 11 : schéma du Passage des vésicules de sécrétion par l'appareil de Golgi

6) Centrosome

6.1 Introduction

Le centrosome est un organite cytoplasmique présent dans les cellules animales. C'est une structure cellulaire située au voisinage du noyau, constituée de deux parties (centrioles) perpendiculaires entre elles.

6.2 Morphologie

C'est un organite cellulaire, d'environ 1 micron, qui n'est pas entouré d'une membrane, il se compose d'une paire de centrioles, intégrés dans un ensemble d'agrégats de protéine qui les entourent et qui est appelé **Matériaux péricentriolaire**. Composé de Tubuline et d'autres protéines spécifiques (voir fig.12).

Autour du centrosome, un ensemble de microtubules est formé, formant radialement un **Astre**.

Chez les vertébrés, les centrioles sont composés de neuf triplets de microtubules.

6.3 Fonction

1. nucléation et présence de microtubules.
2. Les microtubules déterminent la forme, la polarité et la motilité des cellules
3. Intervient dans la division cellulaire, il forme le fuseau mitotique nécessaire à la ségrégation de chromosomes entre les deux cellules filles.

6.4 Genèse du centrosome (origine)

La duplication du centrosome se produit de concert avec la duplication des chromosomes, le mécanisme n'est pas encore connu, cependant, chacun des deux centrioles parents doit développer un centre fille, ce qui conduit finalement à deux centrosomes complets.

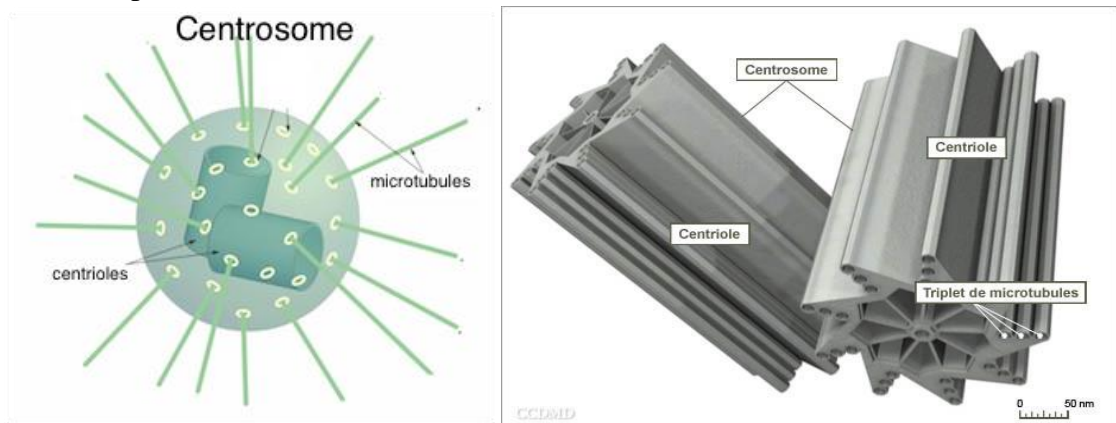


Figure12 : Schémas du Centrosome[5].

7) Ribosome

Les ribosomes sont des sites de synthèse protéique chez les procaryotes et les eucaryotes ; leur nombre varie en fonction du type cellulaire. Les ribosomes apparaissent au microscope électronique à transmission comme des particules denses formées de deux unités de taille inégale et de forme différente : une grosse et une petite (voir fig.13).

7.1 Localisation : ils peuvent être libres ou liés ;

7.2 Ribosomes libres

Dans le cytoplasme, logés entre les fibrilles du cytosquelette à l'état isolé, sous forme de sous-unités inactives. Ils peuvent former un polyribosome actif dans lequel 5 à 20 ribosomes se sont reliés par un ARN_m pour former un polyribosome. Les ribosomes peuvent être présents dans la matrice mitochondriale et celle des chloroplastes de la cellule végétale.

7.3 Ribosomes liés

Par leurs grosses sous-unités à la face cytosolique des membranes du réticulum endoplasmique granuleux ou celle de la membrane externe de l'enveloppe nucléaire.

7.4 Rôle

Les ribosomes participent à la protéosynthèse, cependant la destinée est différente et varie selon qu'il s'agit de protéines synthétisées par les polyribosomes libres ou liés.

- Les polyribosomes libres produisent :

Des protéines structurales et fonctionnelles, sédentaires comme les protéines du cytosquelette, les enzymes, et les protéines de la face cytosolique de la membrane plasmique et des membranes d'enveloppe.

Des protéines destinées à d'autres organites grâce à des signaux d'adressage spécifiques, tel structurelle du noyau.

- Les polyribosomes liés synthétisent des protéines essentiellement destinées à l'exportation.

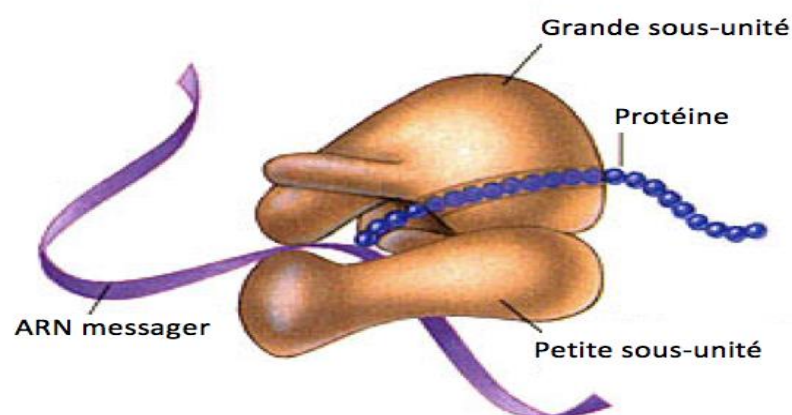


Figure 13 : Schéma d'un ribosome[13].

