

Biochimie cellulaire et fonctionnelles

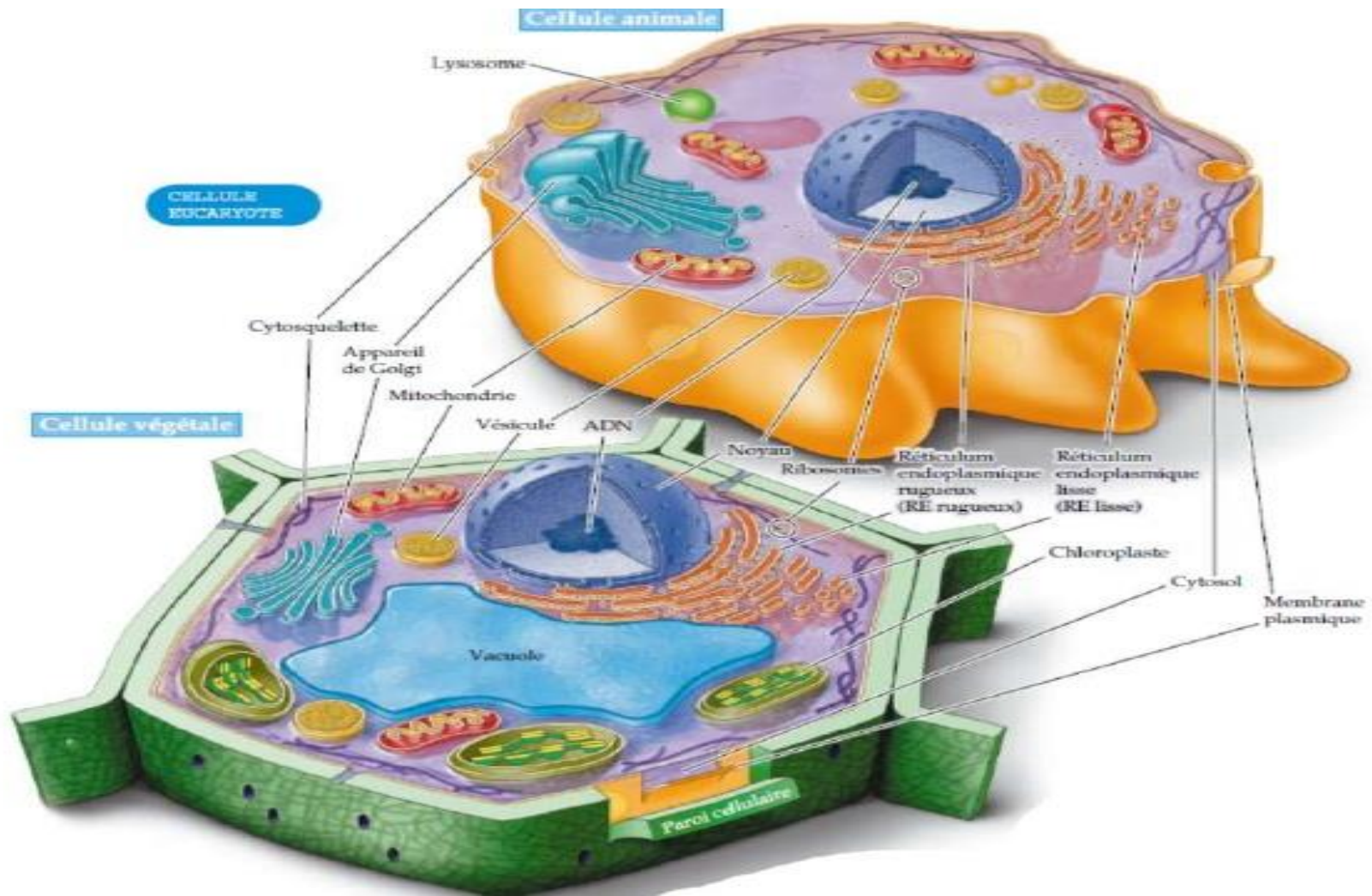
Licence Biochimie

Dr. Bouridane Hamida

2020/2021



Chapitre 1: Compartimentation fonctionnelle de la cellule



Objectifs de l'enseignement

donner les bases de:

- la dynamique membranaire,
- la compartimentation intracellulaire et son intégration dans la fonction cellulaire
- la transmission des signaux intracellulaires à partir de ligands hydrophiles.
- Initiation à la génomique biochimique

Pré-requis

L'étudiant devra avoir les bases en Biologie cellulaire, biochimie, Immunologie, microbiologie et génétique

Introduction

Les être vivants sont constitués de cellules. Quelques uns ne sont constitués que par une seule cellule. Le plus souvent les organismes sont construits à partir de milliard de cellules groupées en tissus, ayant des fonctions différentes et complémentaires, et reliées par des systèmes de communication.

La cellule est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice constituant les organismes vivants

a. Généralités

Les virus ne constituent qu'une exception apparente:

- ✓ Organismes acellulaires simples.
- ✓ Parasites intracellulaires obligatoires.

Comparaison entre virus et organismes cellulaires

Virus

- ☐ Organisation simple et acellulaire.
- ☐ Contiennent soit de l'ADN ou de l'ARN mais pas les deux (il existe des exceptions).
- ☐ Ne peuvent se multiplier et se diviser indépendamment des cellules vivantes.
- ☐ Ce sont tous des parasites intracellulaires obligatoires.

Organismes cellulaires

- ☐ Organisation complexe.
- ☐ Contiennent de l'ADN et de l'ARN.
- ☐ Effectuent la division cellulaire pour se multiplier et se diviser.
- ☐ Certains sont des parasites intracellulaires obligatoires.

On peut distinguer deux types de virus:

Les virus a capside: l'acide nucléique est entouré seulement par une capside (coque) protéique.

Les virus a enveloppe : en plus de la capside possède une enveloppe ayant plus ou moins la structure d'une membrane plasmique.

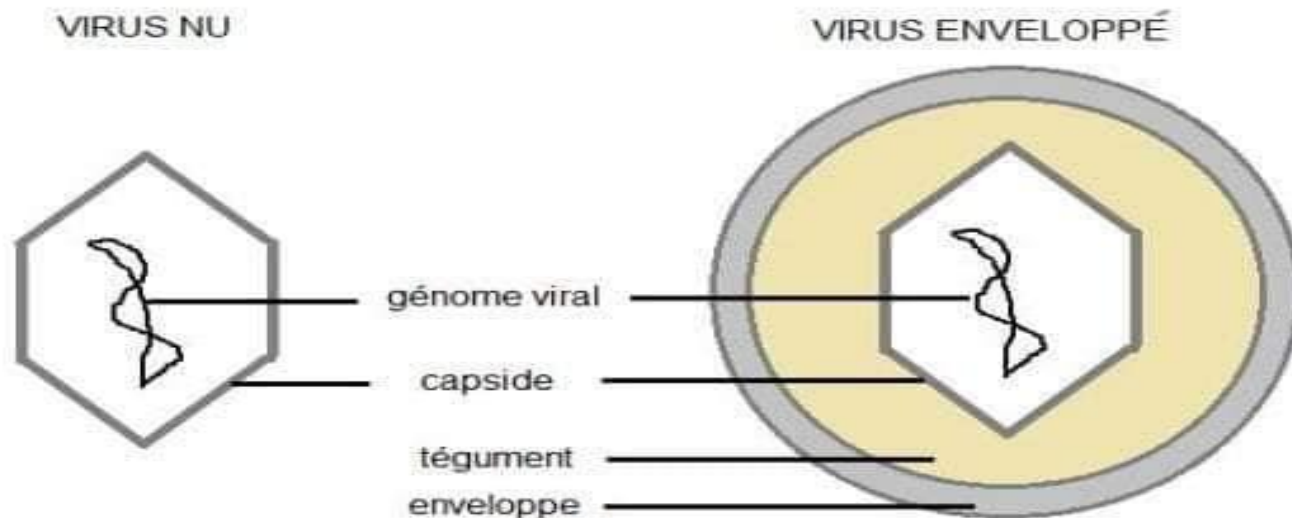


Fig1. Organisation des virus

les cellules existent sous une variété extraordinaire de taille et de forme telle que les bactéries, les globules rouges, les Algues, les cellules végétales, etc

On peut classifier les cellules selon l'organisation du matériel génétique et on peut distinguer les cellules procaryotes et les cellules eucaryotes.(fig.2)

b. Les variétés cellulaires

1. Les cellules procaryotes: (*pro*, primitif, *Karuon*, noyau):

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 (nucléoïde) situé dans le cytoplasme.

