

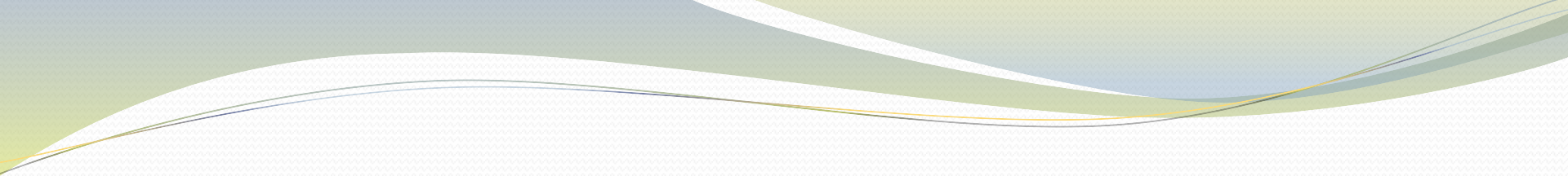
**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université Constantine 1-
Institut des sciences vétérinaires khroub
Département de préclinique**

COURS DE CYTOPHYSIOLOGIE

La cellule: ses organites et leurs fonctions

**Présentés par l'Enseignante : Dr . ALLAOUI . A
Doctorat en Maîtrise des facteurs de la reproduction chez les Herbivores
Année universitaire 2026 – 2027.**



CYTOP : CYTOPHYSIOLOGIE (45H)

Pré requis

- Notions de base sur la biologie

Objectifs pédagogiques de l'enseignement

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit :

- **Faire la distinction entre les différents types cellulaires et leurs composants**
- **Connaitre la classification des êtres vivants sur la base de leur composition en cellules et leur physiologie**
- **Comprendre et expliquer des processus physiologiques intracellulaires**
- **Comprendre les notions de base liées à la communication cellulaire.**
- **Comprendre les notions de base liées à la bactériologie et virologie.**

Objectifs pédagogiques de l'enseignement

- **Connaitre les techniques d'étude des surfaces cellulaires**
- **Connaitre les techniques de localisation et de suivi des constituants cellulaires**
- **Connaitre les techniques de mise en évidence des mouvements des constituants cellulaires**
- **Connaitre les techniques de séparation des organites cellulaires**

Modalités d'enseignement

- L'enseignement est assuré sous forme de :
- **Cours Magistraux : 30 H** (dont 6H seront consacrées au travail personnel de l'étudiant)
- **Travaux Dirigés (TD) : 15H.**
- Les cours complets sous forme de diaporamas **sont donnés à chaque fin de cours** (cours expliqués + schémas (attention aux schémas et aux illustrations) + annotations)

Modalités d'Evaluation

- Les questions des examens seront sous forme de (**QCM** (Questionnaire à Choix Multiple), **QCS** (Questions à Choix Simple) **ou CROQ** (Question à Réponse Ouverte Courte)) attention même les schémas et les illustrations sont à prendre en considération
- Un travail personnel sous forme d'exposé est à réaliser.

Modalités d'Evaluation

- **Évaluation continue : (EC)** La note de l'évaluation continue sera basée sur: la note des TD, des interrogations, l'assiduité et la participation en classe, ainsi que sur la note des travaux personnels réalisés par l'étudiant sous forme d'exposés.
- **Examen de Moyenne Durée : (EMD)** un examen de moyenne durée sera programmé à la fin de la première série de l'enseignement de la matière.
- La note finale de la première série est calculée comme suit :
- **$[(EMD \times 0,7) + (EC \times 0,3)] \times 3$ (coefficient).**

Chapitres abordés au cours du premier semestre

- **CHAPITRE I : EXPLORATION DE LA CELLULE** (Ce chapitre sera abordé lors des séances de TD)
- **CHAPITRE II : SCHEMA GENERAL DES CELLULES PROCARYOTES ET EUCARYOTES**
- **CHAPITRE III : MATRICE EXTRACELLULAIRE ET CYTOSQUELETTE**
- **CHAPITRE IV : LA MEMBRANE PLASMIQUE**
 - STRUCTURE DE LA MEMBRANE PLASMIQUE
 - TRANSPORTS MEMBRANAIRES
- **CHAPITRE V : LE SYSTEME ENDOMEMBRANAIRE**

Chapitre II

Schéma général des cellules Procaryotes et Eucaryotes

Présentés par l'Enseignante : Dr . ALLAOUI . A
Doctorat en Maîtrise des facteurs de la reproduction chez les Herbivores

Plan du cours

I. Introduction à la cellule

I.1. Définitions

I.2. Théorie cellulaire

I.2.1. Développement de la théorie cellulaire

I.2.2. Théorie cellulaire moderne

II. Êtres unicellulaire et pluricellulaire

II.1. Plan d'organisation cellulaire

II. 1.1. Êtres vivants Procaryotes et unicellulaires

A. Domaine des Archées.

B. Domaine des Bactéries « classiques » dites Eubactéries

II.1.2. Êtres vivants Eucaryotes et unicellulaires

II.1.3. Êtres vivants Eucaryotes et pluricellulaires

II.2. Evolution des cellules depuis la cellule primordiale

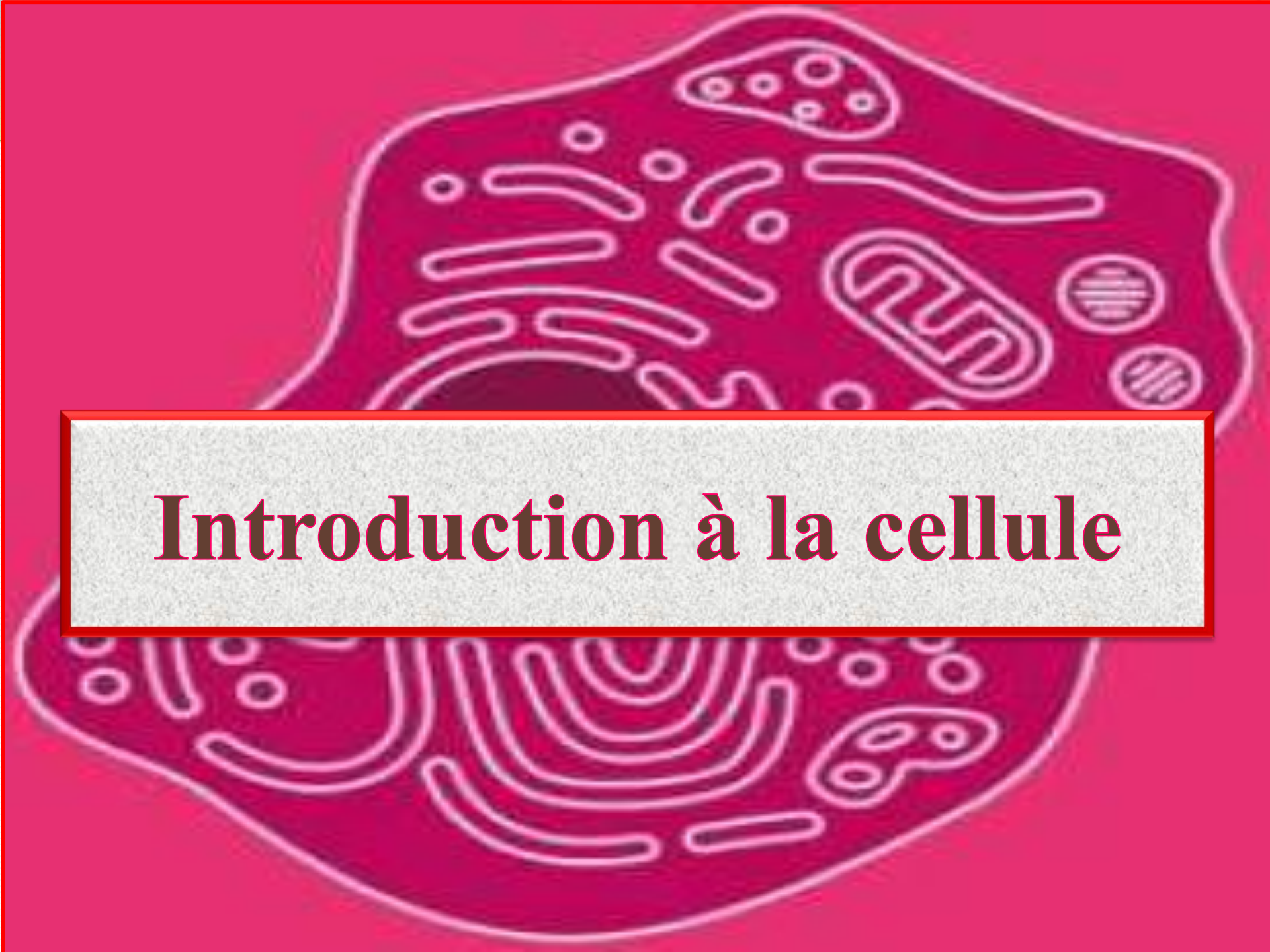
II.2.1. La théorie endogène

II.2.2. La théorie endosymbiotique

II.3. Ultrastructure Des Cellules Procaryotes Et Eucaryotes

II.3.1. Ultrastructure d'une cellule Procaryote

II.3.2. Ultrastructure d'une cellule Eucaryote:

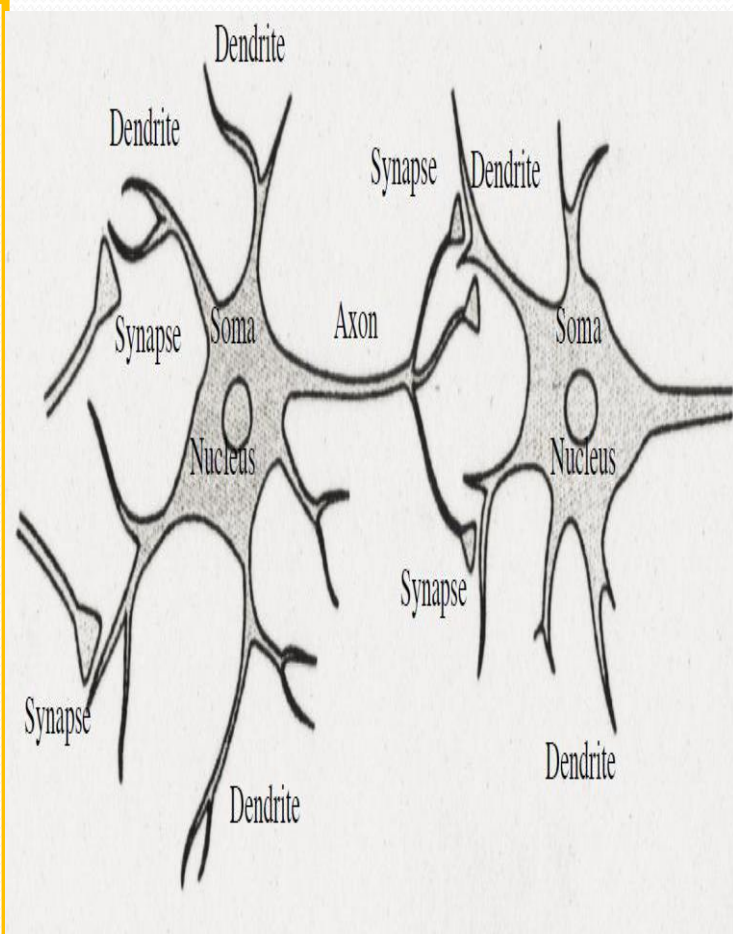


Introduction à la cellule

DEFINITIONS

- **Biologie (Biology):** (Bio : vivant /Logie : Etude) est l'ensemble de toutes les sciences qui étudient les espèces vivantes et les lois de la vie.

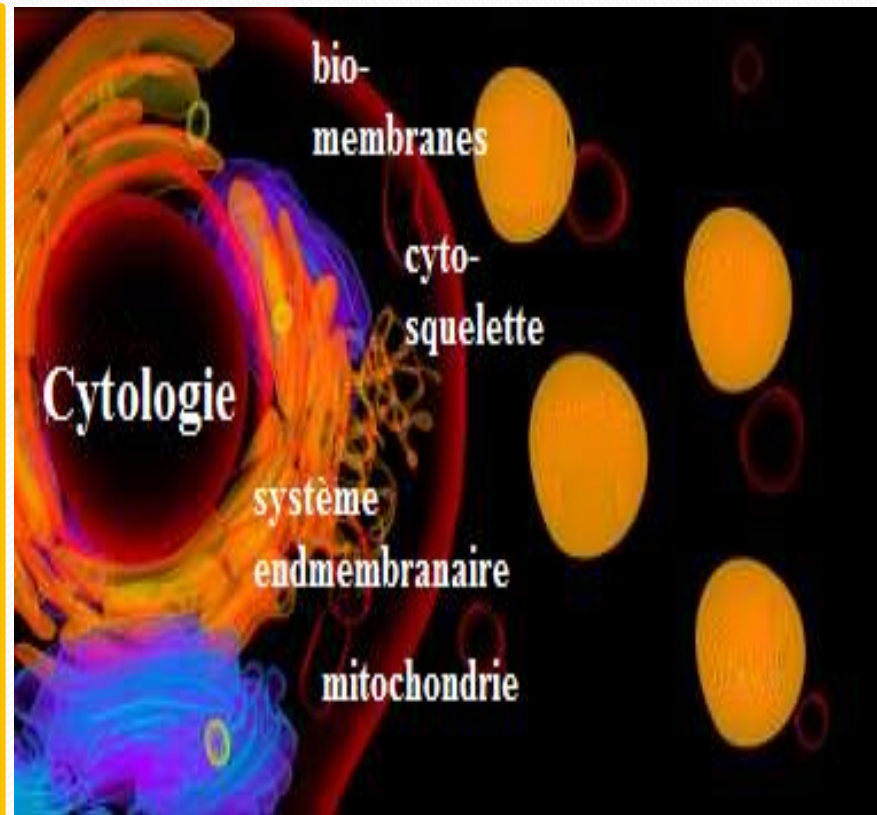
Considérant qu'il existe aujourd'hui plus de 10 millions, voire 100 millions, d'espèces vivantes sur Terre, vous vous demandez peut-être comment vous parviendrez à assimiler toute la matière de cette discipline. La réponse passe essentiellement par l'étude des cellules, aussi essentielles aux systèmes vivants de la biologie que les atomes le sont à la chimie.