8) Synthèse protéique

L'instruction concernant la synthèse des protéines se trouvent dans l'ADN. Les cellules synthétisent des protéines en traduisant l'information génétique encodée dans l'ADN en protéines spécifiques.

8.1 La transcription

C'est le processus par lequel l'information génétique encodée dans l'ADN est copiée sur un brin d'ARN appelé ARN_m (messager) en utilisant comme modèle une partie précise de l'ADN (un gène) de la cellule.

La base cytosine(c) dans le modèle d'ADN dicte la base Guanine(G) dans le brin d'ARN

La base Guanine(G) dans le modèle d'ADN dicte base cytosine(c) dans le brin d'ARN

La base Thymine (T) dans le modèle d'ADN dicte la base Adénine(A) dans le brin d'ARN

Comme l'ARN_m contient de l'uracile(U) plutôt que Thymine une base (A) dans l'ADN dicte une base (U) dans l'ARN_m.

Donc une séquence de base de l'ADN: ATGCAT dicte sur l'ARN_m la séquence: UACGUA

Dans la molécule d'ARN_m, chaque groupe de 03 nucléotides consécutifs est appelé **codon** et est spécifique à un Acide Amine.

• En plus de servir de modèle de synthèse de l'ARN_m, l'ADN est à l'origine de la synthèse de deux autres types d'ARN :

L'ARN_r (ribosomal) : qui avec les protéines ribosomales constitue les ribosomes.

L'ARN_t (de transfert) : chaque **L'ARN_t** peut s'unir spécifiquement à l'un des 20 différents types d'acides aminés.

• Une fois synthétisés **L'ARN_r**, **L'ARN_t** et **L'ARN_m** quittent le noyau de la cellule dans le cytoplasme, ils participent dans la traduction.

• Une extrémité de **L'ARN_t** est couplée à un acide aminé particulier, et une autre partie de chaque **ARN_t** possède un groupe de trois nucléotides appelé **anticodon**.

8.2 La traduction

C'est le processus par lequel l'information dans la séquence des nucléotides de l'ARN_m détermine la séquence des Acides Aminés d'une protéine.

Les événements principaux qui surviennent au cours de la traduction sont les suivants :

1- Dans le cytoplasme la petite sous unité ribosomale s'unit à une extrémité de la molécule **ARN_m** nouvellement synthétisée et trouve le **codon de départ AUG** (methionine codon d'initiation) qui constitue la séquence où commence la traduction. La grosse sous unité ribosomale se joint alors à la petite sous unité.

2- Dans le cytoplasme, les **ARN_t** s'unissent aux acides aminés spécifiques et les conduisent aux ribosomes.

3- grâce à l'appariement des bases, l'anticodon de **ARN_t** reconnaît un codon complémentaire sur **L'ARN_m** et s'y attache.

4- lorsque le premier **ARN_t** s'attache à **L'ARN_m**, le ribosome se déplace exactement de 03 nucléotides le long de **ARN_m**, et l'**ARN_t** suivant, avec son acide aminé, se met en place.

5- quand un acide aminé s'attache à son **ARN_t**, l'ATP sert à former une liaison riche en énergie entre l'acide aminé et l'**ARN_t**. Cet acide aminé activé peut former une liaison peptidique avec un deuxième acide aminé si ce dernier est placé dans la position adéquate.

La grosse sous unité ribosomale contient les enzymes nécessaires à la formation de la liaison peptidique, à ce moment l'**ARN_t** se détache du premier acide aminé.

6- à mesure que les acides aminés appropriés sont alignés un par un, la protéine s'allonge progressivement. Lorsque cette dernière est complète, la synthèse se termine par un **codon d'arrêt** spécial (UAA, UAG, UGA).

La protéine assemblée est libérée du ribosome et celui-ci se décompose en ses différentes sous unités (voir fig.14).