1. Les cellules eucaryotes: (vrai noyau en latin)

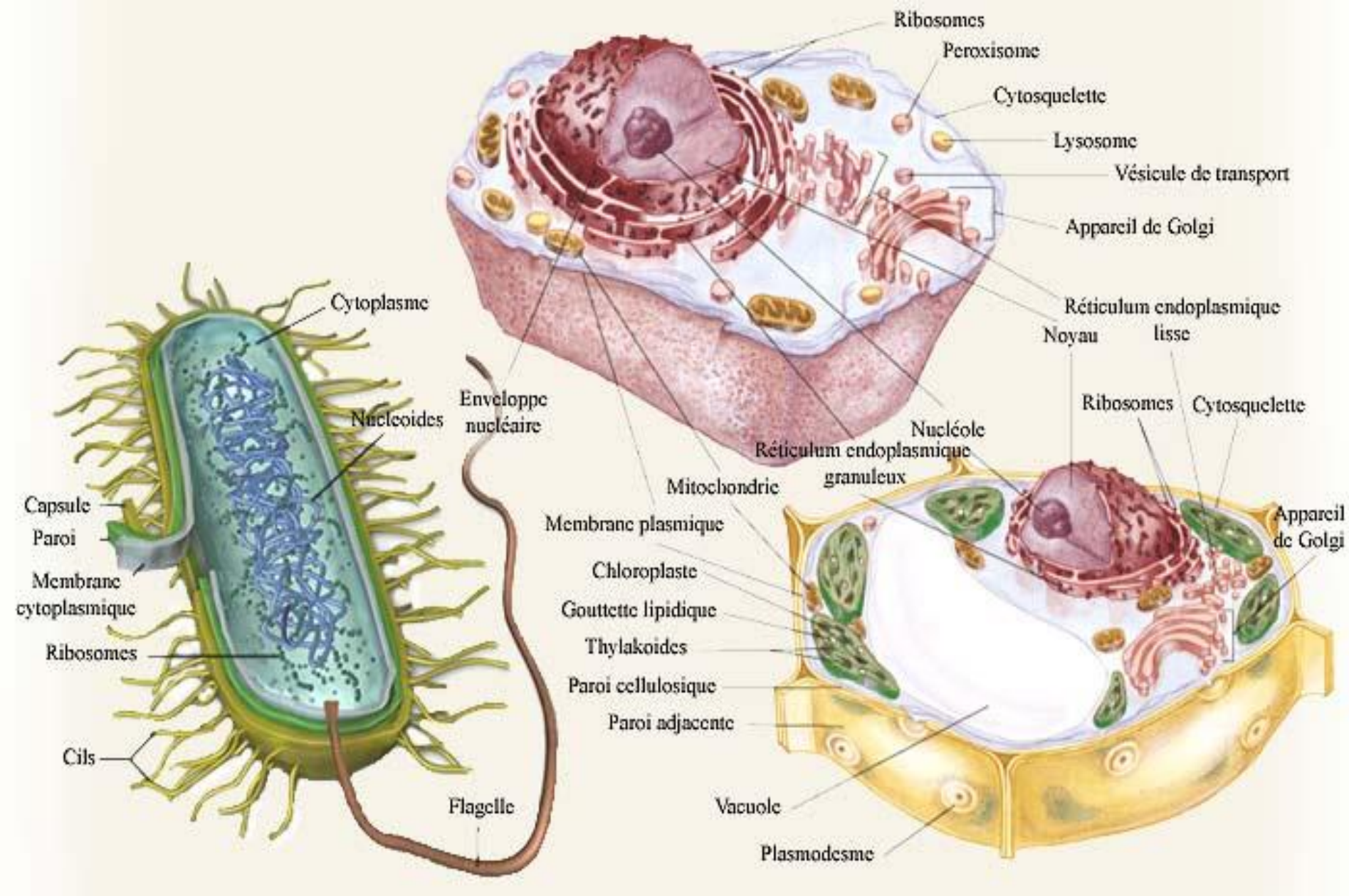
se caractérisent par **une enveloppe nucléaire** qui divise la cellule en deux compartiments; **le noyau** et **le cytoplasme**. ce dernier est délimité par la membrane plasmique. Dans la cellule végétale (Fig.3), la membrane plasmique est recouverte et protégée extérieurement par une paroi Cellulaire 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.3), 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**.

Il peuvent être classés en deux groupes principaux:

✓ **Les eucaryotes unicellulaire:** ex: les levures, les algues unicellulaires, etc

✓ **Les eucaryotes pluricellulaire:** son les plus nombreux constitués de millions de milliards de cellules.



(a)

(b)

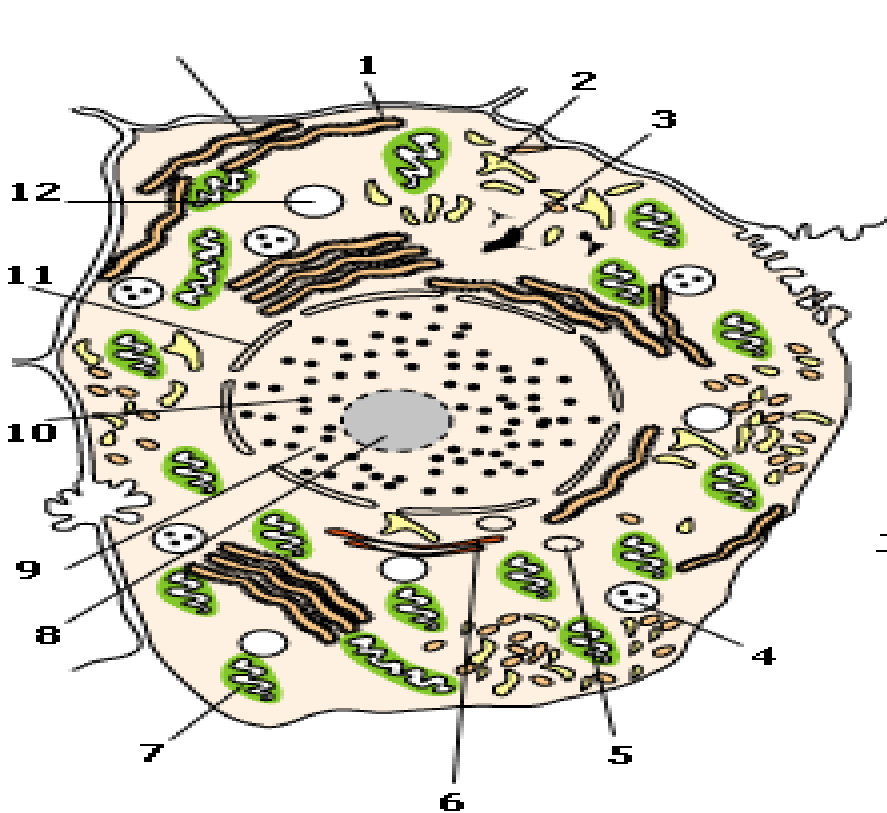
Fig 02: Représentation schématique (3D) des cellules Eucarytes (b) et procaryotes (a)

Tableau 01: Principales différences entre les cellules procaryotes et eucaryotes

	Procaryotes	Eucaryotes
Organismes typiques	bactéries	protistes, champignons, plantes, animaux
Taille typique	~ 1-10 µm	~ 10-100 µm
Type de noyau	nucléoïde; pas de véritable noyau	vrai noyau avec double membrane
ADN	circulaire	molécules linéaires (chromosomes) avec des protéines histone
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 intra cellulaires 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 douzaines
Chloroplastes	aucun	dans les algues et les plantes
Organisation	habituellement des cellules isolées	cellules isolées, colonies, organismes évolués avec des cellules spécialisées
Division de la cellule	division simple	Mitose (réplication de la cellule) Méiose (formation de gamètes)