- **Cytologie (Cytology) , ou Biologie cellulaire (Cell biology)**
- La **cytologie** (Cyto : Cellule /Logie : Etude) est l'étude microscopique de la morphologie de la physiologie et de la fonction de la cellule vivante en général.

La cytologie est une branche de la biologie qui étudie les cellules (leur fonctionnement) :

- leurs propriétés structurelles et physiologiques,
- les organites qu'elles contiennent,
- leurs interactions avec l'environnement,
- leur cycle de vie, leur division et leur mort.



- **Cytophysiologie (Cytophysiology) ou Physiologie cellulaire (Cell physiology)**
- **La physiologie cellulaire** est la branche de la science qui étudie la structure et le fonctionnement des cellules individuelles, telles que les cellules musculaires, nerveuses ou immunitaires.

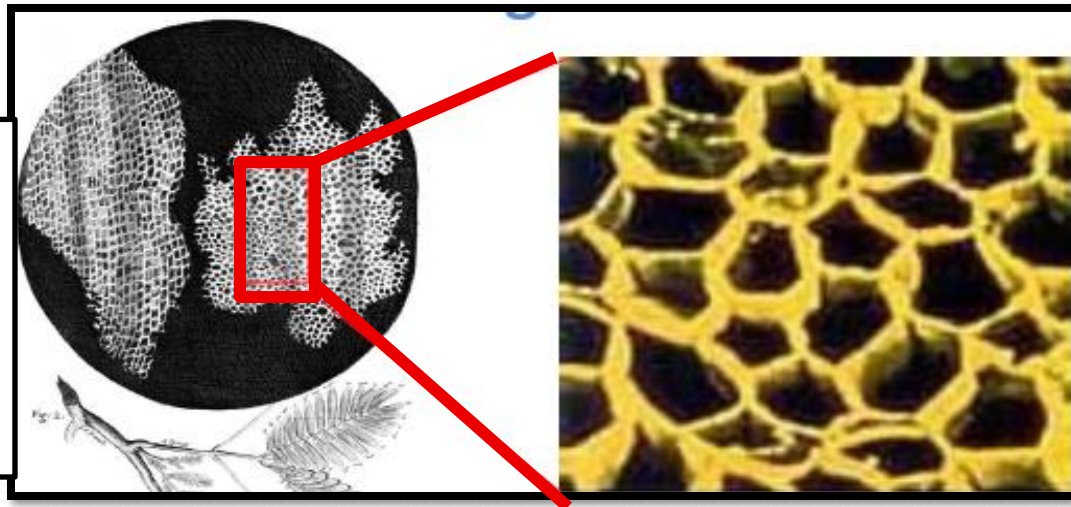
Dans ce module nous allons décortiquer la cellule animale afin d'en connaître ses différents organites et constituants, ainsi que leurs fonctions.

- Cellule (**Cell**) (en latin *cellula* signifie petite chambre) est un **compartiment cloisonné** (une structure fermée) par une **biomembrane** renfermant un **matériel génétique** plus un liquide visqueux appelé **cytoplasme**

La cellule représente l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice constituant tout (**bactérie**) ou **partie d'un être (animal ou végétal)** vivant

Morceau de liège observé au microscope optique (Robert Hooke 1665)

Observation à l'origine du mot cellule



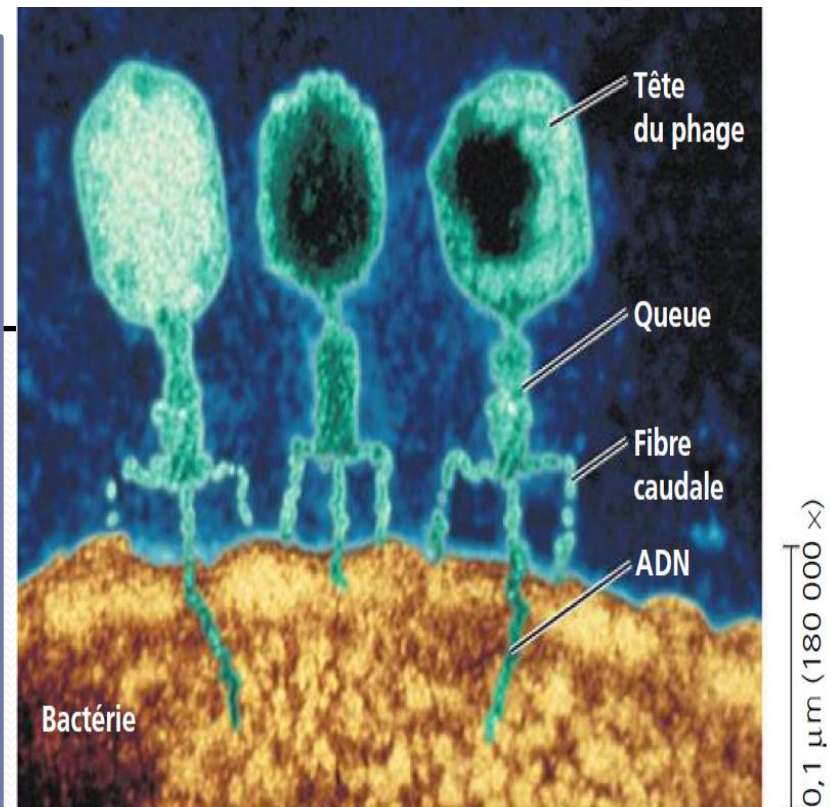
- Quelles que soient leur forme, leur dimension, leur spécialisation, et leur mode de vie, toutes les cellules vivantes (Eucaryotes ou Procaryotes) présentent une structure fondamentale caractérisée par la présence des trois éléments suivants :

- 1) Membrane cellulaire ou membrane plasmique, sans laquelle, les biomolécules intracellulaires seraient diluées dans le milieu environnant.**
- 2) Région qui contient le matériel génétique, retrouvée à l'intérieur de la cellule avec les molécules qui peuvent lire et copier les instructions héréditaires.**
- 3) Cytoplasme : région entre le noyau (ou l'ADN) et la membrane cellulaire.**

Les virus quant à eux ne sont pas considérés comme des êtres vivants car ils ne présentent pas de structure cellulaire, n'ont aucun métabolisme propre et ne peuvent être reproduits que grâce à des cellules vivantes qu'ils sont obligés d'infecter pour assurer leur cycle de multiplication (parasitisme absolu).

Figure: Des virus infectant une cellule bactérienne.

Des virus bactériens (bactériophages) se fixent aux cellules bactériennes hôtes et leur injectent leur matériel génétique à travers la membrane plasmique tandis que les parties de la tête et de la queue restent à l'extérieur sur la surface bactérienne (MET: Microscopie électronique en transmission).



LA THEORIE CELLULAIRE

Les trois composantes fondamentales de la théorie cellulaire sont :

- Tous les organismes (plantes, animaux, champignons, protistes, bactéries) sont composés d'une ou plusieurs petites unités appelées cellules.
- La cellule est l'unité de base de la vie chez tous les êtres vivants.
- Toutes les cellules sont issues de la division de cellules préexistantes.

Développement De La Théorie Cellulaire

Le concept de cellule n'est pas apparu d'un seul coup ; il a plutôt été élaboré et modifié au fil de plusieurs siècles.

Il continue d'évoluer aujourd'hui.

Si les recherches de centaines de personnes ont joué un rôle important dans l'élaboration de la théorie cellulaire, certaines figures clés se distinguent. Citons brièvement :

Développement De La Théorie Cellulaire

Découverte des cellules

Robert Hooke: chercheur scientifique Anglais

- 1665.
- En observant une fine tranche de liège, Hooke découvrit les cellules.
- Il les décrivit comme de minuscules boîtes ou un nid d'abeilles.
- Il pensait que les cellules n'existaient que chez les plantes et les champignons.

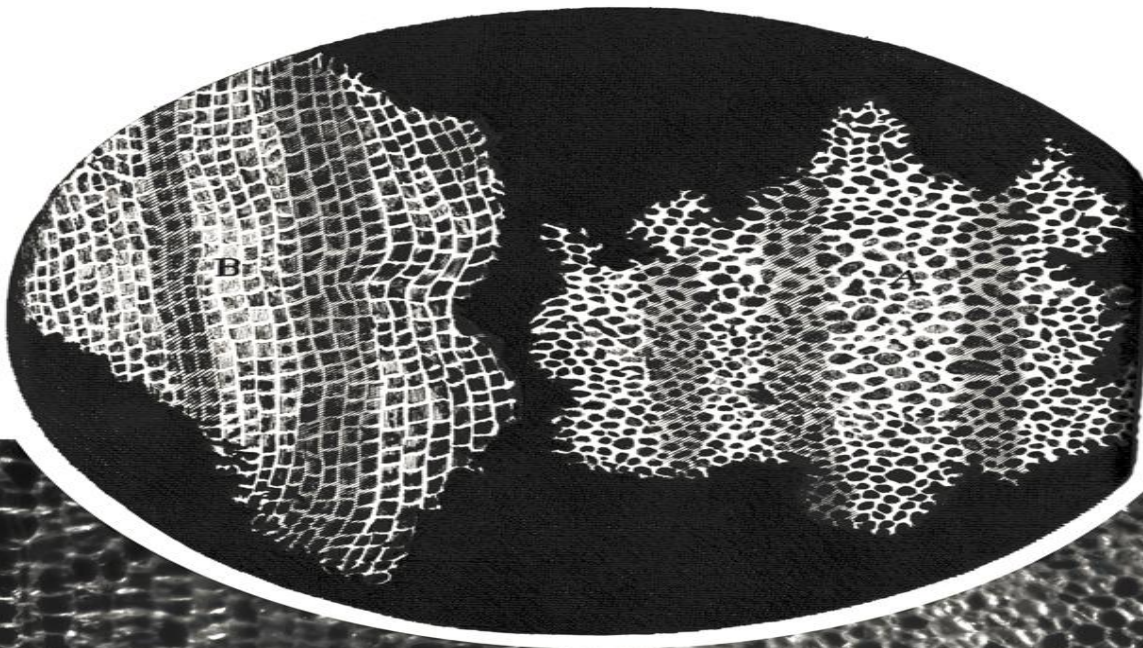
*B**A*

Figure : Dessins de Robert Hooke représentant deux sections de liège observées au microscope optique. Observation à l'origine du mot cellule.

La figure A présente une section parallèle à la surface de l'écorce (section tangentielle), montrant de nombreux pores irréguliers.

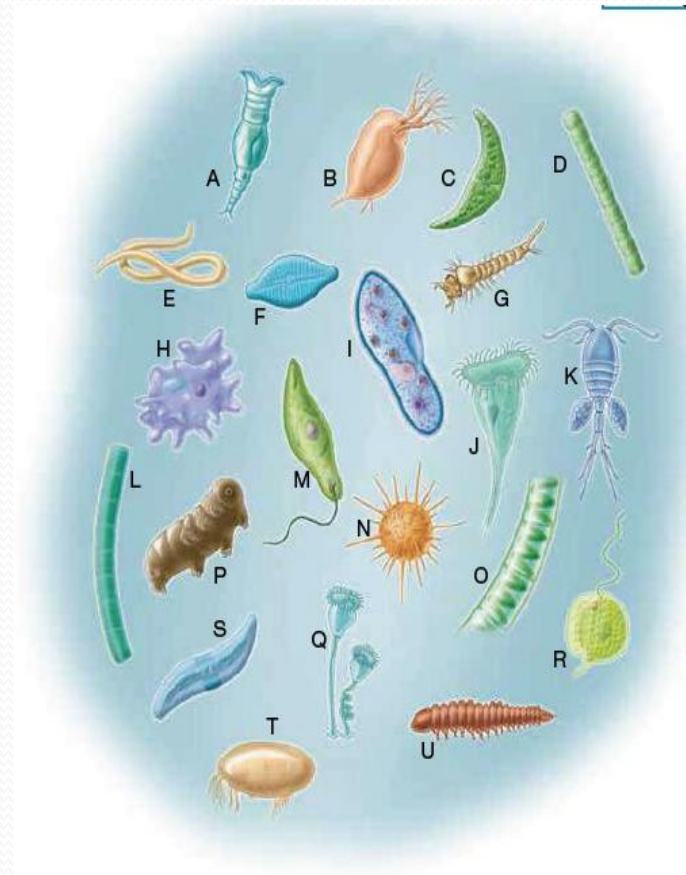
La figure B est une section perpendiculaire à ce plan (section transversale ou radiale), « qui représente ces pores étalés dans le sens de la longueur ».

Développement De La Théorie Cellulaire

Anton van Leeuwenhoek, un scientifique hollandais et l'un des précurseurs de la biologie cellulaire

- Vers 1674 il développa des microscopes capables de grossir 300 fois
- Ces microscopes lui permirent de découvrir le monde invisible: un monde fascinant d'êtres unicellulaires dans une goutte d'eau d'un étang.