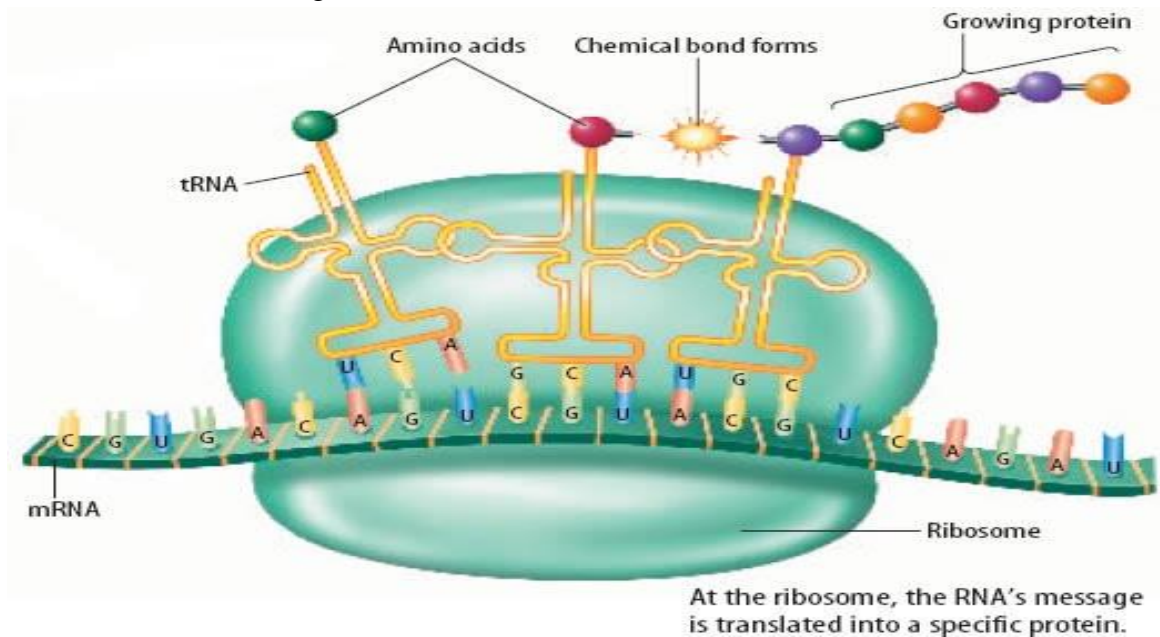


Figure 14 : Schéma de la traduction de L'ARNm[13].

9) Le cytosquelette et mobilité cellulaire

Le cytosquelette est formé d'un réseau interne complexe de protéine filamenteuse dans le cytoplasme. C'est à cet organite que dépendent la forme des cellules et l'aptitude à effectuer divers mouvements cellulaires coordonnés.

9.1 Rôle

Il est responsable du mouvement de la cellule entière, tel que : les phagocytes, ainsi que du mouvement des organites et des produits chimiques dans la cellule.

9.2 Composition

Il est composé par trois principaux types de filaments protéiques ;

- **Les microfilaments** : sont des structures en forme de bâtonnets de longueurs variées, formés à partir de la protéine appelée Actine, ces filaments d'actine qui procurent soutien et forme à la cellule, et contribuent dans le déplacement de cette dernière ainsi que au mouvement intra cellulaire (sécrétion, phagocytose, pinocytose).

- **Les microtubules** : sont plus gros que les filaments, ce sont plutôt des structures droites, élancées et cylindriques composées d'une protéine appelée Tubuline. Les microtubules forment la structure des flagelles, des cils, des centrioles et du fuseau mitotique.

Ensemble, les microfilaments et microtubules contribuent au soutien et à la forme des cellules, ces derniers déplacent divers organites et substances à travers le cytosol, ils contribuent aussi au mouvement des pseudopodes des phagocytes.

- **Les filaments intermédiaires** : leur taille se situe entre celle des filaments et celle des microtubules, ils sont particulièrement robustes. Un certain nombre de protéines forment ces filaments qui renforcent la structure interne des cellules, maintiennent en place les organites et se lient intimement aux microtubules afin de donner une forme à la cellule (voir fig.15).

Le cytosquelette

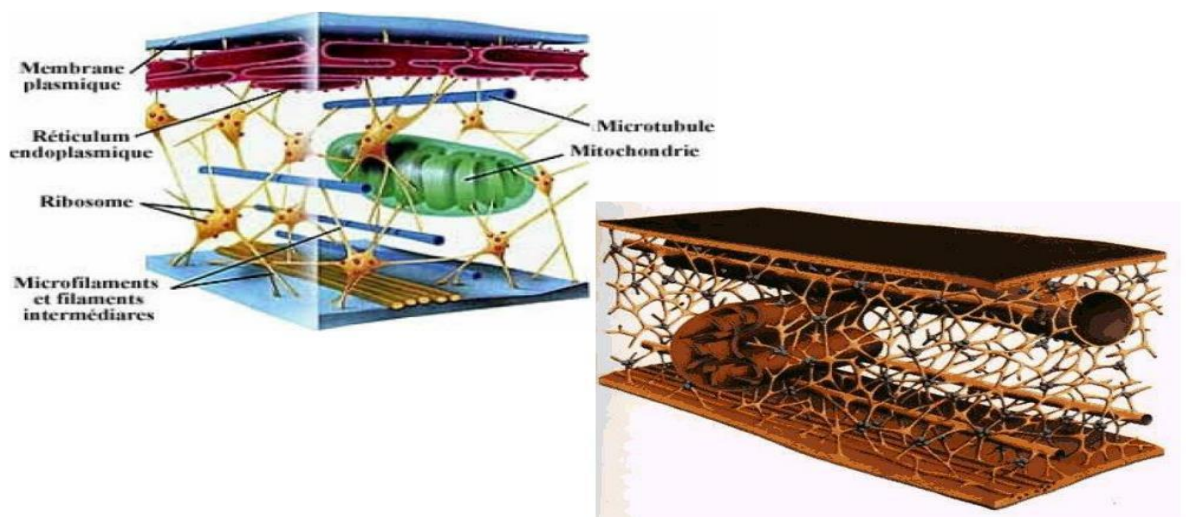


Figure 15 : Schéma du Cytosquelette [13].

10) Mitochondrie

C'est un organe clos des cellules eucaryotes aérobies, dont le rôle est la transformation énergétique cellulaire, en effet les mitochondries sont abondantes dans toutes les cellules qui réclament un apport d'énergie permanent, bien que soit limitée par une membrane, elle ne fait pas partie, du système endo membranaire, et possède son propre génome.