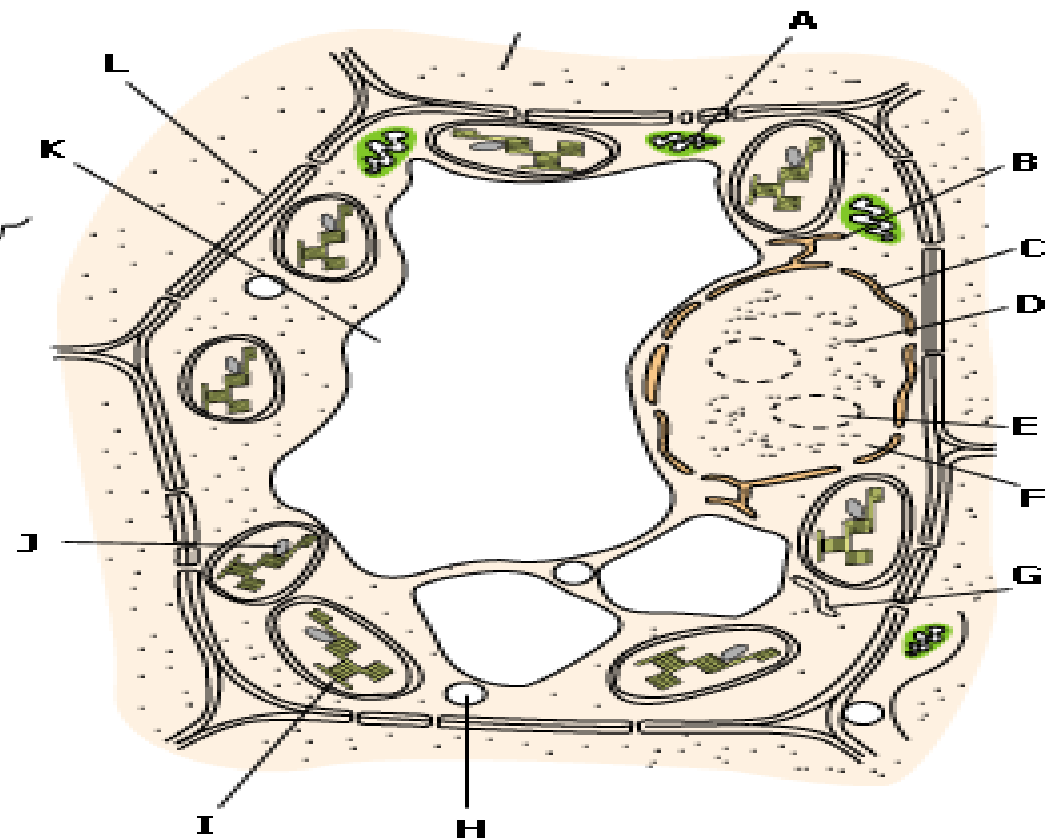
Tableau 02: Comparaison entre la cellule animale et végétale

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



Cellule animale

1. Réticulum endoplasmique granuleux
2. Réticulum endoplasmique lisse
3. Glycogène
4. Lysosome
5. Vésicule
6. Appareil de Golgi
7. Mitochondrie
8. Nucléole
9. Nucléoplasme
10. Chromatine
11. Enveloppe nucléaire
12. Lipides de réserve



Cellule végétale

- A. Mitochondrie
- B. Réticulum endoplasmique rugueux
- C. Enveloppe nucléaire
- D. Chromatine
- E. Nudéole
- F. Nudéoplasme
- G. Réticulum endoplasmique lisse
- H. Gouttelette lipidique
- I. Chloroplaste
- J. Amidon
- K. Vacuole
- L. Membrane plasmique

Fig 03: Représentation schématique d'une cellules Eucaryote Animale et Végétale

C. Descriptions et fonction des constituants de la cellule:

La cellule est délimitée par une membrane plasmique qui constitue une surface d'échange permettant la mise en place du flux. Elle est composée par des organites intra-cellulaire (**Fig 2, 3**) ; noyau, réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi, les vésicules, les mitochondries ..etc Ces derniers sont délimités par des membranes.

Les cellules sont donc constituées d'un système complexe de membranes délimitant des compartiments au sein desquels vont se dérouler les réactions biochimiques bien définies.

1. Le Cytoplasme: une phase liquide d'une émulsion colloïdale est composée du **cytosol** et des **organites cytoplasmiques** qui y sont en suspension.

2. Le Cytosol: (hyaloplasme): il s'agit d'une fraction liquide du cytoplasme, obtenue après centrifugation et élimination des organites. Ces derniers représentent une fraction du volume intracellulaire très variable comme le montre le tableau 03. Il représente le site de la synthèse des protéines et du métabolisme cellulaire intermédiaire.

Tableau 03: Volume relatif des principaux compartiments intracellulaire d'une cellule du foie (hépatocyte).

Compartiments intracellulaires (hépatocyte)	% du volume total de la cellule	Nombre / cellule
Cytosol	54	1
Mitochondries	22	1700
RE. rugueux	9	1
RE. lisse + Golgi	6	1
Noyau	6	1
Peroxisomes	1	400
Lysosomes	1	300
Endosomes	1	200

Ces chiffres peuvent varier de manière importante suivant le type cellulaire et l'activité de la cellule.

Le cytosol est également riche en ions notamment en Na^+ , K^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} . Il comporte certains gaz dissous comme l' O_2 et CO_2 .

Le tableau ci-après illustre la composition du cytosol des mammmifères

Tableau 04: composition ionique du cytosol des mammmifères

Ion	Concentration (millimolaire)	
	Dans le cytosol	Dans le plasma
Potassium	139-150	4
Sodium	12	145
Chlorure	4	116
Bicarbonate	12	29
Acides aminés dans les protéines	138	9
Magnésium	0,8	1,5
Calcium	<0,0002	1,8

➤ Les différentes fonctions du cytosol: principalement 3 fonctions

a. Réserve de matériaux:

- ✓ Réserve de matériaux pour de nombreuses fonctions cellulaires, il participe à la régulation des pH intra et extracellulaire grâce à sa grande quantité d'eau et d'ions.
- ✓ réserve énergétique grâce aux vacuoles lipidique et glycogénique
- réserve de matériaux nécessaires à la construction des édifices macromoléculaires.
- ✓ Permet le transit de molécules protéiques et de macromolécules.

b. Carrefour de voies métaboliques:

- ✓ Permettant le déroulement de nombreuses réactions enzymatiques et l'échange de métabolites et produits de réaction avec les autres compartiments.
- ✓ le milieu de réaction anabolique et catabolique des glucides, des acides aminés, des acides gras et des nucléotides.

c. Transduction du signal:

Transmettre des signaux à partir de la membrane plasmique vers les organites et le noyau il s'agit de transduction du signal qui fait appel à nombreuses protéines notamment des enzymes fixées sous la membrane plasmique ou en solution.

3. Les inclusion:

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 de glycogène qui se trouvent en abondance dans les cellules du foie et des muscles, les gouttelettes de lipides communs 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. Noyau:

Le noyau est l'organite qui a donné son nom aux eucaryotes (eu= vrai , caros= noyau), bien que quelque-uns puissent en être dépourvus à certains stades de leur existence (les globules rouges chez les mammifères). il est séparé du cytosol par une enveloppe nucléaire comprenant des pores (**Fig.4**).

On peut observer, chez les Eucaryotes, du côté interne de l'enveloppe nucléaire l'existence d'une couche de protéines appelée lamina nucléaire, qui a pour rôle de stabiliser la membrane nucléaire et qui permet aussi l'ancrage des chromosomes.