Figure : La vie dans une goutte d'eau d'étang. Les organismes couramment présents dans l'eau des étangs comprennent : (A) rotifère ; (B) *Daphnia* (daphnie) ; (C) desmide ; (D) cyanobactérie (*Oscillatoria*) ; (E) nématode ; (F) diatomée ; (G) larve de moustique ; (H) amibe ; (I) paramécie ; (J) *Stentor* ; (K) copépode ; (L) cyanobactérie ; (M) *Euglena* ; (N) radiolaire ; (O) algue verte (*Spirogyra*) ; (P) tardigrade ; (Q) *Vorticella* ; (R) *Phacus* ; (S) diatomée ; (T) ostracode ; (U) oligochète.



Développement De La Théorie Cellulaire

- **Matthias Schleiden** botaniste allemand, qui en 1838 conclut que toutes les parties des plantes sont constituées de cellules.
- **Mathias Schleiden et Theodor Schwann**, biologistes allemands qui en 1839, conclurent que tous les tissus animaux sont composés de cellules et que tous les organismes vivants sont constitués de cellules.
- **Rudolf Virchow**, médecin allemand , après des études approfondies, a conclu en 1858, que toutes les cellules proviennent de cellules préexistantes.

La Théorie Cellulaire Moderne

- **La théorie cellulaire moderne (ou le principe cellulaire) comprend les éléments suivants :**
 - 1) La vie n'existe que dans les cellules.
 - 2) Les organismes vivants peuvent être composés d'une seule cellule libre, de plusieurs cellules ou d'une masse de cellules multi nucléées.
 - 3) Une cellule est une petite masse de cytoplasme contenant généralement un noyau ou du matériel nucléaire et délimitée par une membrane cellulaire.

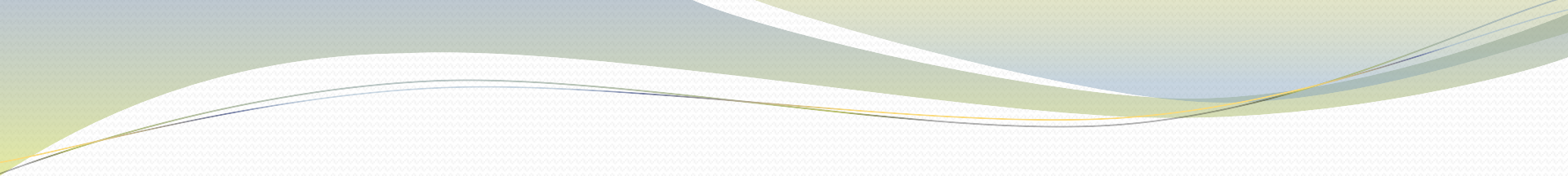
La Théorie Cellulaire Moderne

- 4) La cellule, en plus d'être une unité structurelle, est aussi une unité fonctionnelle, reproductive et héréditaire.
- 5) Les cellules naissent toujours de cellules préexistantes par division.
- 6) Les cellules maintiennent un état stable pour rester en vie.
- 7) Une cellule peut croître, se diviser et mourir indépendamment des cellules environnantes.
- 8) L'information génétique est stockée et exprimée dans les cellules.

La Théorie Cellulaire Moderne

- 9) La vie se transmet d'une génération à l'autre sous forme de cellules.
- 10) La structure et la fonction d'une cellule sont contrôlées par son matériel génétique, l'ADN.
- 11) Chaque type de cellule n'utilise qu'une partie de l'information génétique codée, nécessaire à sa structure et à sa fonction spécifique.

Etres unicellulaires et pluricellulaires



Plan d'organisation cellulaire

Archées



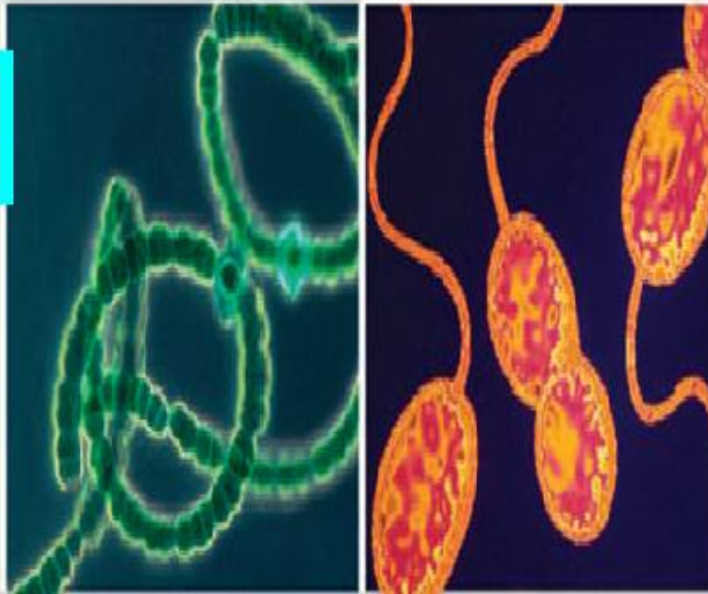
Plantes



Champignon



Bactéries



Animaux



Protistes

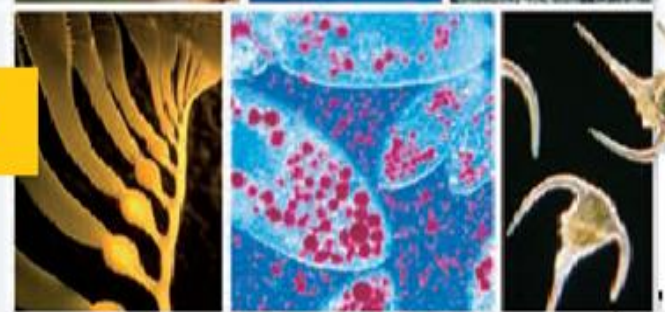


**Figure: Diversité de la vie: (a) Etres vivants à cellules Procaryotes
(b) Etres vivants à cellules Eucaryotes**

Plan d'organisation cellulaire

**Organismes
unicellulaires**

**Organismes
pluricellulaires**

**Cellules
Procaryotes**

**Cellules
Eucaryotes**

**Cellules
Eucaryotes**

**Domaine des
Archéobactéries
(Archées, ou
Archea),**

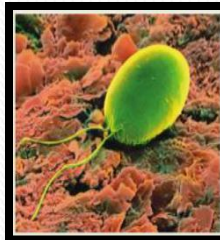


**Domaine des
Eubactéries
(Bactéries,
ou *Bacteria*)**



Helicobacter pylori
(MET, cliché coloré artificiellement).

Protistes



Animaux



Plantes



Champignon



- ❑ Au plan strictement structural, l'ensemble des êtres vivants actuels se répartit en deux grands groupes seulement :

I. Les Procaryotes

- Organismes unicellulaires et microscopiques.
- Comprennent le domaine des **Archées** et le domaine des **Bactéries**.

II. Les Eucaryotes

- Sont représentés à la fois par des **micro-organismes unicellulaires**: les **Protistes**
- Mais surtout par des êtres **pluricellulaires** : les **Algues pluricellulaires**, les **Champignons**, les **Végétaux** et les **Animaux**.

Etres vivants Procaryotes et unicellulaires

A. Domaine des Archées.



Figure: colonie d'archées
Chacune des structures rondes de cette micrographie est une archée

- Les Archées présentent des données biochimiques, physiologiques et moléculaires très nombreuses et différentes à la fois de celles des Eubactéries et des Eucaryotes.
- Ils se distinguent des Bactéries notamment par l'absence d'espèces pathogènes pour les humains ou même pour les animaux.
- Ils sont qualifiés d'extrémophiles c'est-à-dire qu'ils vivent dans des milieux extrêmes, comme les lacs salés.

Etres vivants Procaryotes et unicellulaires

B. Domaine des Bactéries « classiques » dites Eubactéries.

- Vivent dans tous les environnements possibles, partout dans le monde; dans la terre, dans la mer et dans les profondeurs de la croûte terrestre. On a même rapporté que certaines bactéries vivaient dans les déchets radioactifs.
- De nombreuses Eubactéries vivent dans et/ou sur des organismes plus grands (Homme, animaux, plantes), sans causer de préjudices. De telles bactéries sont appelées flore résidente, ou microbiome. Il existe au moins autant de bactéries dans la flore résidente qu'il existe de cellules dans l'organisme.

Flore résidente : ensemble des micro-organismes qui vivent **normalement et durablement** sur ou dans un organisme, sans provoquer de maladie dans les conditions habituelles.

La plupart des Eubactéries ont l'une des trois formes de base suivantes :

- 1) Bâtonnet: appelées bacilles (*bacillus* au singulier), , vivent le plus souvent seuls, mais ils peuvent aussi s'organiser en chaînes
- 2) Sphère: appelées cocci (*coccus* au singulier), vivent seuls, deux par deux (diplocoques), en chaînes de plusieurs cellules ou en amas semblables à des grappes de raisin.
- 3) Spirale ou Hélice: appelées spirilles (spirochètes) (*spirillum* au singulier) ou vibrions (en forme de virgule).

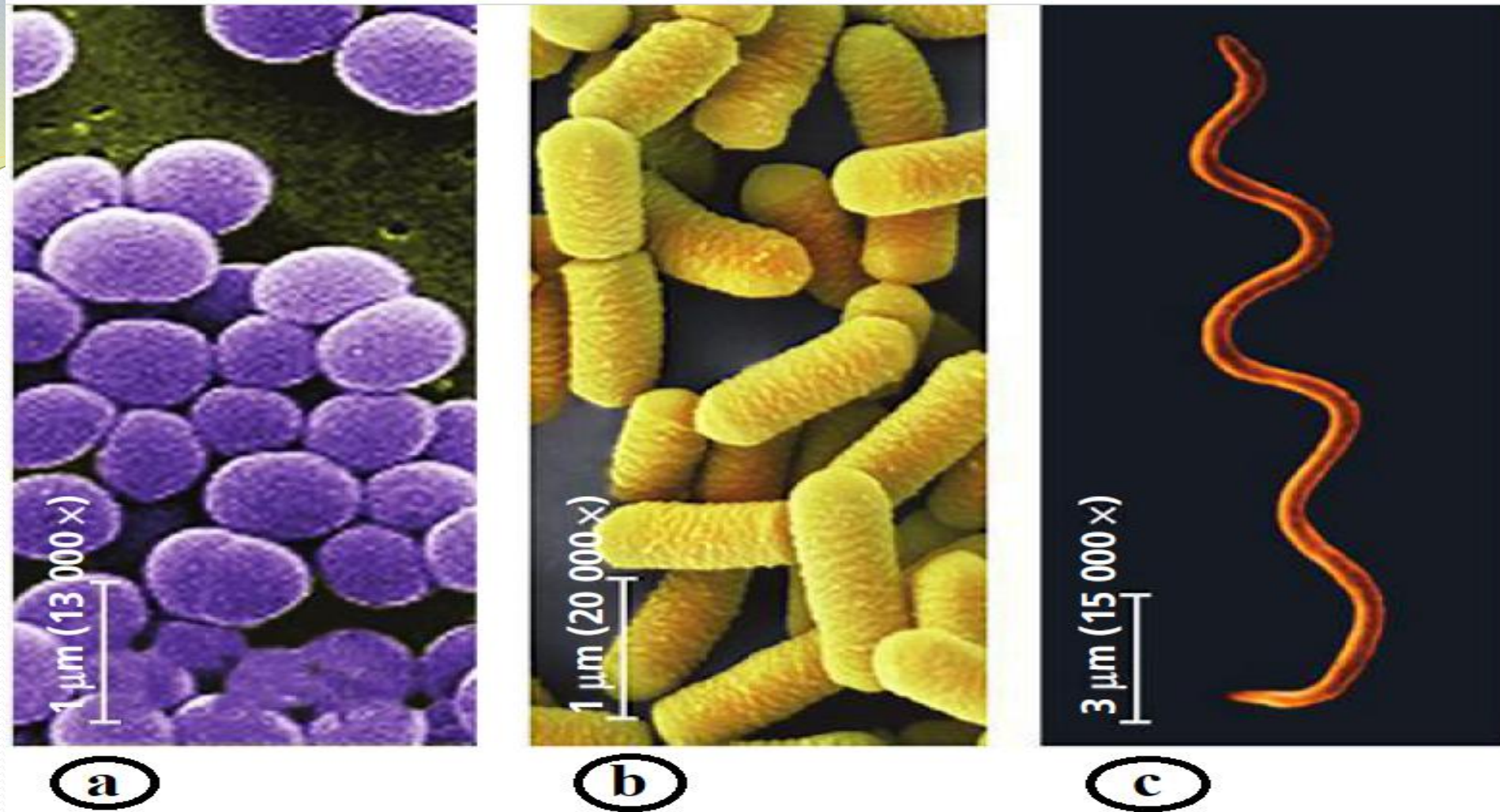


Figure : Les formes les plus courantes de Procaryotes. (a) Forme sphérique (cocci) (b) Forme de bâtonnet (bacilles) (c) Forme hélicoïdale, (MEB, clichés colorés artificiellement).