Les mitochondries présentent une grande variabilité dans leurs formes, on peut trouver une mitochondrie en forme de bâtonnets (cellule rénale) ou en forme de sphère.

10.1 Morphologie

Elle est formée d'une double membrane, délimitant deux compartiments : l'espace inter membranaire et la matrice mitochondriale.

- La membrane externe continue et tri stratifié.
- La membrane interne tri stratifié, et forme des replis vers l'intérieur, appelés crêtes mitochondriales.

- Le nombre de crêtes est corrélé à la demande de la cellule en ATP (les crêtes des cellules cardiaques sont plus nombreuses que celles des hépatocytes). on peut trouver des crêtes de forme : tubulaires, allongés ou lamellaires.

Les deux membranes présentent des zones d'accolement transitoire permettant des échanges entre l'hyaloplasme et la matrice.

- Matrice mitochondriale : apparaît comme une substance finement granulaire, elle renferme ;

Des mitoribosomes, caractérisés par une taille réduite et une sensibilité à certains antibiotiques.

ADN circulaire, organisé en double hélice présent en plusieurs copies.

Ce génome lui confère une autonomie partielle par rapport au génome nucléaire.

Des granules denses aux électrons riches en ions Ca^{++} et Mg^{++} .

- **Espace inter membranaire** : dont la structure se rapproche de celle du hyaloplasme (voir fig16).

10.2 Rôle

- A son niveau se déroule divers réactions biochimiques cataboliques qui libèrent d'importantes quantités d'énergie stockées sous forme d'ATP.

- Elle intervient avec le réticulum endoplasmique lisse dans la biosynthèse des phospholipides membranaires et des phospholipides d'exportations.

- Elle participe dans la synthèse du cholestérol.

- Les mitochondries jouent un rôle majeur dans le déclenchement et la régulation de la mort cellulaire qu'elle soit programmée ou accidentelle.

10.3 Biogénèse

Les mitochondries proviennent de la division des mitochondries préexistantes, cette division se fait de manière indépendante de la cellule mais sous le contrôle du noyau.

- **Par partition** : débute par la croissance d'une crête partagent la matrice en deux compartiment.

- **Par segmentation** : qui se fait par étranglement de l'organe.

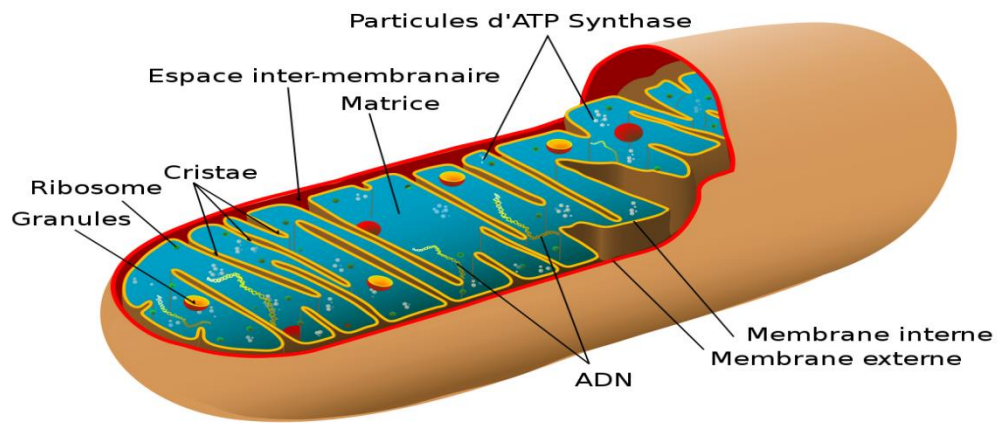


Figure 16 : Schéma de Mitochondrie[12].

11) Peroxysome

11.1 Introduction

Ce sont des vésicules qui sont ubiquitaires (au moins chez les eucaryotes), qui n'appartiennent pas au système endomembranaire à la différence des Mitochondries, du RE et des Lysosomes. Ce sont des structures qui sont entourés d'une membrane unique de type bicouche lipidique et qui ne possèdent ni gène, ni machinerie capable d'assurer la traduction et qui vont donc être obligés d'incorporer l'ensemble de leurs éléments dans le cytoplasme de la cellule.

11.2 Morphologie :

Les peroxysomes sont présents dans toutes les cellules eucaryotes. Ils sont constitués d'une membrane simple de type bicouche lipidique, permettant de former une matrice. Ils sont visibles uniquement en microscopie électronique (voir fig.17). A l'intérieur de cette matrice, il existe un noyau cristallin qui apparaît dense aux électrons. C'est ce noyau cristallin qui contient les enzymes oxydatives.

Ces Peroxysomes ont une structure ovalaire ou sphérique dont la taille varie de 0,2 à 0,5 µm en fonction de leur activité. Le nombre de peroxysomes par cellule va dépendre à la fois du type de la cellule, et dans une même cellule, va dépendre de l'activité de cette cellule. Deux tissus sont riches particulièrement en Peroxysomes : le système nerveux et le tissu hépatique. Dans les cellules hépatiques et rénales, ils ont un rôle de détoxification. Les hépatocytes pouvant contenir jusqu'à 1 000 Peroxysomes.

11.2.1 La membrane

La membrane est unique, à la différence des mitochondries. C'est une bicouche lipidique dont la composition est proche de celle du RE à la différence près que les protéines situées au niveau de la membrane ne sont pas glycosylées. Enchâssées dans la membrane, sont présentes de nombreuses protéines qui vont permettre d'assurer le fonctionnement des Peroxysomes, et aussi l'importation des différents composants vers le Peroxysome.