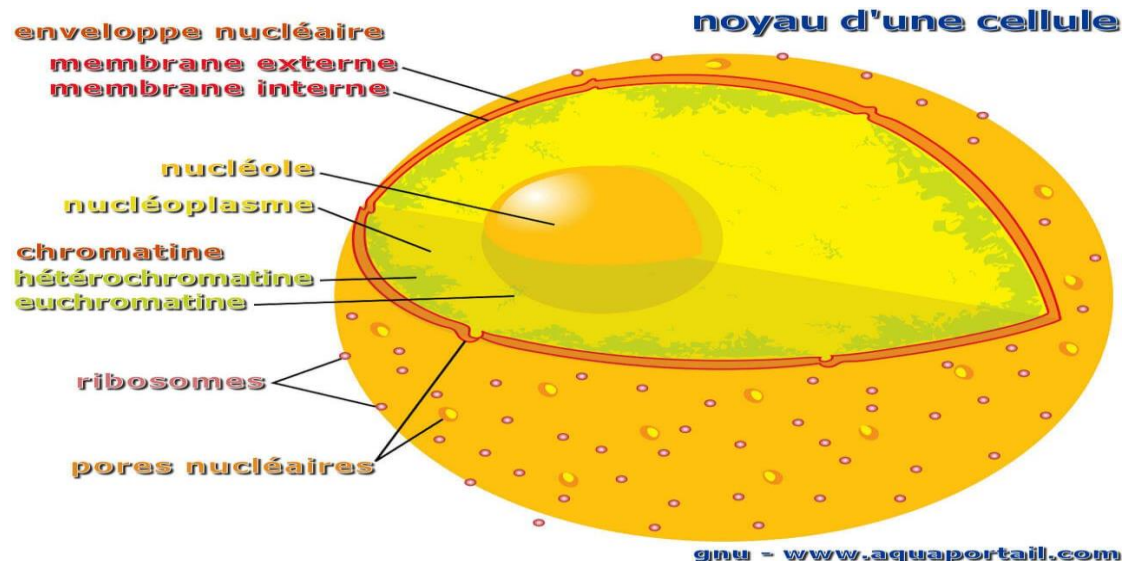


Fig 04: Structure 3D du noyau

5. Le matériel génétique:

Toute cellule contient de l'ADN. Chez les organismes les plus simples, les procaryotes, la majeure partie du matériel génétique réside dans un seul double brin, circulaire, d'ADN, situé dans la zone centrale de la cellule appelée **nucléoïde**; aucune membrane ne sépare cependant le nucléoïde du reste de la cellule.

L'ADN des eucaryotes contenu dans un noyau, entouré d'une double membrane appelée **enveloppe nucléaire**. Dans les deux types d'organismes, l'ADN code pour les protéines que la cellule synthétise.

5. Nucléole:

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

Domaine nucléaire dynamique, son activité reflète un équilibre entre le niveau de synthèse des ARN ribosomiques (ARNr),

directement lié à la croissance et à la prolifération cellulaires, l'efficacité de la maturation des ARNr, et le transport des sous-unités ribosomiques vers le cytoplasme (**Fig.4**)..

Le nucléole est également un domaine nucléaire multifonctionnel qui joue un rôle important dans l'organisation nucléaire.

6. Membrane plasmique

La **membrane plasmique**, également appelée **membrane cellulaire**, **membrane cytoplasmique**, voire **plasmalemm**, est une membrane biologique séparant l'intérieur d'une cellule, appelé cytoplasme, de son environnement extérieur, c'est-à-dire du milieu extracellulaire. Cette membrane joue un rôle biologique fondamental en isolant la cellule de son environnement (**Fig.05**).

Elle est constituée d'une bicouche lipidique comprenant des phospholipides et du cholestérol permettant d'ajuster la fluidité

de l'ensemble en fonction de la température, ainsi que des protéines membranaires intégrales ou périphériques, les premières jouant généralement le rôle de transporteurs membranaires tandis que les secondes interviennent souvent dans les processus intercellulaires, l'interaction avec l'environnement, voire les changements de forme de la cellule.

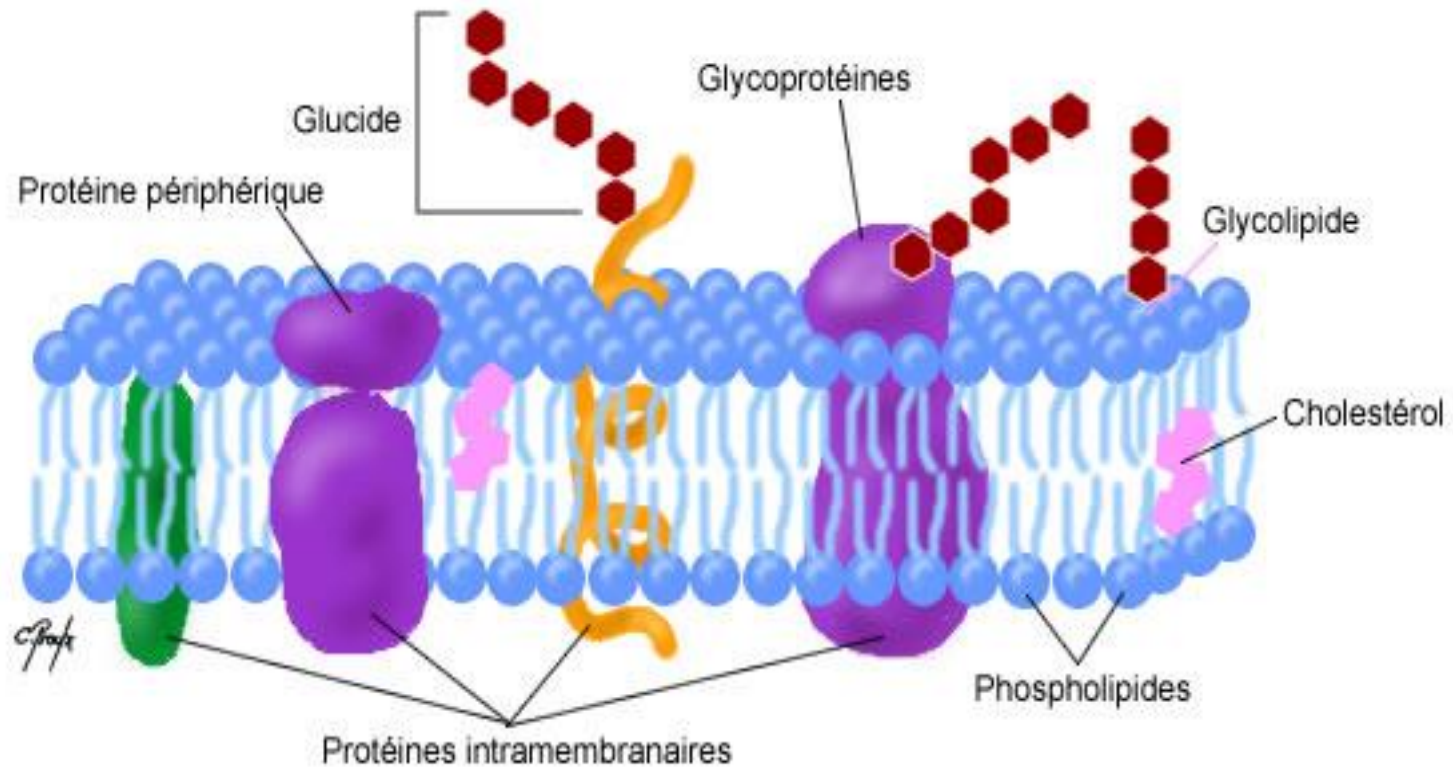
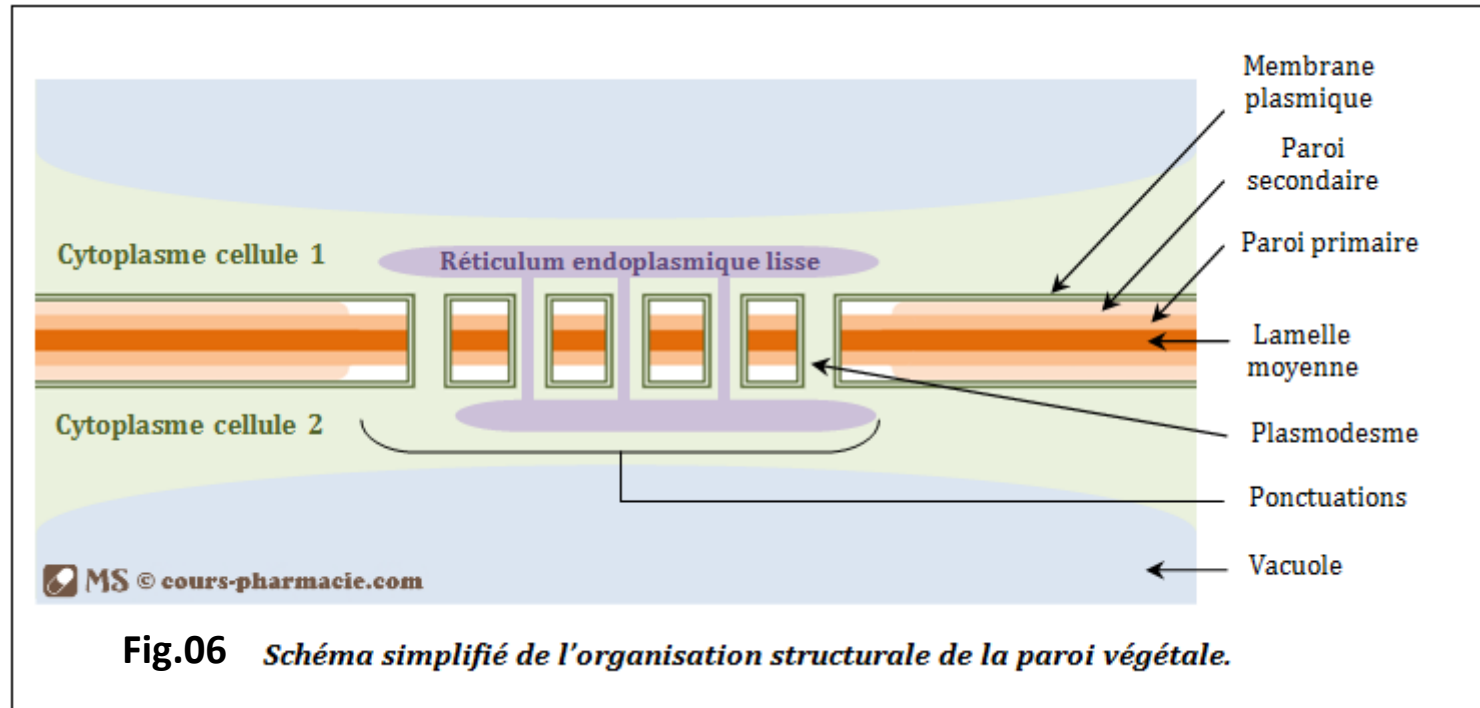