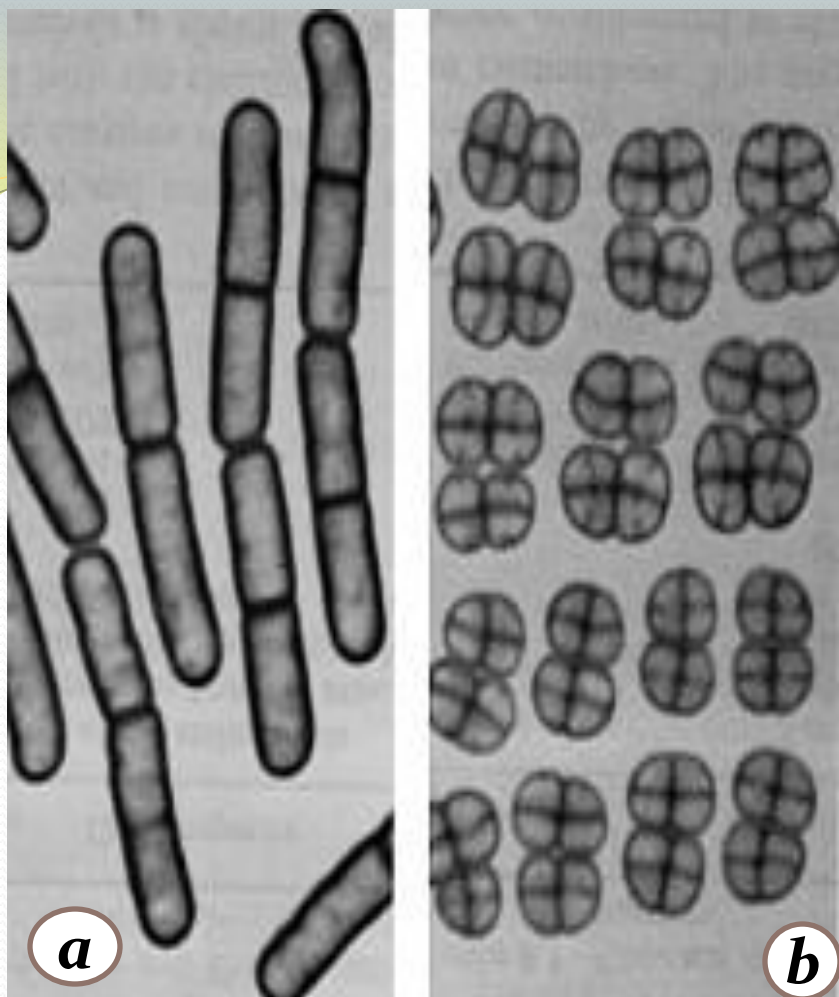


Figure: Morphologie de quelques cellules bactériennes : **bacilles** et **coques** (x 2 600)

(a) *Bacillus megaterium*;
(b) *Tetraococcus canadensis*

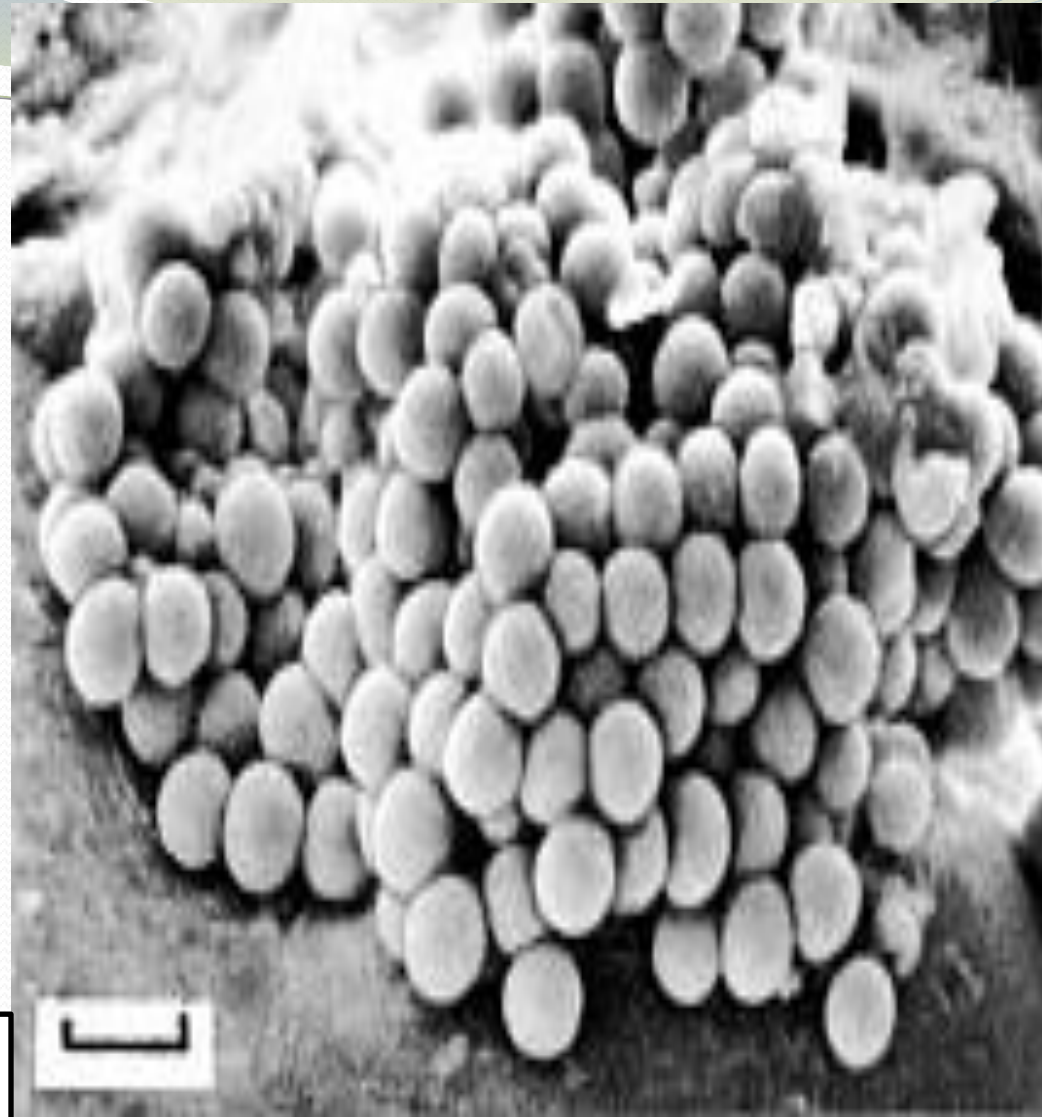
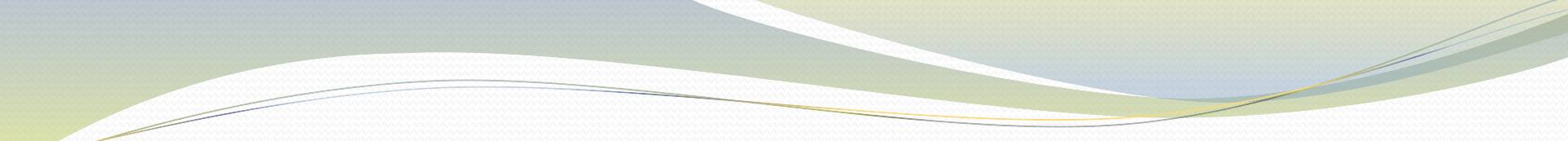


Figure: Colonie de *Staphylococcus aureus* observée en microscopie à balayage; (barre = 2 μ m).



La morphologie des Eubactéries semble correspondre à une adaptation à leur niche écologique et à leur capacité à se déplacer. Ainsi, les bactéries sphériques dont le rapport surface/volume est faible seraient avantagées dans des milieux riches en nutriments et sont rarement mobiles. Inversement, les bacilles, dont le rapport surface/volume est plus grand, seraient mieux adaptés à une vie dans des milieux pauvres. Ils peuvent par ailleurs être munis de flagelles et se déplacer.

Êtres vivants Eucaryotes et unicellulaires

Les Protistes

- **Les protistes sont des microorganismes Eucaryotes unicellulaires.**
- Ils présentent des milieux et des modes de vie très divers : ils sont rencontrés aussi bien en milieu marin qu'en eau douce mais également dans le sol.
- Ils peuvent être regroupés, de manière simplifiée, en deux grands types:
 1. **Les protistes apparentés aux animaux (protozoaires)**
 2. **Les protistes apparentés aux végétaux (algues)**

Les protistes apparentés aux animaux (protozoaires) : ce sont généralement des organismes unicellulaires hétérotrophes, tels que les amibes et les paramécies.

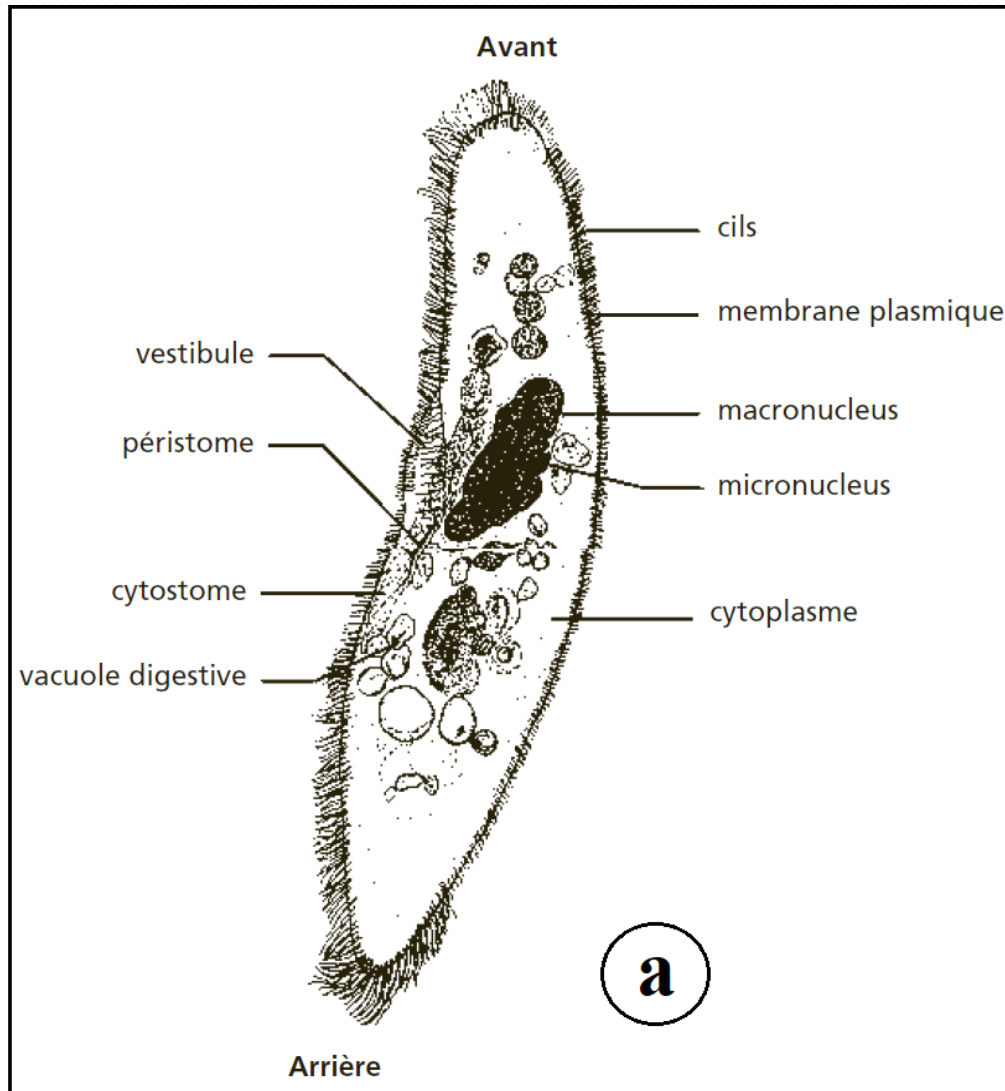


Figure :
Paramécie. En (a) représentation schématique. En (b) cliché microscopique (Microscopie optique (montage in toto), x 400)

Les protistes apparentés aux végétaux (Algues) : ce sont des organismes capables de réaliser la photosynthèse, comme certaines algues vertes unicellulaires.