11.2.2 La matrice

Dans la matrice se trouve tout un groupe d'enzymes que l'on appelle des Oxydases qui vont être capables de dégrader des métabolites en consommant de l'oxygène. L'oxygène provient de la mitochondrie et diffuse à travers la membrane. Et ces Oxydases vont produire, outre la dégradation du métabolite, du peroxyde d'hydrogène H₂O₂.
Métabolite + O₂ -----> Résidu + H₂O₂

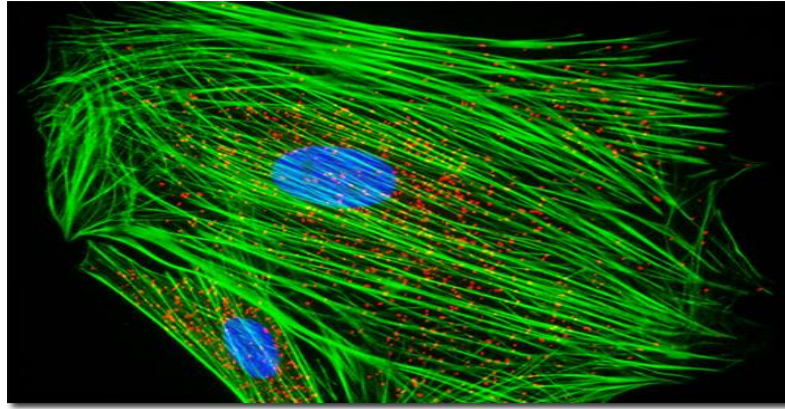


Figure 17 : Schéma de l'immunofluorescence de peroxysomes (avec coloration de l'actine)[12].

11.3 Biogénèse :

Les peroxysomes sont caractérisés par leur activité peroxydasique et catalasique.

11.3.1 Bourgeoisement :

Comme tous les éléments de la cellule, les Peroxysomes ne sont pas figés mais toujours en déplacement, en dégradation. La production de Peroxysome se fait par bourgeoisement. Bourgeoisement qui se fait à partir d'un Peroxysome pré-existant qui va avoir accumulé suffisamment de matériel pour donner naissance à un second Peroxysome. Et cette prolifération se fait en parallèle du cycle cellulaire.

Les Peroxysomes ne sont pas immobiles et se déplacent dans le cytoplasme en utilisant des microtubules. Ils sont en permanence renouvelés. Leur durée de vie varie suivant les cellules. Elle est de 3 à 5 jours pour les hépatocytes. Leur renouvellement se fait par autophagie, donc via le Lysosome. Et en moyenne, dans un hépatocyte, le stock de peroxysome est renouvelé tout les 5 jours. On a donc une durée de vie beaucoup plus courte que celle des mitochondries.

11.3.2 Adressage

Le Peroxysome ne possède pas de génome, et doit donc importer tout ses composants depuis le cytoplasme. Il existe donc, comme pour la mitochondrie, des séquences d'adressages vers ces Peroxysome.

11.4 Rôles

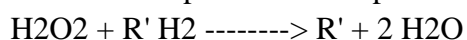
a. Utilisation et détoxification de l'oxygène moléculaire

Le peroxysome est peut être le vestige d'un organelle qui protégeait la cellule primitive des effets nocifs oxydants de l'oxygène ; son rôle est devenu moindre quand est apparue la mitochondrie qui utilise, elle aussi, l'oxygène mais qui a l'avantage de produire de l'énergie. Les peroxydases catalysent la formation d'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène.

$$R-H_2 + O_2 \longrightarrow R + H_2O_2$$

- L'eau oxygénée est très réactive; elle est utilisée par le polynucléaire pour détruire les bactéries.

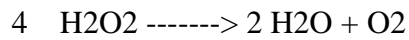
- H₂O₂ est utilisée par la catalase pour oxyder certaines substances toxiques:



- R' peut être un groupement phénol, de l'acide formique, du formaldéhyde ou un alcool.

- L'alcool éthylique est transformé dans le foie en acétaldéhyde qui est détruit par la catalase.

- La catalase détruit l'excès d' H₂O₂ produit dans la cellule :



b. Catabolisme de l'acide urique

Les purines (adénine, guanine) constituant des acides nucléiques sont catabolisées en acide urique. Chez la plupart des animaux, l'acide urique est dégradé par les peroxyosomes en allantoiné soluble dans les urines grâce à l'urate oxydase. Cette enzyme n'existe pas chez l'homme, l'acide urique produit en excès provoque la goutte, la lithiase urique ou les insuffisances rénales au cours de la chimiothérapie des leucémies. On utilise l'urate oxydase dans les circonstances aiguës pour lutter contre l'accumulation néfaste d'acide urique.

c. β -oxydation des acides gras à très longues chaînes

Les acides gras à très longues chaînes (C10 à C18, saturés et insaturés), quelques acides gras à longues chaînes. Combinés au coenzyme A La β -oxydation va conduire à la formation d'acétylCoA qui va traverser la membrane du peroxyosome et gagner la mitochondrie pour participer au cycle de Krebs. A noter que la mitochondrie n'oxyde que les acides gras à chaînes courtes, moyennes et la plupart des chaînes longues.

12) Les chloroplastes

Sont des organites spécifiques des végétaux chlorophylliens, ils représentent un transformateur énergétique capable de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique directement exploitable par la cellule. D'un point de vue cellulaire, leur fonctionnement présente de remarquables analogies avec celui des mitochondries.