Fig 05: Eléments structuraux de la membrane plasmique.

7. Paroi cellulosique:

Elle entoure toute cellule végétale elle est essentiellement composé de polysaccharides; cellulose et pectine, elle est composée de trois parties (Fig.6)



Paroi primaire: de nature pecto-cellulosique.

Paroi secondaire: elle est constituée de cellulose et d'hémicellulose et enrichie en composés phénoliques.

Lamelle moyenne: c'est la partie la plus externe de la paroi elle est constituée de matières pectiques seulement.

8. Cytosquelette

Le cytosquelette est un réseau filamenteux à l'intérieur d'une cellule, lui conférant ses propriétés mécaniques. il est composé de plusieurs types de filaments (**Fig. 07**) :

- des filaments souples d'actine polymérisée ;
- des petits filaments dits intermédiaires (au rôle mal connu) ;
- des microtubules rigides.

➤ Fonction du cytosquelette

Le cytosquelette assure une certaine rigidité à la cellule et sert à la **fixation des organites** (équivalents pour la cellule des organes pour un organisme).

Le cytosquelette se réorganise en permanence et gouverne ainsi les mouvements internes (**déplacement des chromosome** par exemple) et les déformations de sa membrane (production de protubérances, d'invaginations, de sites d'adhésions...).

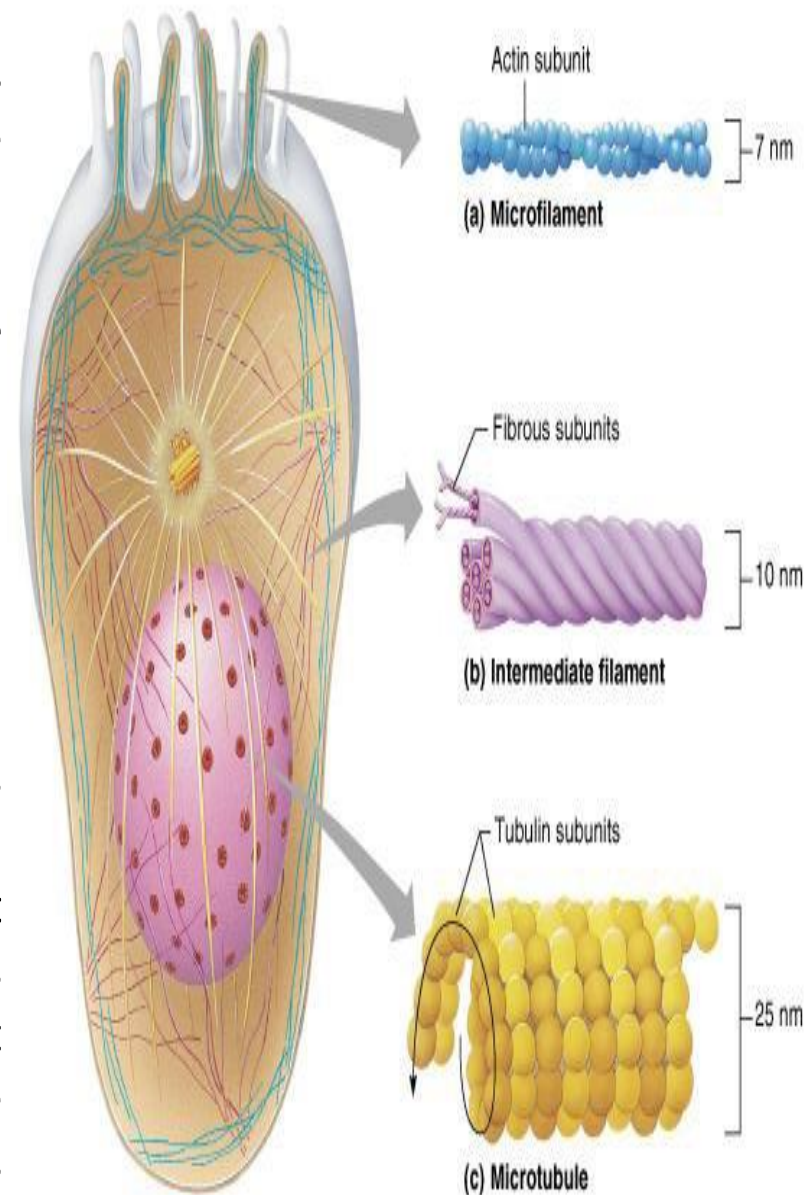
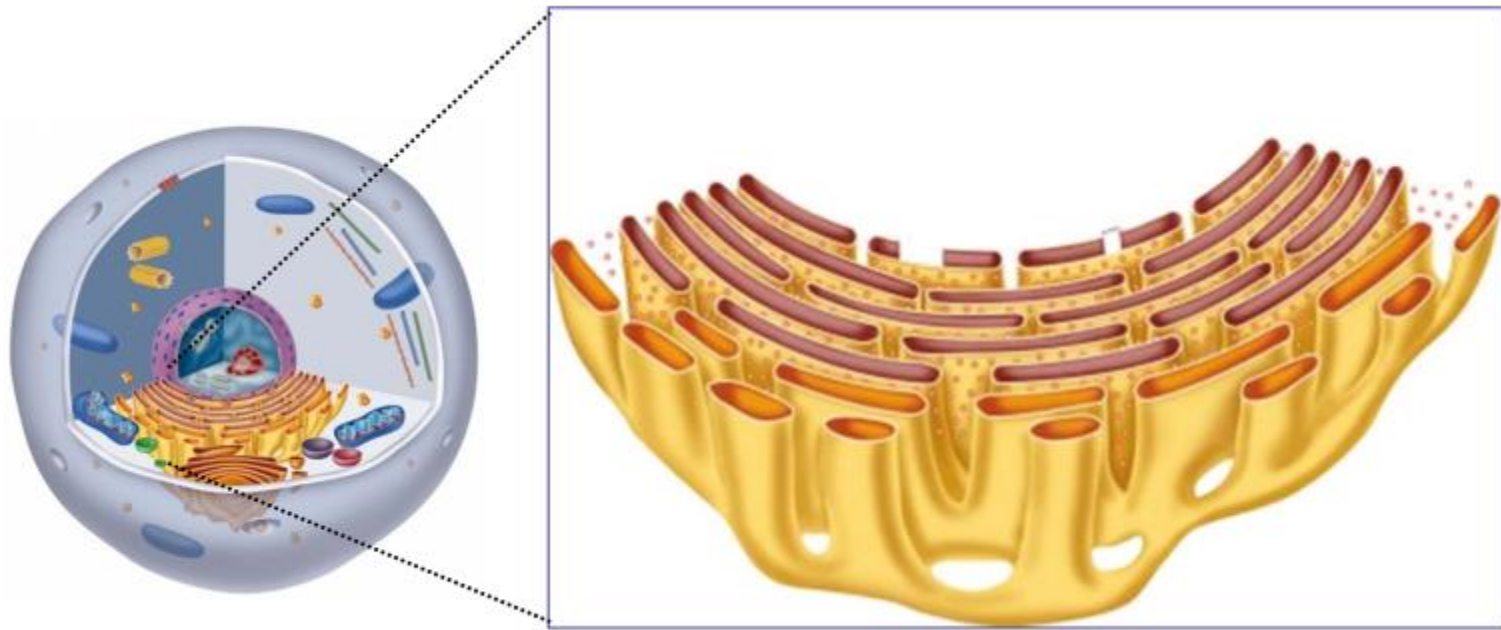