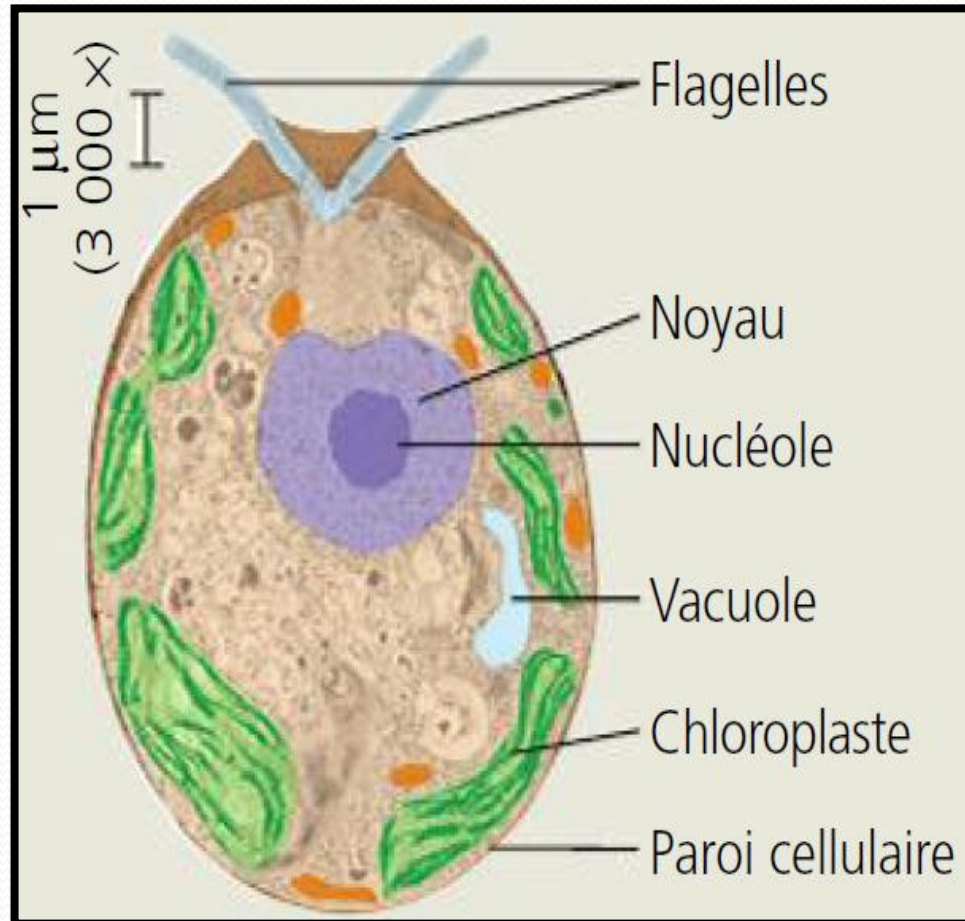


Figure: *Chlamydomonas* Observation en Microscopie électronique en transmission (MET) colorisée

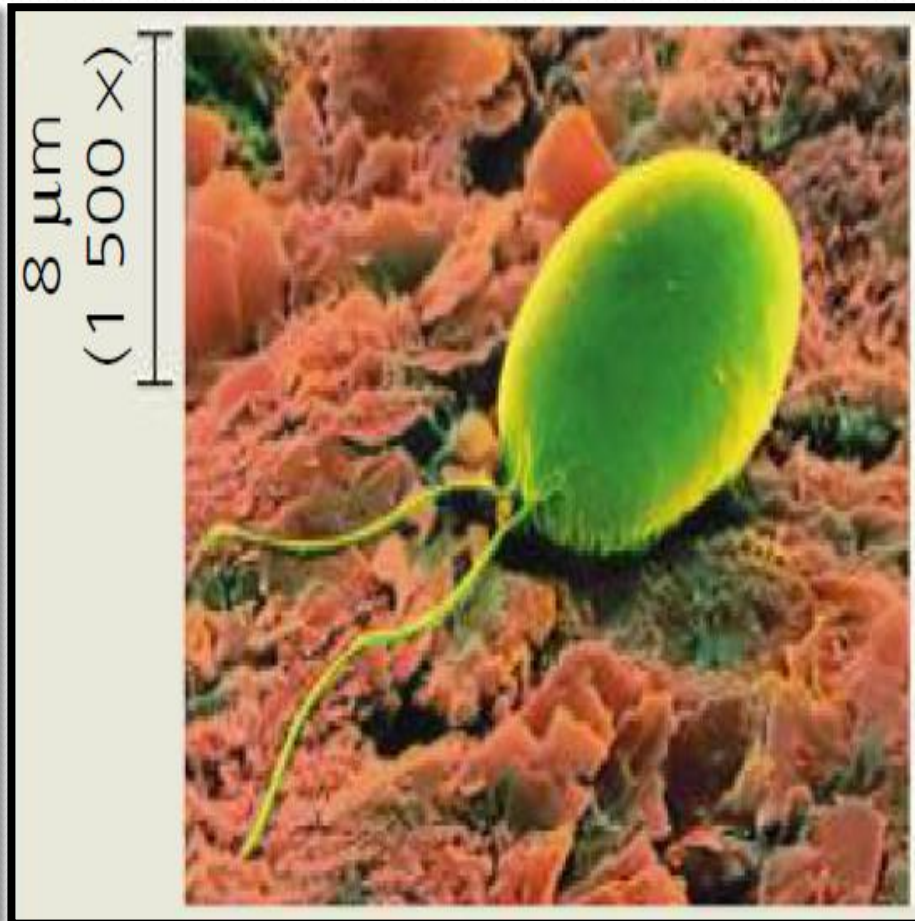
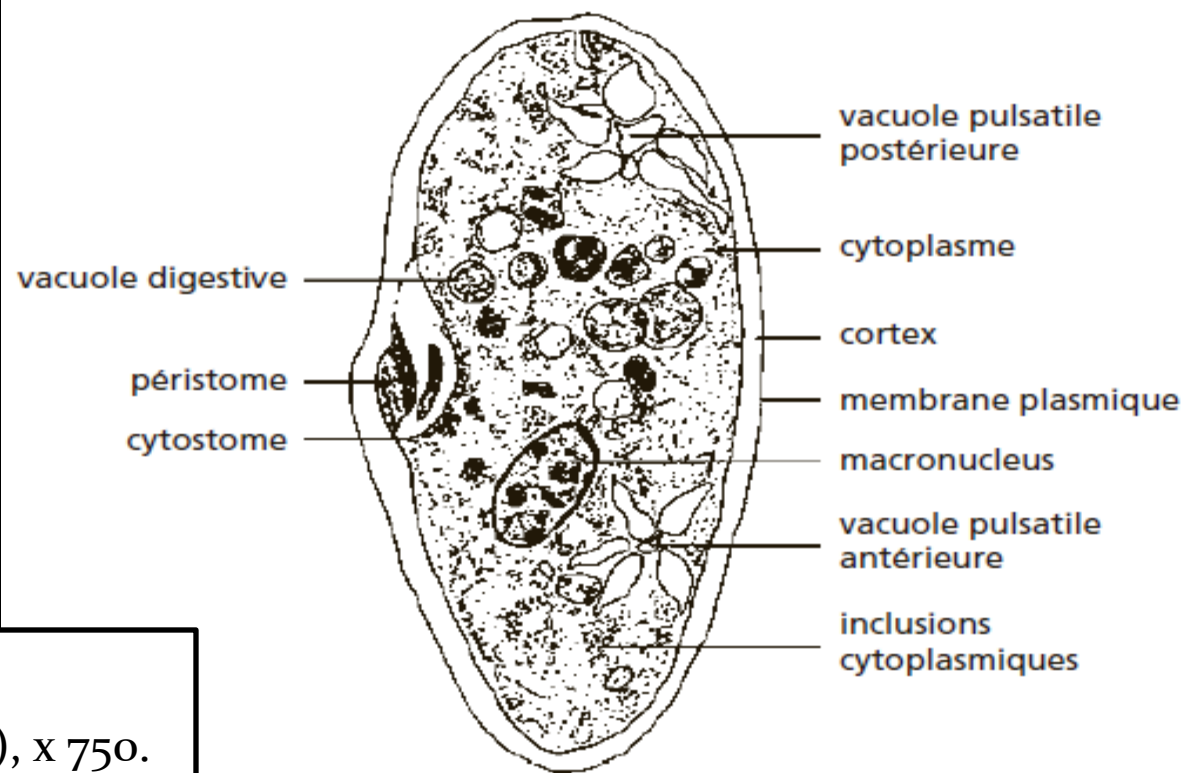


Figure: *Chlamydomonas* Observation au microscope électronique à balayage (MEB) colorisée

- Ces organismes sont constitués par une cellule unique, possédant l'organisation typique de toute cellule eucaryote. Limitée par une membrane, elle est composée d'un cytoplasme structuré par un système de fibrilles, dans lequel baignent divers organites. Le matériel génétique est contenu dans un noyau.
- Cette cellule est à elle seule un organisme et réalise l'ensemble des fonctions caractéristiques de la vie.
- Elle présente ainsi des structures dont la **différenciation** est poussée, qui lui permettent de se mouvoir (cils), de s'alimenter (péristome=cavité buccale, cytostome =bouche,), d'excréter (cytoprocte = pore anal) et de contrôler sa pression osmotique.



Cellule d'une Paramécie:
Microscopie à contraste de phase), x 750.

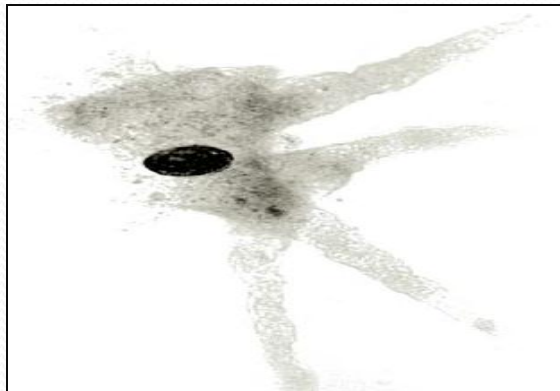
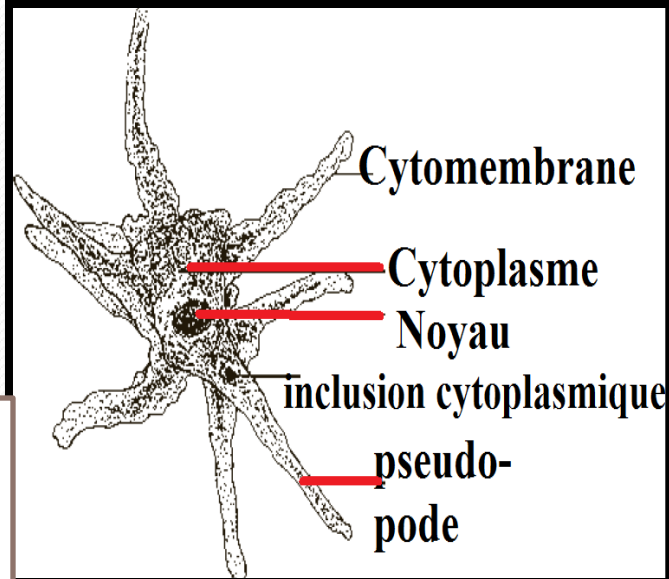


Figure: *Amibe*
Microscopie optique
(montage in toto), x 400.



Protozoaires

protistes apparentés
aux cellules
animales : ici
une *Paramécie* et
une *Amibe*

Êtres vivants Eucaryotes et pluricellulaires

Les Champignons

Les Champignons vrai ou les Eumycètes, sont des eucaryotes hétérotrophes

Sur le plan structural, la plupart des Champignons se présentent sous la forme d'organismes multicellulaires : moisissures, et champignons

Les organismes unicellulaires tels que les levures sont, quant à eux beaucoup moins nombreux (les levures sont traditionnellement utilisées dans l'industrie agroalimentaire).

Êtres vivants Eucaryotes et pluricellulaires

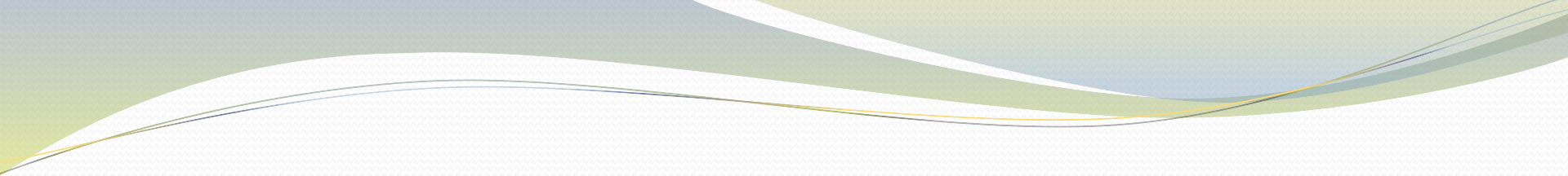
Les Champignons



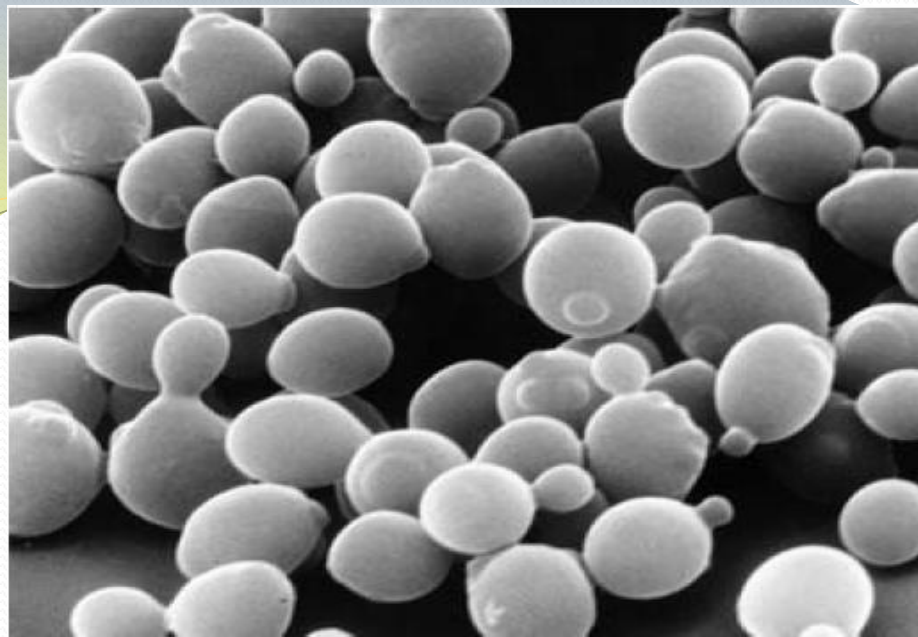
Figure: Champignon. (*moisissures*)
Colonies d'*Aspergillus* species,



Figure Champignon.
Amanita, espèce très toxique.