12.1 Morphologie

Les chloroplastes ont la forme d'un disque lenticulaire de 2 à 3 μm de diamètre, ils sont nombreux dans chaque cellule où, pour certaines espèces, on peut en dénombrer plus de cent. Chez certaines algues vertes cependant, la cellule ne contient qu'un ou deux chloroplastes de formes très variées selon les espèces mais de très grande taille.

Les chloroplastes sont limités par 02 membranes séparées par un espace inter-membranaire, au cours du développement et de la différenciation des chloroplastes la membrane interne donne des replis en forme de vésicules aplaties en lamelles plus ou moins empilées : les **Thylakoides** ; ces replis sont caractérisés par la présence de nombreux pigments chlorophylliens.

Les zones d'empilement de thylakoides sont visibles au microscope optique sous forme de grains pigmentés d'où le nom de **Grana**. Au cours de la maturation du chloroplaste, les thylakoides semblent devenir indépendants de la membrane interne (voir fig.18).

a) **le stroma** : substance fondamentale qui baignent l'ensemble des thylakoides, et qui comporte de nombreux enzymes, en particulier la Rubisco qui peut présenter jusqu'à 40 à 50% des protéines solubles.

b) **Acides nucléique** : le chloroplaste contient toutes les classes d'acides nucléiques parmi eux ; ADN chloroplastique qui est de forme circulaire, qui existe en plusieurs copies, et qui est à l'origine d'une transcription et d'une traduction locale.

c) **Autres** : parmi les substances qui constituent les chloroplastes, les pigments dont : les **chlorophylles**, les plus abondantes et les pigments **caroténoïdes**, **xanthophylles** et **carotènes**.

Chez les Algues brunes et les Algues rouges, les chloroplastes sont bruns chez les premiers et rouge chez les seconds, ils contiennent, en effet en plus des pigments précédents un ou plusieurs pigments surnuméraires qui masquent la couleur verte des chlorophylles (le fucoxanthol, phycoérythrine et les phycocyanines).

12.2 Autres catégories de plastes

a. **Les leucoplastes** : c'est les plastes incolores, sphérique ou allongés, ils sont abondants dans les cellules sexuelles, d'embryon et les cellules incomplètement différenciées des racines, on les considère comme étant les formes juvéniles de plastes, d'amyloplastes en particulier.

b. **Les Amyloplastes** : ils agissent de plastes élaborant de l'amidon, totalement dépourvus de pigments et leur infrastructure est assez simple, qui présentent quelques lamelles et un dépôt d'amidon plus ou moins important au sein de la substance fondamentale.

c. **Les chloroplastes** : c'est des plastes colorés par des pigments soit jaunes (xanthophylles) soit orangés ou rouge (carotènes et la lycopène). On observe des chloroplastes dans les cellules épidermiques des pétales de certaines fleurs, dans le péricarpe de certains fruits et dans certaines racines comme celles des carottes.

d. Les protoplastes : peu fréquents, on les observe dans le sac embryonnaire de certaines espèces ou dans les cellules du parenchyme radiculaire de quelques orchidées. Des réserves protéiques sont accumulées dans la substance fondamentale de ces plastes sous forme de faisceaux serrés de fibrilles protéiques.

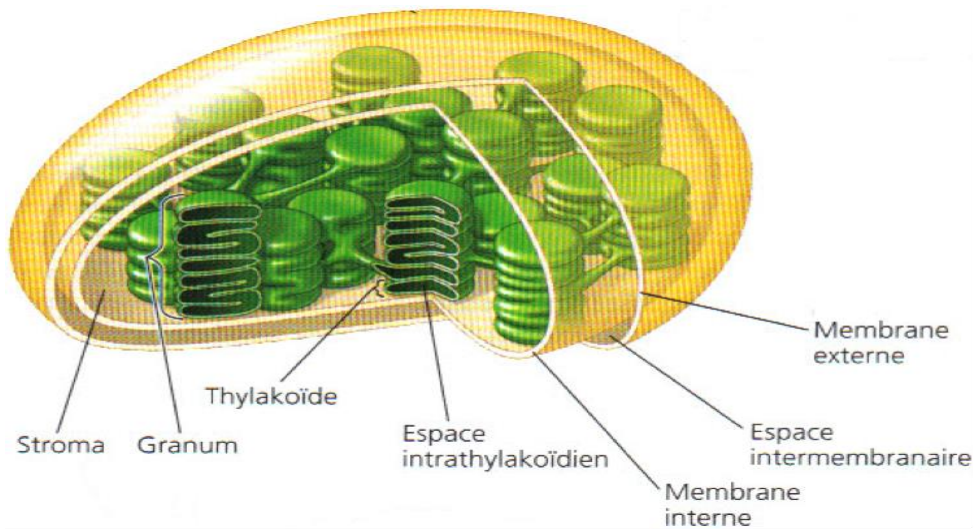


Figure 18 : Schéma de la structure du chloroplaste[15].

12.3 Origine

Les plastes, comme les mitochondries, sont des organites semi-autonomes qui ne peuvent se multiplier par bipartition qu'à l'intérieur d'une cellule avec laquelle ils réalisent de très nombreux échanges. De nombreux faits conduisent à penser que les plastes sont des organites Autoreproductibles, elles se perpétuent de cellule en cellule grâce à leurs propriétés de se diviser.