Fig 07: Structure cytosquelette

9. Réticulum endoplasmique :

- Réseau de membranes internes interconnectées tubules et sacs (cisternae ou citernes) issues des membranes nucléaires.
- Un des plus grands organites de la majorité des cellules eucaryotes ($\geq 50\%$ des membranes, 10% du volume). **(Fig 8)**



Définitions: REL et REG

2 types de réticulum sont définis:

- Le Réticulum Endoplasmique Lisse (REL)
- Le Réticulum Endoplasmique Granuleux (REG) qui comporte des ribosomes

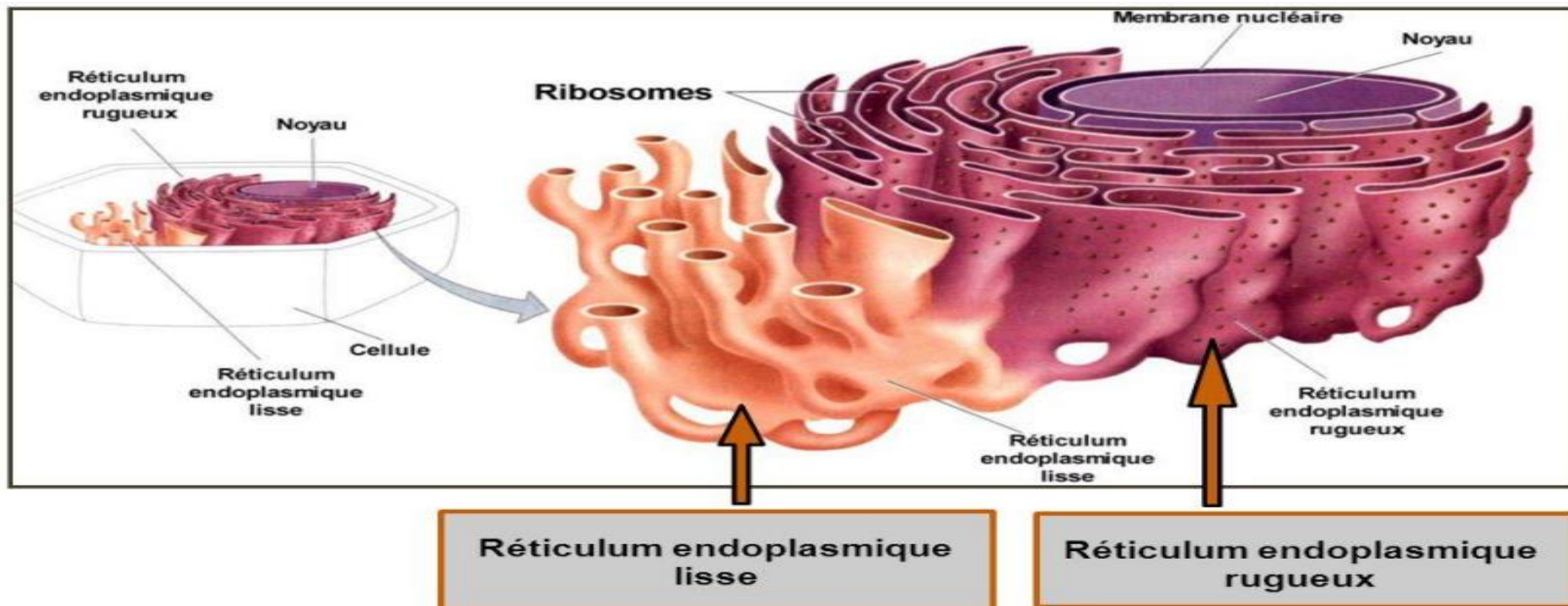


Fig 08: Structure 3D de réticulum endoplasmique

➤ Fonctions du réticulum

- Le Réticulum Endoplasmique a de nombreuses fonctions, mais il est particulièrement important pour la **synthèse des protéines et des lipides**.
- Assemblage des bicouches lipidiques dans le RE avec synthèse de toutes les classes majeures de lipides, phospholipides et cholestérol du côté cytosolique
- Synthèse et assemblage des lipoprotéines
- Synthèse des céramides, exportés dans le Golgi
- Source de lipides pour la membrane externe de la mitochondrie

10. Ribosome

Le ribosome est un complexe composé d'ARN et de protéines ribosomiques, associé à une membrane (au niveau du RE granuleux) ou libre dans le cytoplasme. Commun à toutes les cellules (procaryotes et eucaryotes), le ribosome (et surtout sa composition) varie en fonction des organismes, même s'il est toujours composé de deux sous-unités distinctes.

Les procaryotes possèdent un ribosome de 70S composé des sous-unités 50S et 30S. Trois ARN ribosomiques sont impliqués dans sa structure (23S, 16S et 5S) ainsi que 55 protéines.

Le ribosome des eucaryotes est appelé 80S, divisé en deux sous-unités 60S et 40S. Quatre ARN (28S, 18S, 5,8S et 5S) constituent sa structure avec plus de 80 protéines.

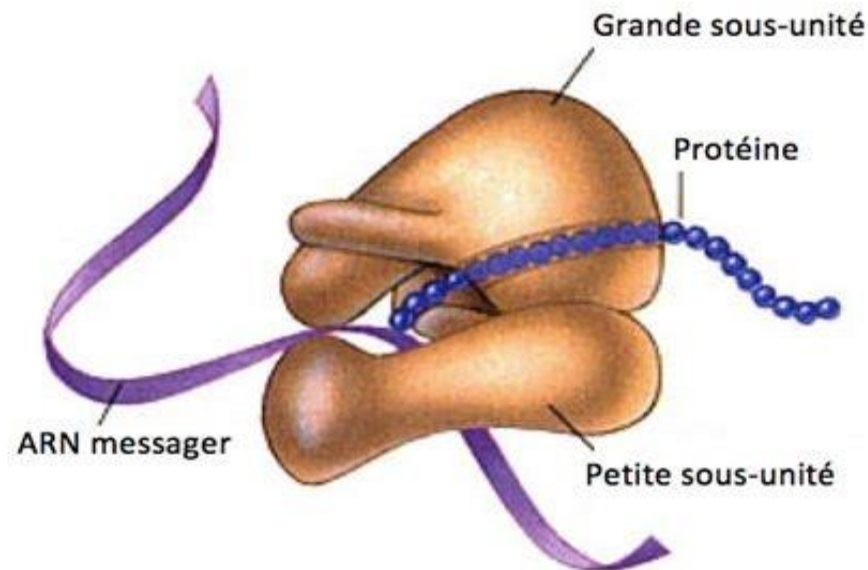


Fig 09: Structure 3D du ribosome

➤ **Fonction du ribosome**

La fonction du ribosome est de traduire le code génétique en protéines, par l'intermédiaire des ARN messagers (ARNm). L'activité enzymatique du ribosome étant portée par les ARNr,

11. Appareil de Golgi

L'appareil de Golgi est constitué d'un empilement de saccules (un peu comme une pile d'assiettes). Cet empilement, unique dans les cellules animales, mais multiples dans les cellules végétales. On distingue la face cis de l'appareil de Golgi, qui se situe en aval du réticulum endoplasmique, et la face trans qui est tournée vers le cytoplasme.