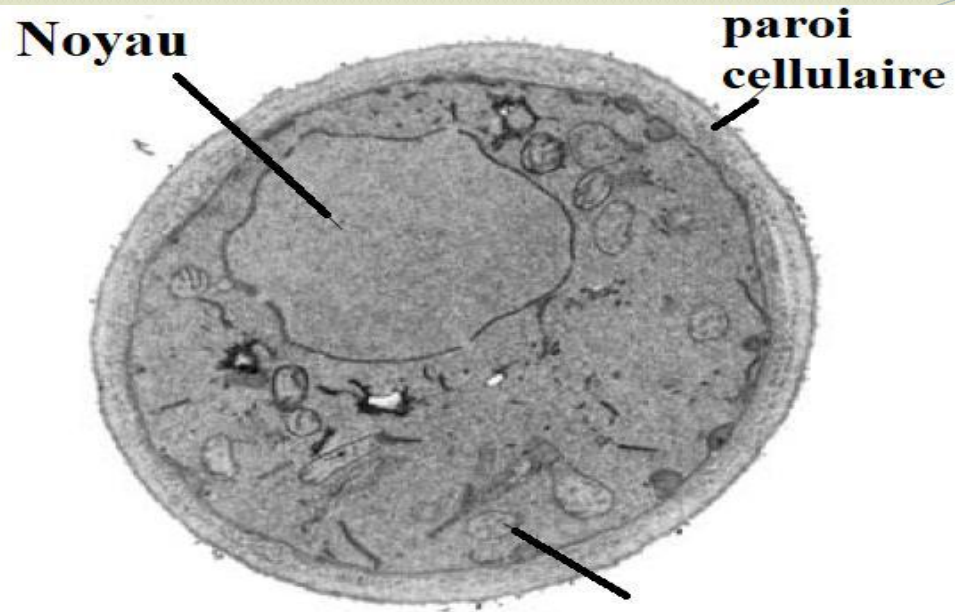


Les cellules fongiques sont constituées des mêmes organites que les autres eucaryotes. Elles possèdent un véritable noyau, une membrane plasmique et un système endomembranaire complexe. La plupart des espèces possèdent des mitochondries. Les cellules fongiques sont plus grandes que leurs homologues bactériens, mais généralement plus petites que les cellules animales et végétales.



(a)

10 μm



(b)

2 μm

Figure : La levure *Saccharomyces cerevisiae*.

(a) Micrographie électronique à balayage d'un groupe de cellules. Cette espèce est également appelée levure bourgeonnante ; elle prolifère en formant une protubérance ou bourgeon qui s'agrandit puis se sépare du reste de la cellule d'origine. De nombreuses cellules présentant des bourgeons sont visibles sur cette micrographie.

(b) Micrographie électronique à transmission d'une coupe transversale d'une cellule de levure, montrant son noyau, sa mitochondrie et son épaisse paroi cellulaire.

Êtres vivants Eucaryotes et pluricellulaires

Végétaux = Plantes vertes

- Plantes vertes : organismes eucaryotes et pluricellulaires capables de réaliser la photosynthèse.
- Les plantes vertes sont autotrophes vis-à-vis du carbone ; c'est-à-dire qu'elles sont capables de se nourrir principalement ou exclusivement de sels minéraux et de gaz carbonique.



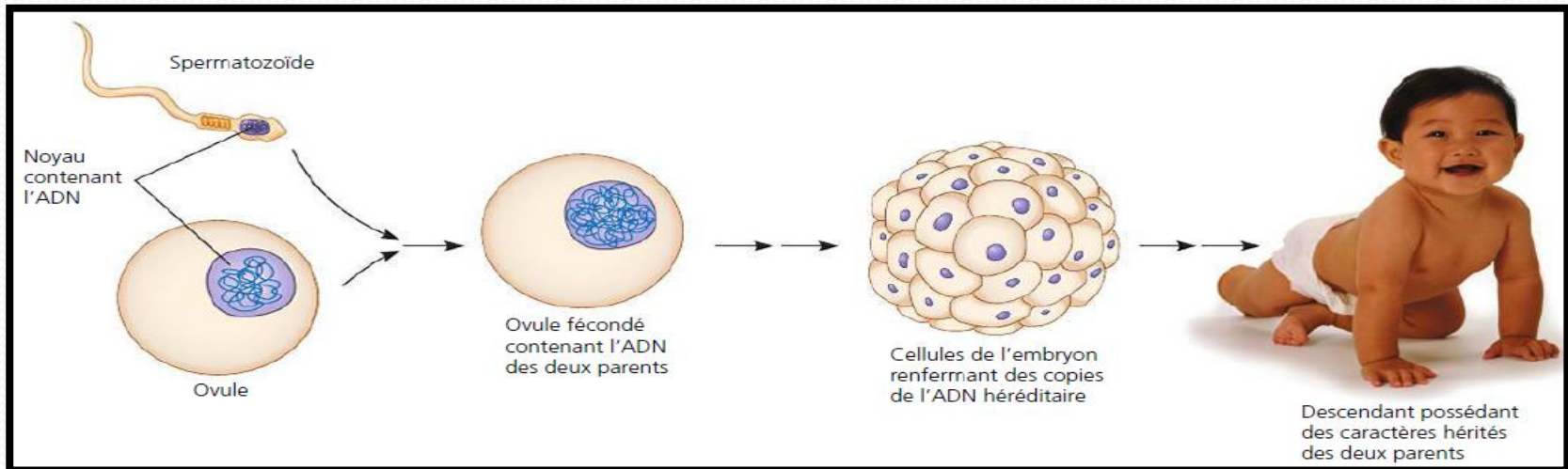
Êtres vivants Eucaryotes et pluricellulaires

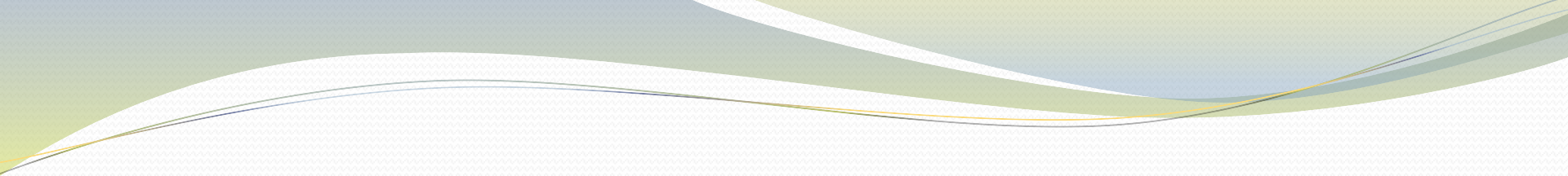
Animaux = Métazoaires

Tous les animaux sont des organismes eucaryotes et pluricellulaires

les animaux se distinguent par 3 propriétés importantes :

- 1) L'hétérotrophie, c'est-à-dire qu'ils utilisent, pour leurs synthèses, la matière organique produite par les organismes autotrophes ;
- 2) La sensibilité, c'est-à-dire la capacité à réagir à un stimulus ;
- 3) La motilité, c'est-à-dire la capacité à effectuer des mouvements.





Evolution des cellules depuis la cellule primordiale

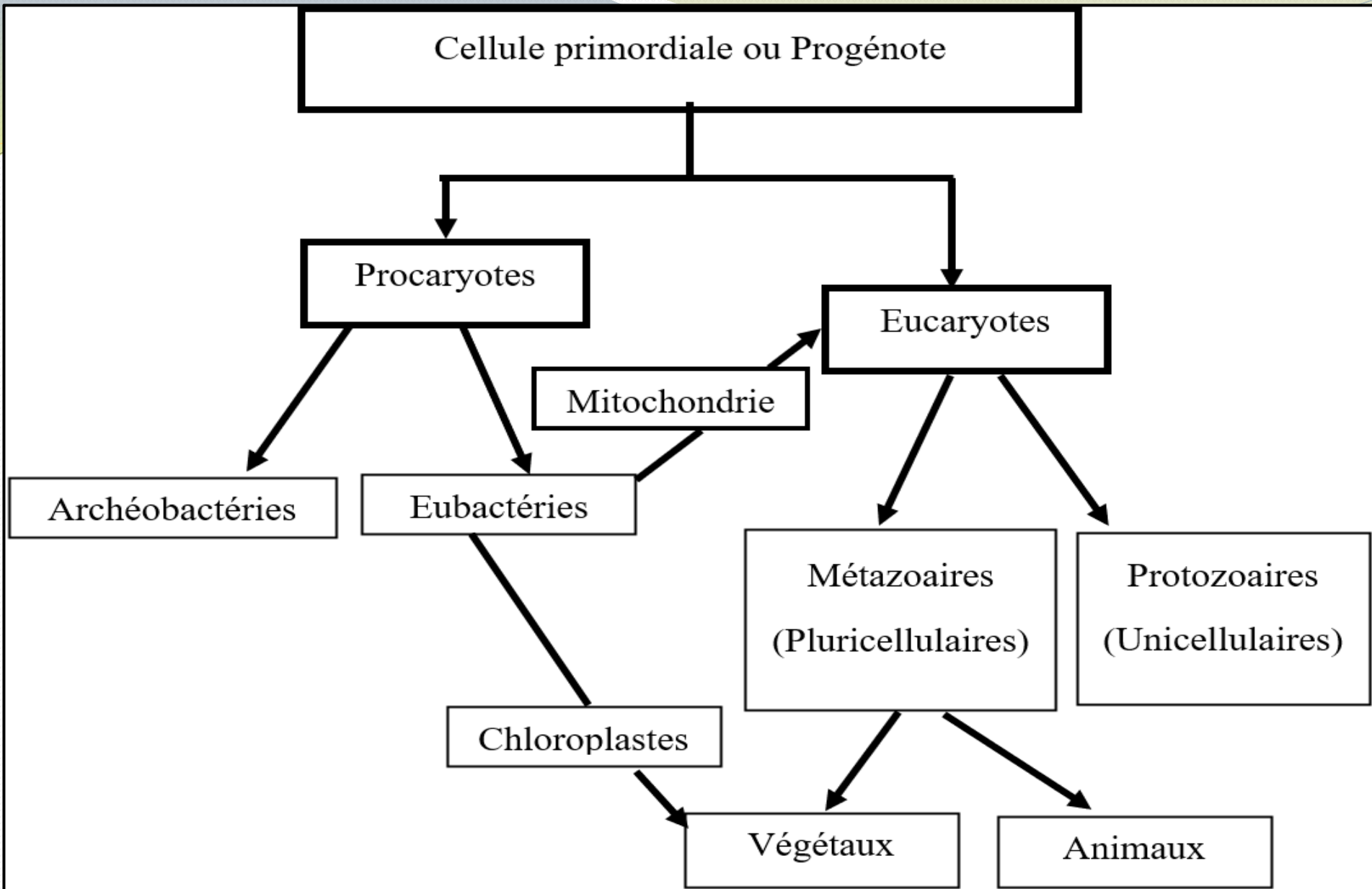


Figure : Diagramme représentant la correspondance et évolution des cellules depuis le progénote

La théorie endogène

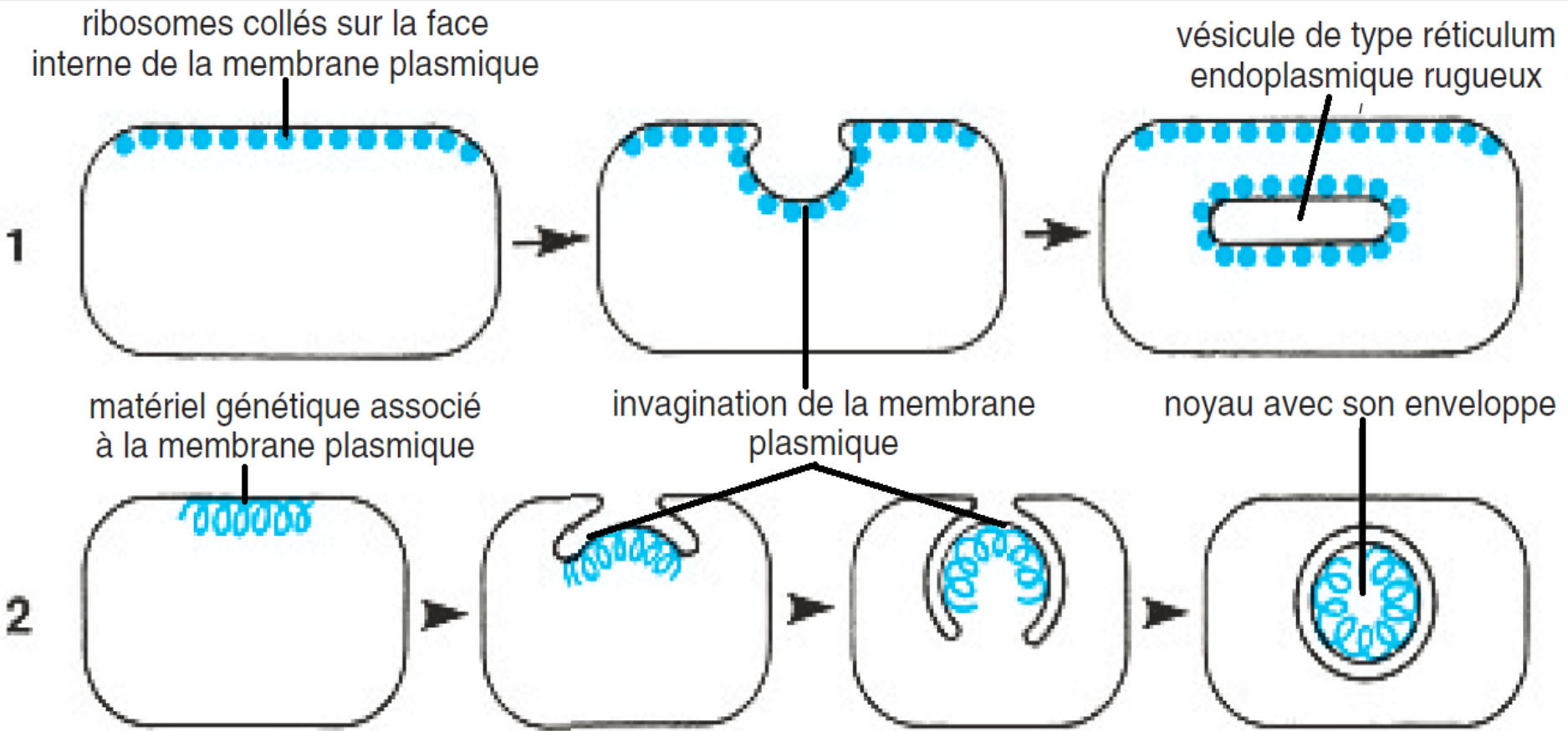


Figure: Représentation simplifiée de la théorie endogène des systèmes membranaires internes. **1)** genèse du réticulum endoplasmique par invagination de la membrane plasmique d'une cellule ancestrale procaryotique. ; **2)** genèse du noyau par invagination de la membrane plasmique d'une cellule ancestrale procaryotique