13.2 Rôle

Les chloroplastes assurent la photosynthèse, ce processus peut être décomposé en 02 phases :

- Phase photochimique ; qui permet la photolyse de l'eau avec dégagement d'oxygène, synthèse d'ATP et réduction de NaDp^+ en $\text{NaDpH} + \text{H}^+$.
- Phase chimique ; qui dépend des produits de la phase photochimique, cette phase permet l'assimilation du CO_2 sous forme de Glucide.

13) Paroi végétale

La paroi cellulaire est l'une des particularités de la cellule végétale. Cette paroi leur permet d'acquérir une certaine rigidité essentielle au maintien d'une forte pression osmotique intracellulaire, elle-même indispensable au port de la plante.

13.1 Le squelette externe des cellules végétales

13.1.1 Les substances permanentes

Ces intervenants sont synthétisés dans le cytoplasme et excrétés à l'extérieur de la cellule, où ils formeront la paroi. Parmi eux on compte la cellulose, les autres sucres non celluloseux de la paroi, les hémicelluloses, les pectines et la lignine.

a. La cellulose

La cellulose est une macromolécule caractéristique du règne végétal. C'est un **polysaccharide homogène** (constitué d'un seul type de monomère). C'est des macromolécules prennent une forme de longues chaînes tendues qui s'associent les unes avec les autres par des liaisons hydrogènes pour former des paquets de microfibrilles. La polymérisation libre ainsi des molécules d'eau. La polymérisation enzymatique et l'agrégation par auto-assemblage sont réalisées au niveau d'un complexe enzymatique en forme de **rosette**, présent au niveau de la face externe de la membrane plasmique.

Les propriétés de la cellulose dépendent de la taille du polymère, qui dépend de l'âge de la cellule. En effet plus la cellule vieillit plus le polymère sera important.

b. Les hémicelluloses

Les hémicelluloses (ou **cellulosanes**) sont des **polymères hétérogènes** facilement dégradées par biodégradation via les hémicellulases et peuvent constituer des formes de réserve. Ce sont des substances matricielles qui servent de liaison entre les microfibrilles de cellulose.

Les hémicelluloses sont de différents types suivant s'ils rentrent dans la constitution des membranes primaire ou secondaire et selon le type de plantes considérées. Au niveau de la membrane primaire on trouve les **xyloglucanes** qui jouent un rôle de cohésion entre la cellulose et les constituants ramifiés de la paroi, et au niveau de la paroi secondaire on trouve les **xylanes** et les **glucomannanes**.

c. Les pectines

Les pectines sont des **polysaccharides hétérogènes** acides, dont les monomères de bases sont les **galacturonates** qui forment des chaînes assemblées en angle droit par des molécules de **rhamnose**. Des chaînes latérales peuvent ensuite être ajoutées à la structure de base.

Les différentes chaînes de galacturonates sont reliées via les ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} formant une structure en feuillet.

Ce sont des molécules colloïdales qui ont un rôle de ciment intercellulaire, principalement localisées au niveau de la lamelle moyenne.

13.1.2 Substances d'incrustation

Les substances d'incrustations sont des substances autres que cellulose qui se déposent dans la trame cellulosique, c'est-à-dire entre les microfibrilles de cellulose, en remplaçant les substances matricielles, aussi bien dans la paroi primaire que secondaire.

Les substances d'incrustations peuvent permettre une lignification, une minéralisation, ou bien même une gélification.

a. Lignification par les lignines

La lignification correspond à un dépôt de lignines plus particulièrement dans la **lamelle secondaire**, mais également dans la **paroi primaire** et **secondaire** et effectuent à ce niveau là des soudures irréversibles entre les cellules. En effet les liaisons sont non hydrolysables par la plante elle-même.

Elles sont présentes au niveau de certains tissus particuliers de la plante et renforcent ainsi leur **rigidité** et leur **résistance mécanique à la compression**, pour permettre la formation d'arbre. Les lignines sont des **molécules hydrophobes** qui restent **mouillable** mais qui sont **imperméable à l'eau**. Les cellules lignifiées sont destinées à mourir.

La lignine est indispensable à la formation des vaisseaux et ainsi au transport de l'eau dans les végétaux supérieurs.

b. Minéralisation

La minéralisation correspond à un dépôt de **silice** (SiO_2) ou alors à un dépôt de **calcaire** (carbonate de calcium, CaCO_3) au niveau de tissus spécifiques de la plante.

c. Gélification par des gommes et des mucilages

La gélification correspond à une hypertrophie de la lamelle moyenne, par des gommes ou des mucilages. Ce sont des macromolécules **hydrophiles colloïdales**, c'est-à-dire qu'elles peuvent passer en solution dans l'eau sans être ionisées, et ceci en restant en suspension dans la solution. Elles ont la propriété de gonfler au contact de l'eau et de former des masses gélatineuses.

Ils ont un rôle de lien entre les microfibrilles de cellulose, de ciment entre les cellules et de réserve glucidique.

13.1.3 Substances d'adcrustation

Les substances d'adcrustation sont des substances déposées à l'extérieur de la membrane. Elle forme une couche sur la paroi secondaire qui peut disparaître. Cette couche est imperméable, empêchant tout échange de gaz et d'eau.

a. La cutine

La cutine se dépose sur l'**épiderme**, formant un film protecteur, appelé la **cuticule**. Elle possède une structure en maillage tridimensionnel qui procure à la molécule une insolubilité dans les solvants hydrophobes, et ceci bien qu'elle soit constituée d'acide gras.