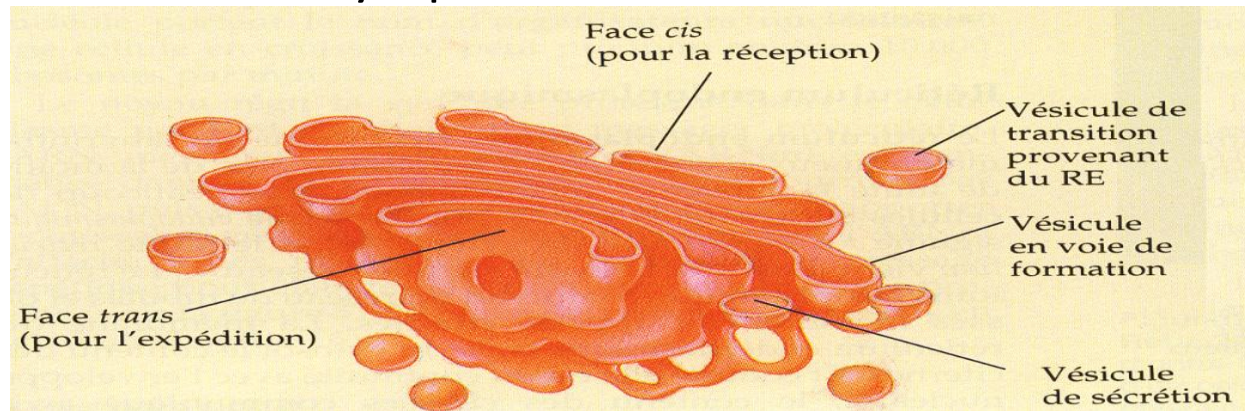


Fig 10: Structure 3D de l'Appareil de Golgi

➤ Fonctions de l'Appareil de Golgi

La fonction principale de l'appareil de Golgi est de servir de lieu de transit et de réservoir pour les protéines et lipides fabriqués dans le réticulum endoplasmique. Cet appareil fait partie du réseau de membranes internes que les cellules eucaryotes ont mis en place pour effectuer le transport des macromolécules.

12. Mitochondries

La mitochondrie est un organe de forme ovoïde, délimitée du cytoplasme par deux membranes superposées :

une membrane externe où la présence de nombreuses porines (protéines en forme de canaux) permet le passage de molécules;

une membrane interne, repliée de telle façon à créer de nombreuses invaginations. C'est sur cette membrane que sont localisées les usines de la respiration cellulaire.

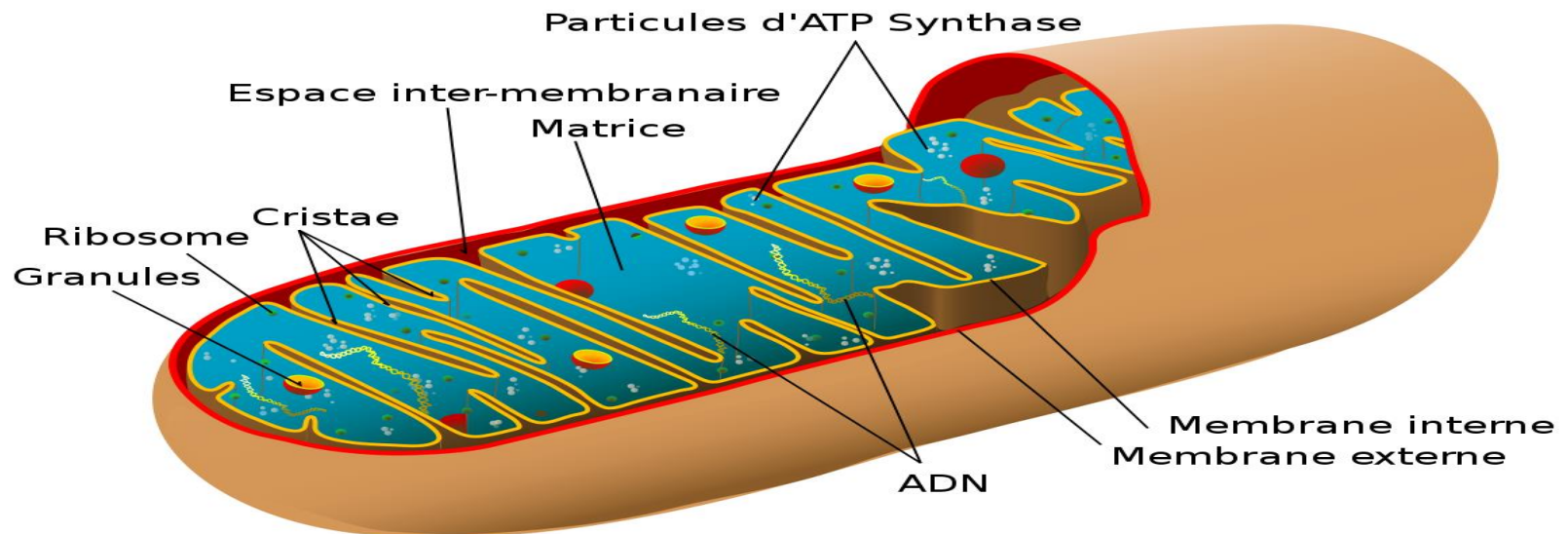


Fig 11: Structure 3D de l'Appareil de la Mitochondrie

➤ Fonctions de la Mitochondrie

La mitochondrie est le lieu de la respiration cellulaire. Celle-ci est un ensemble de réactions qui permettent de convertir le glucose en molécule énergétique, l'ATP. Ce processus comprend plusieurs étapes, dont le « cycle de Krebs », un ensemble de réactions métaboliques qui a lieu dans la matrice de la mitochondrie. L'enzyme qui produit l'ATP se trouve dans la membrane interne de la mitochondrie. Pour ces raisons, la mitochondrie est souvent qualifiée d'usine énergétique de la cellule.

13. Chloroplastes

Sont présents dans les plantes et les Algues. Convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisée pour fabriquer des sucres à partir de CO_2 . sont limités par une membrane externe doublée d'une membrane interne. Les chloroplastes contiennent également de l'ADN

14.Lysosomes et peroxysomes

Organites intracellulaire 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.

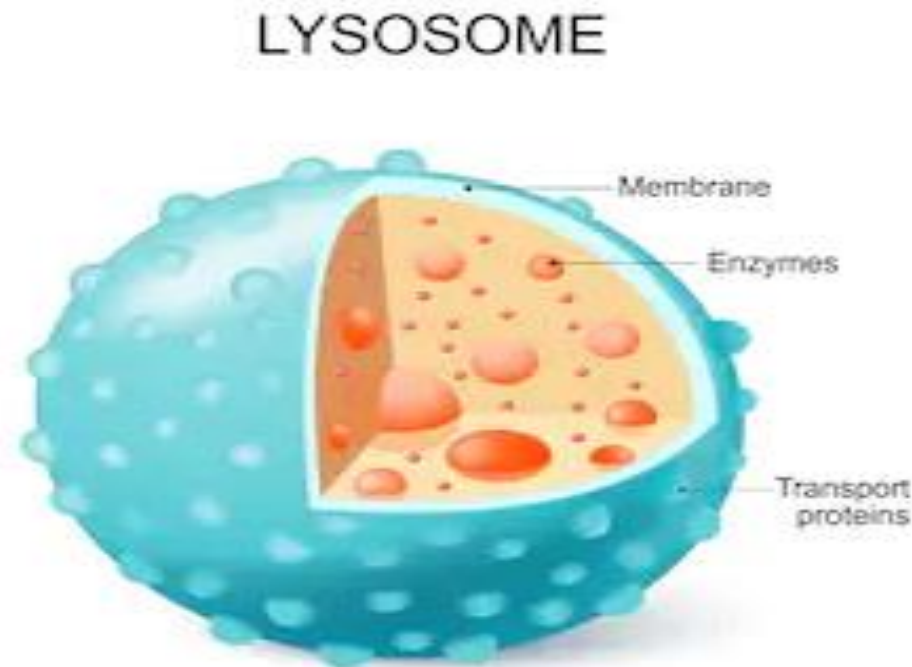


Fig 11: Structure 3D de lysosome

15. Vacuoles

Les vacuoles sont des compartiments délimités par une membrane, remplis d'eau et contenant diverses molécules inorganiques et organiques telles que des enzymes . La vacuole n'a pas de forme ou de taille particulière, sa structure variant en fonction des besoins de la cellule

La fonction et l'importance des vacuoles varient selon le type de cellule dans lesquelles elles sont présentes. En général, ces fonctions sont liées à des mécanismes de défense (détoxification, protection

Centriole:

De nombreuses cellules animales comportent à un de leurs pôles une paire de centrioles (diplosome). Ce sont des corpuscules cylindriques formés de tubules groupés par trois.