La théorie endosymbiotique

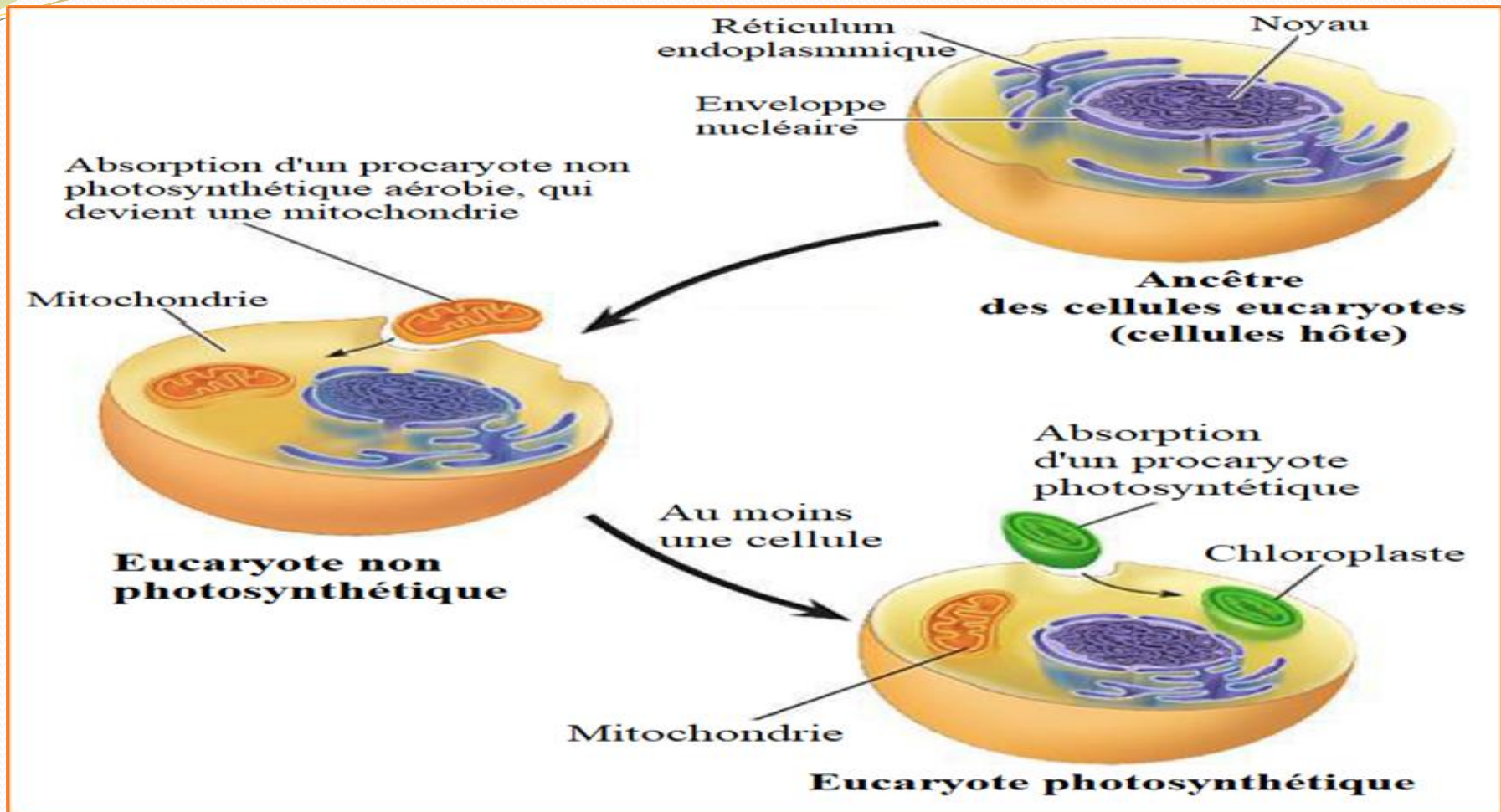


Figure: La théorie endosymbiotique de l'origine des mitochondries et des chloroplastes dans les cellules eucaryotes. Les grandes flèches indiquent le changement au fil de l'évolution ; les petites flèches dans les cellules montrent le processus par lequel l'endosymbionte est devenu un organe

Ultrastructure Des Cellules Procaryotes Et Eucaryotes



En 1937 le protozoologiste Édouard Chatton (1883–1947) proposa les termes « cellule eucaryote » et « cellule procaryote » mais la vraie nature de ces deux types cellulaires ne fut clairement précisée que vers 1957 avec les progrès de la microscopie électronique.

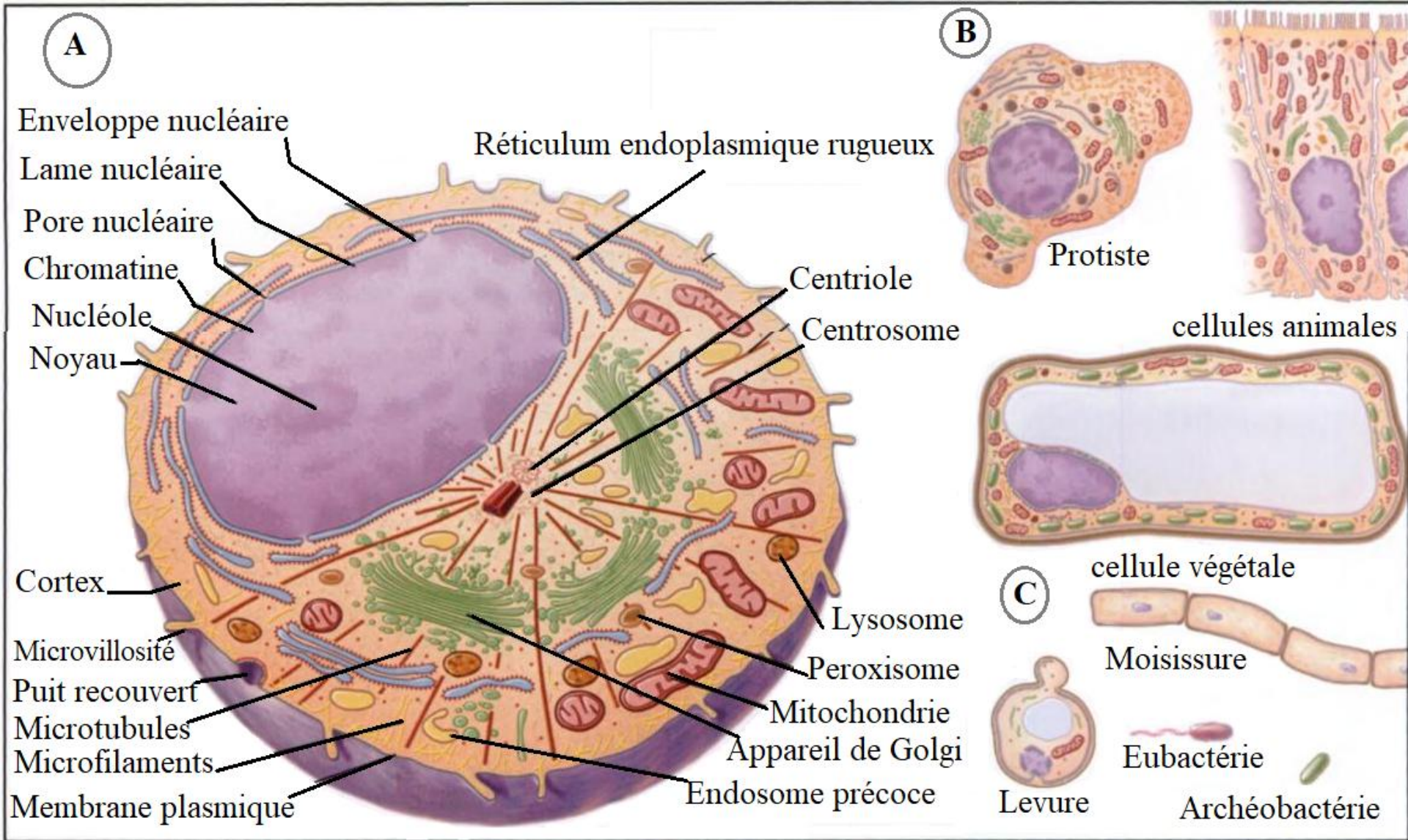


Figure : Structure fondamentale de la cellule. **A.** Illustration de la coupe d'une cellule eucaryote montrant les éléments internes. **B et C.** Illustrations de cellules appartenant aux branches majeures de l'arbre phylogénétique utilisant le même code de couleur

Quelles sont les différentes classes de cellules ?

Toutes les cellules sont procaryotes ou eucaryotes

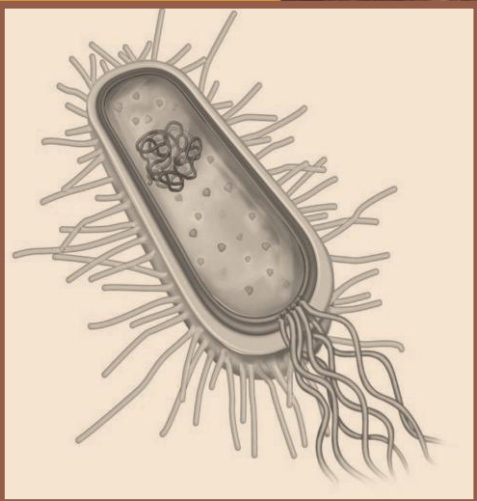
I. Procaryotes

- (pro. primitif / Caryote: Noyau)
 - Elles ne possèdent pas de noyau véritable. Leur matériel génétique est situé dans le cytoplasme, dans une région appelée **nucléoïde**.
- *Eubactéries*
- *Archaeobacteries*

II. Eucaryotes

- (Eu. Vrai/ Caryote: Noyau)
 - Elles possèdent un **noyau délimité par une enveloppe nucléaire**, ainsi que différents organites membranaires.
- **Champignons** ➤ **Végétaux**
- **Protistes** ➤ **Animaux**

Cellules Procaryotes



Organisation générale

- ❑ Les cellules **Procaryotes**, sont des cellules de très petite taille:
Taille typique de 1 à 10 μm de diamètre et de quelques μm de longueur
- ❑ Elles ne présentent pas ou peu de compartimentation au sein de leur cytoplasme (absence des organites cellulaires limités par des membranes).
- ❑ Elles ne comportent pas de noyau.