La cuticule est légèrement perméable aux gaz et à la vapeur, et imperméable à l'eau, mais tout en restant mouillable. Elle permet ainsi de ralentir la transpiration des végétaux et ainsi de les préserver contre des pertes d'eau excessives. En temps sec le réseau se ressert, entraînant une imperméabilité totale.

b. Les cires

Les cires forment un dépôt sur ou dans la cuticule, on parle alors de **cire supracuticulaire** ou de **cire intracuticulaire**. Ce sont des esters d'acide gras et d'alcool gras à longue chaîne, autrement dit des cérides qui sont les constituants majeurs des cires (abeilles, ...).

Leur présence n'est pas constante sur les végétaux. Les cires sont totalement hydrophobes, donc totalement imperméable à l'eau et aux gaz, limitant ainsi la transpiration

des plantes. Elles présentent différentes morphologies : bâtonnets, granulation, pellicule ou pruine.

c. La sporopollénine

La sporopollénine est la molécule principale rentrant dans la composition de l'**exine**, parois des spores et des grains de pollen. Elle procure une résistance à la dégradation et n'est dégradée par aucune enzyme connue.

d. La subérine

La subérine imprègne la paroi des cellules, la rendant imperméable. C'est est une molécule polymérique hydrophobe, imperméable aux gaz et étant un très bon isolant thermique. Les cellules imprégnées de subérine sont des cellules mortes, échanges au niveau de perforations.

13.2 Structure de la paroi végétale

La cellule végétale est bordée par une paroi et non seulement par une membrane cytoplasmique. On observe ainsi la formation d'un squelette externe se formant autour de la double couche phospholipidique. De l'intérieur vers l'extérieur on voit ainsi la **paroi secondaire** directement en contact avec la membrane plasmique, la **paroi primaire**, puis la **lamelle moyenne**.

Cette paroi possède des **punctuations** correspondant à des plages de **plasmodesmes**, elles mêmes correspondant à de petits orifices permettant la communication entre les cellules.

a. La **lamelle moyenne** est une membrane primitive pectique mitoyenne entre deux cellules, qui jouera le rôle de base sur laquelle ira se déposer la paroi primaire puis secondaire. Elle sera perforée au niveau des punctuations par les plasmodesmes qui permettront les échanges intercellulaire.

b. La **paroi primaire** est située entre la lamelle moyenne et la paroi secondaire. Elle est constituée de 25 à 30% de cellulose, 30 à 65 % d'hémicellulose, 5 à 35 % de pectines et 0,5 à 5 % de protéines. Elle est absente au niveau des plasmodesmes.

c. La **paroi secondaire** est située entre la membrane cytoplasmique et la paroi primaire. Elle est de même composition que la paroi primaire, mais avec des proportions différentes : réseau moins hydraté, moins de substance matricielle et plus de cellulose (structure solide et non extensible). Elle est absente au niveau des punctuations (voir fig.19).

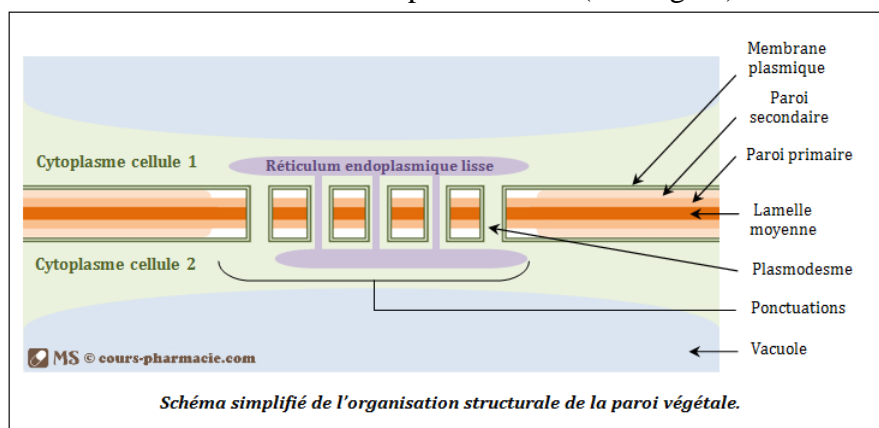


Figure n° 19: schéma de l'organisation structurale de la paroi végétale [5].

Références bibliographique

1. Callen J-c et Perasso R ., 2005. Biologie cellulaire. 2^{ème} édition, Dunod, paris. 512 p
2. 3. Maillet M., 2006. Abrèges biologie cellulaire. 10^{ème} Edition, Elsevier Masson. 617 p.
3. Robert D et Roland J.C., 1998 . Organisation cellulaire .Doin, France. 367 p
4. Tourte M. ,2003. Aide-mémoire biologie cellulaire. 2^{ème} édition .Dunod, paris. 243 p.
5. <https://www.cours-pharmacie.com/>
6. <https://labiologie.jimdofree.com/>
7. <https://ivoiresvt.wordpress.com/banque-de-schemas>.
8. <https://www.ebiologie.fr/>.
9. <https://bio.m2osw.com/>.
10. <https://perso.uclouvain.be/alain.amar-costesec/chapitre-3/>
11. <http://www.mabiologie.com/>
12. <https://fr.wikipedia.org/wiki>
13. <https://www.slideserve.com/quiana/>
14. <http://ed414-openlab.unistra.fr/>
15. <https://www.biologie101.fr>