Généralement situés près du noyau, ils constituent avec le cytoplasme environnant le centrosome et jouent un rôle essentiel lors de la division cellulaire. Généralement absents chez les plantes.

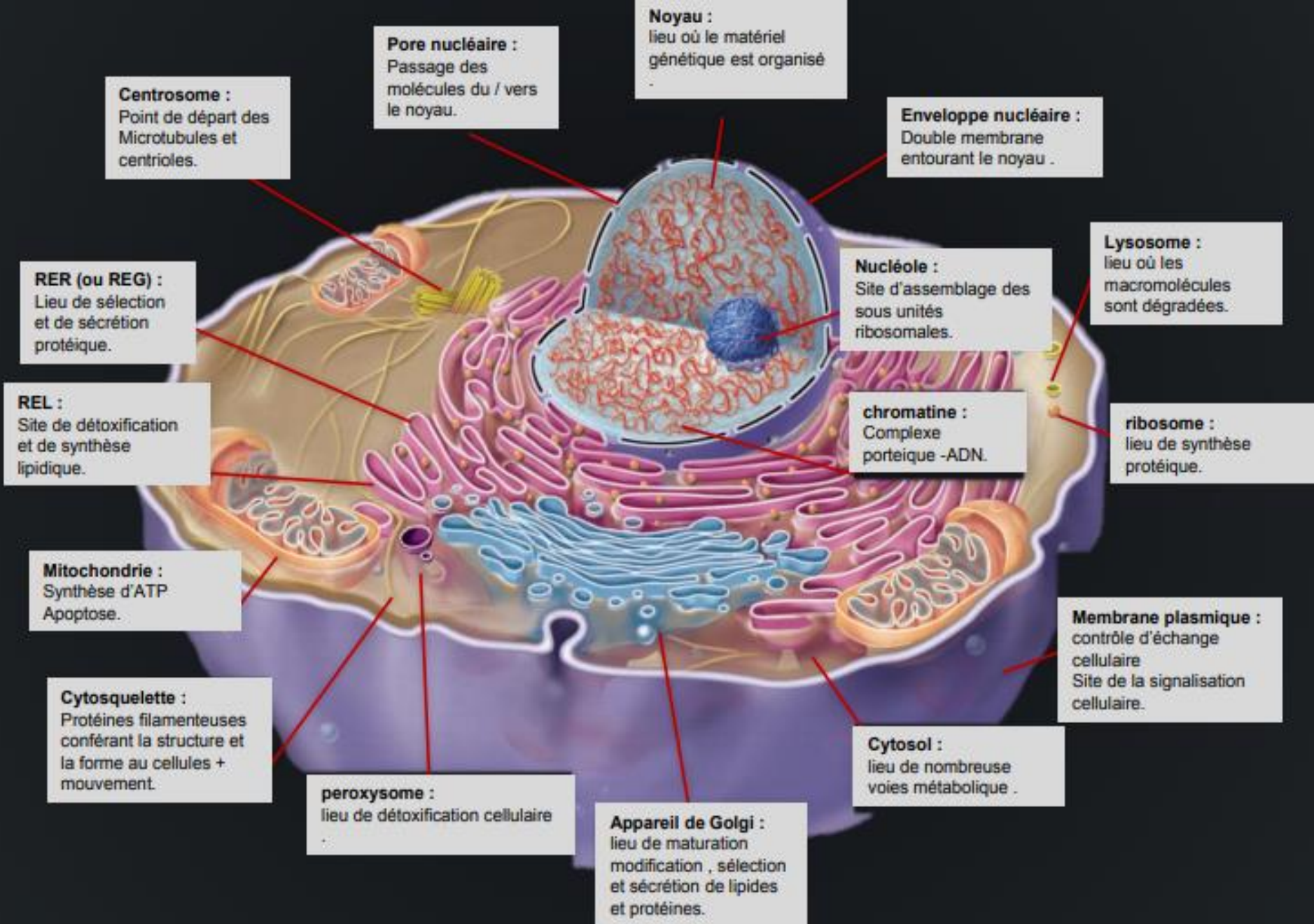


Fig 12: cellule animale (organites et fonctions)

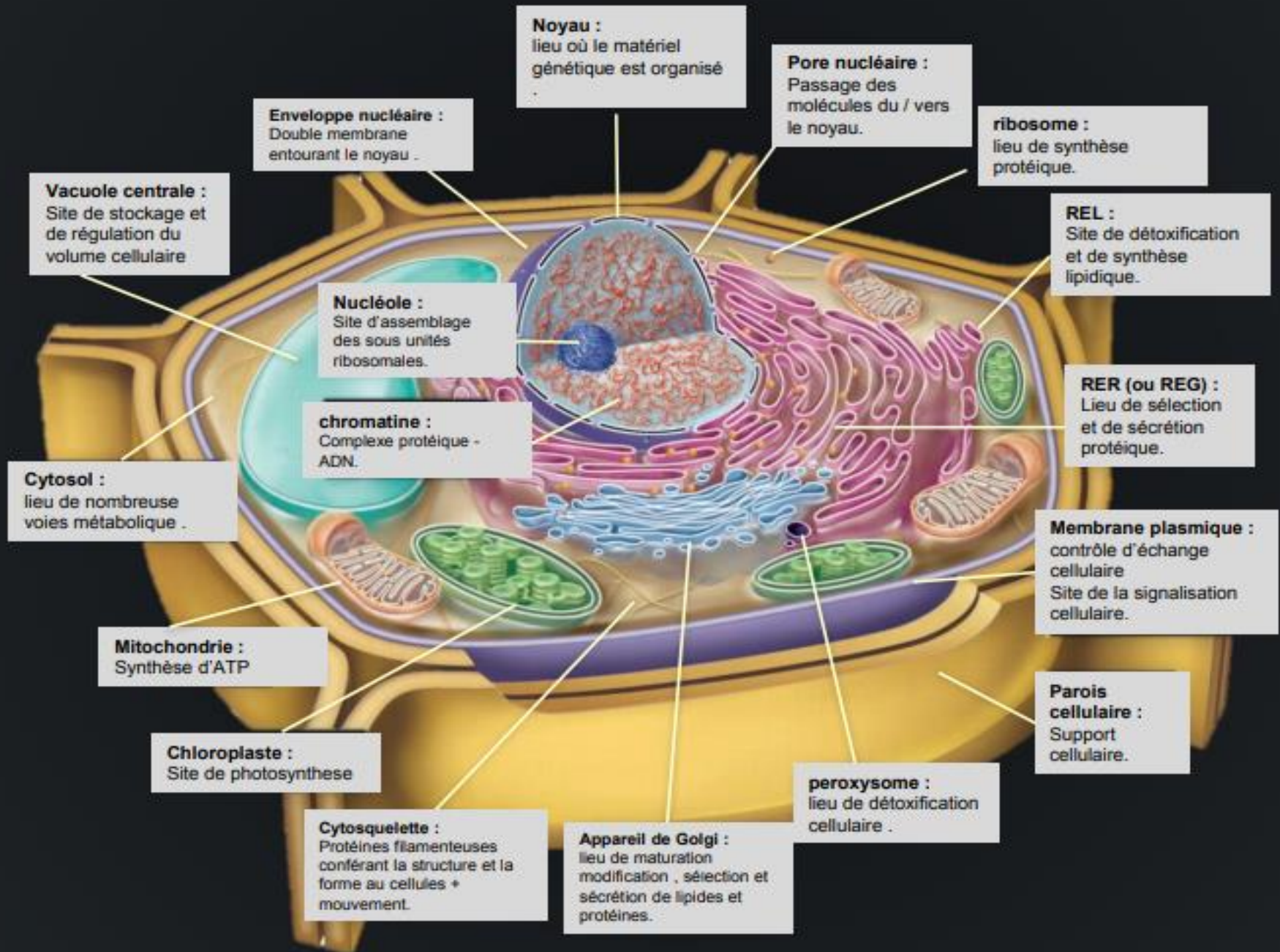


Fig 12: cellule végétale (organites et fonctions)