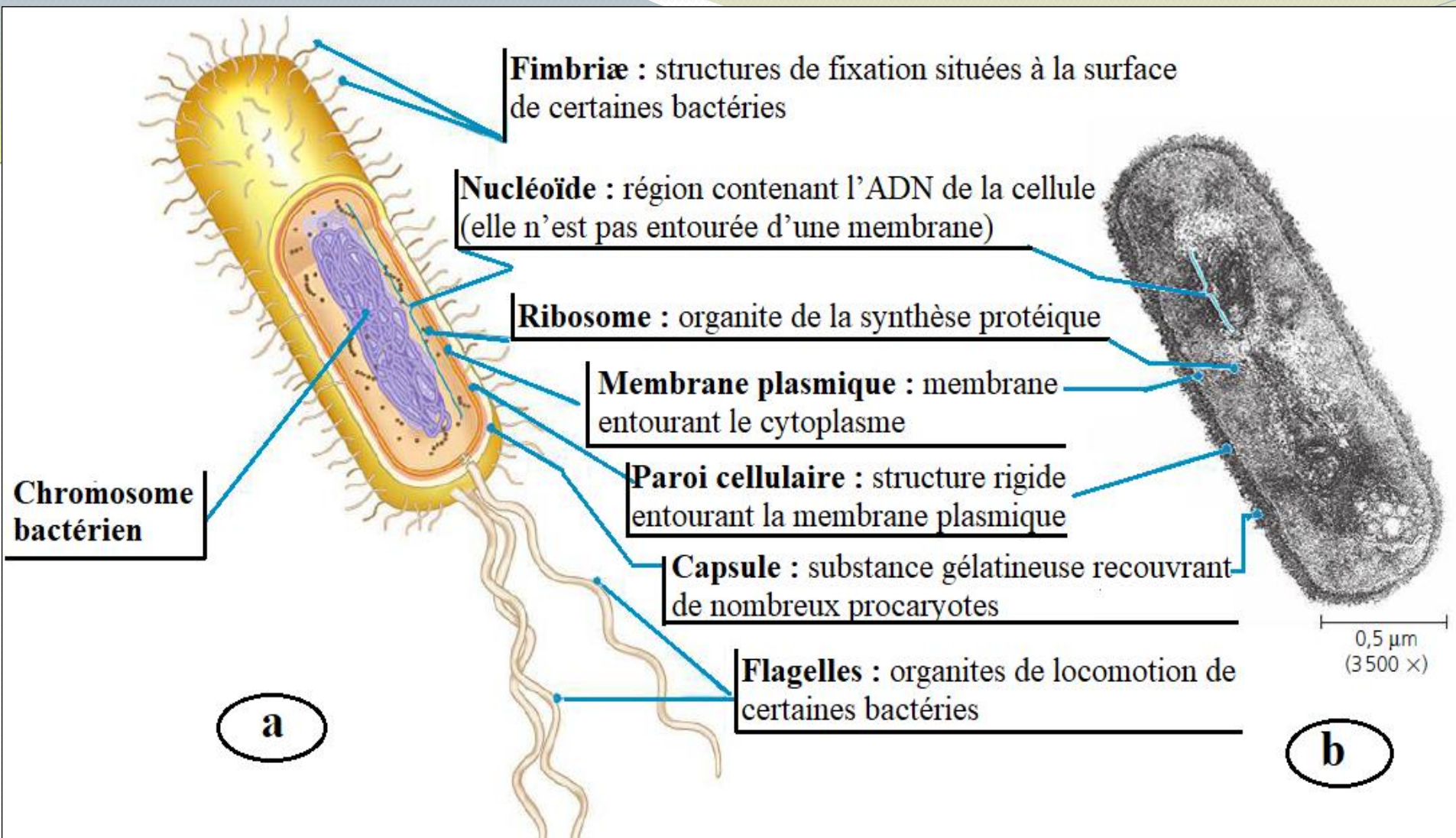


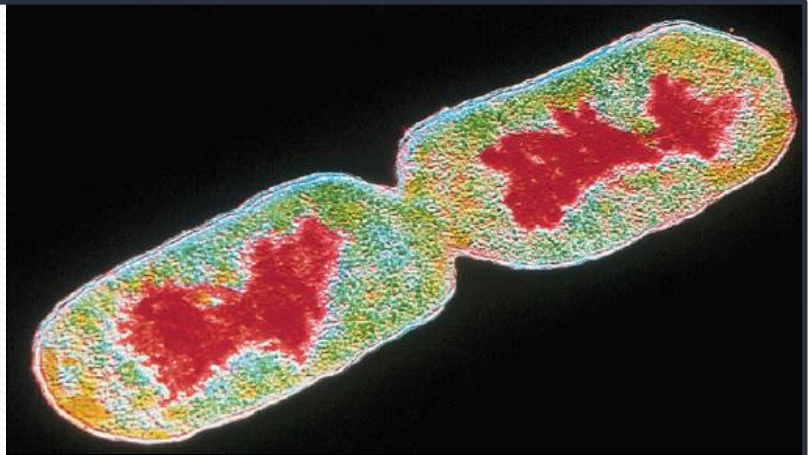
Figure : Cellule procaryote.

(a) Bactérie typique en forme de bâtonnet.

(b) Micrographie d'une coupe mince de la bactérie *Bacillus coagulans* (MET)

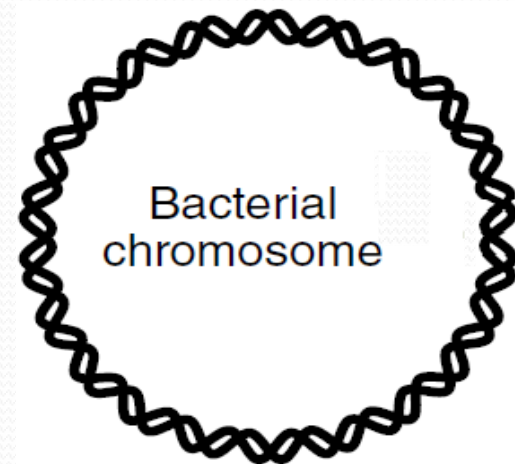
Matériel génétique

- Le génome est situé dans le nucléoïde, une région du cytoplasme qui, n'est pas entourée par une membrane.



Le nucléoïde. MET d'E. coli. L'ADN est coloré en rouge.

- Le génome se présente sous la forme d'un seul chromosome. C'est une molécule d'ADN bicaténaire et circulaire.



Matériel génétique

- Le chromosome bactérien peut être associé à la membrane plasmique au niveau de sites spécifiques d'attachement.

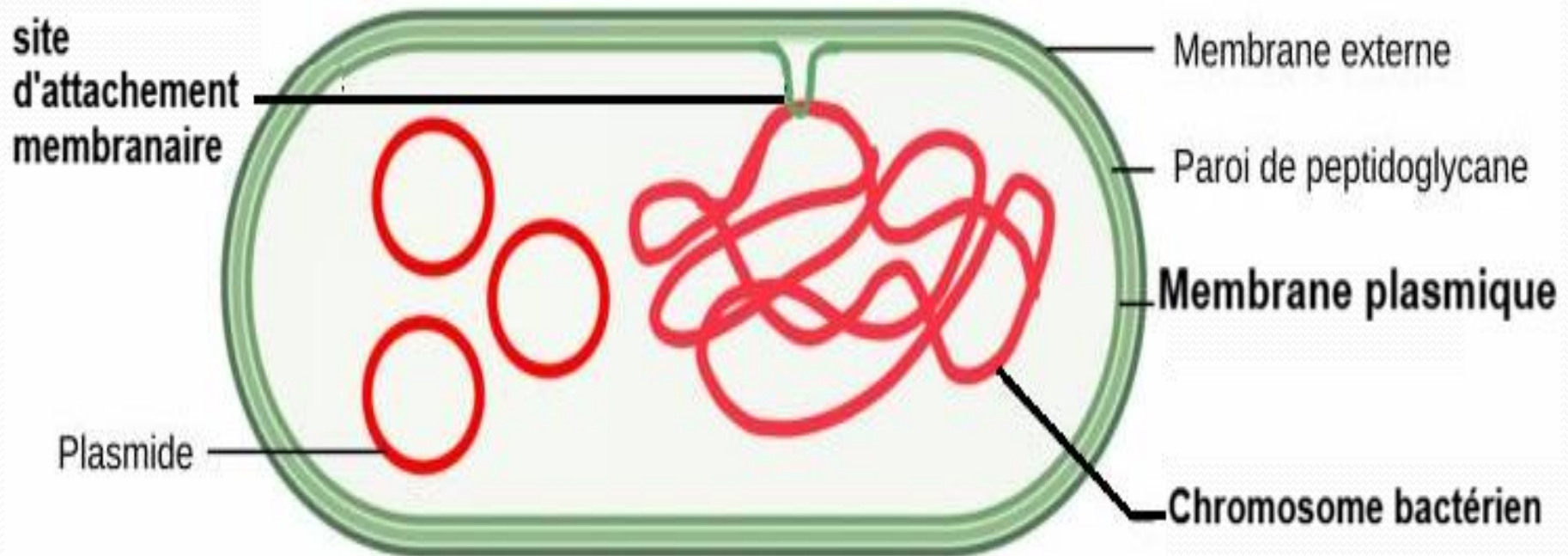


Figure: Organisation d'une bactérie à Gram négatif, type *E.coli*

Matériel génétique

Le plasmide

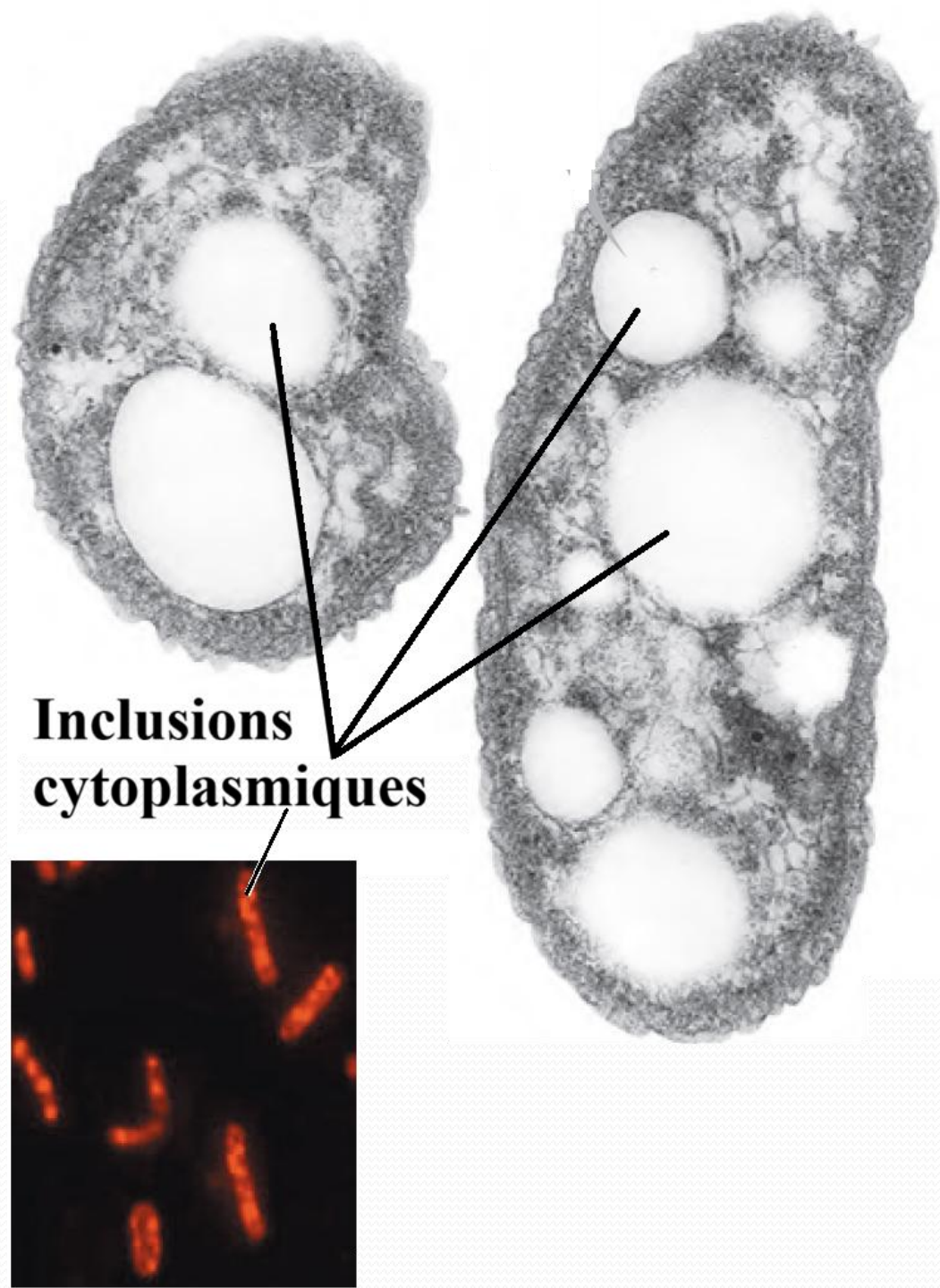
- Les bactéries peuvent parfois contenir une ou plusieurs molécules d'ADN bicaténares, circulaires et extra-chromosomiques : les plasmides.
- Les plasmides sont des structures facultatives (éléments inconstants des cellules bactériennes).
- Les plasmides sont de petits fragments d'ADN, environ cent fois moins volumineux que l'ADN chromosomique, qui codent généralement des caractères qui apportent un avantage sélectif et qui ne sont pas codés par le chromosome bactérien (ex : résistance aux antibiotiques, toxines).

Cytoplasme

- Le cytoplasme des bactéries est peu structuré, il est dépourvu de système endomembranaire (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, et enveloppe nucléaire), de mitochondrie, et de péroxysome.
- Il présente un aspect relativement homogène au microscope optique et contient essentiellement de très nombreux ribosomes, des inclusions renfermant des substances de réserve organiques, telles que de l'amidon ou du glycogène, ou inorganiques telles que des phosphates inorganiques.

Figure: Micrographie électronique d'une coupe mince de cellules d'une bactérie contenant des inclusions cytoplasmiques, (ici des granules de poly- β -hydroxybutyrate (PHB)).

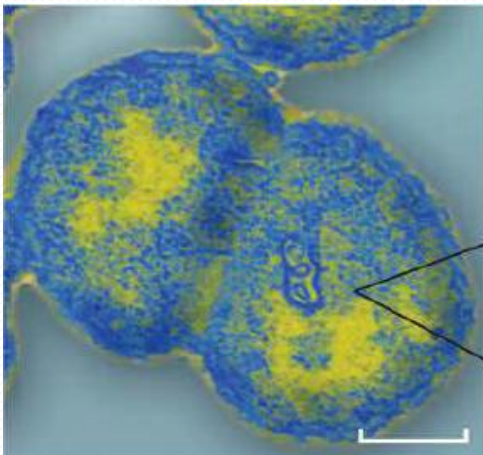
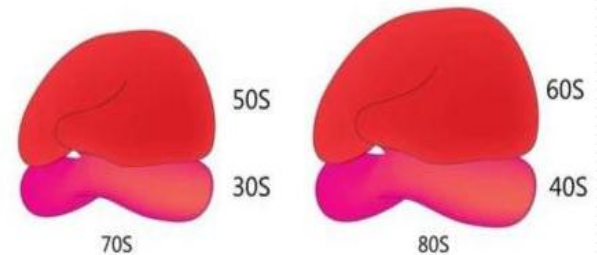
Photo en couleur : cellules d'une bactérie contenant des granules de PHB, colorées au rouge de Nil (Nile red).



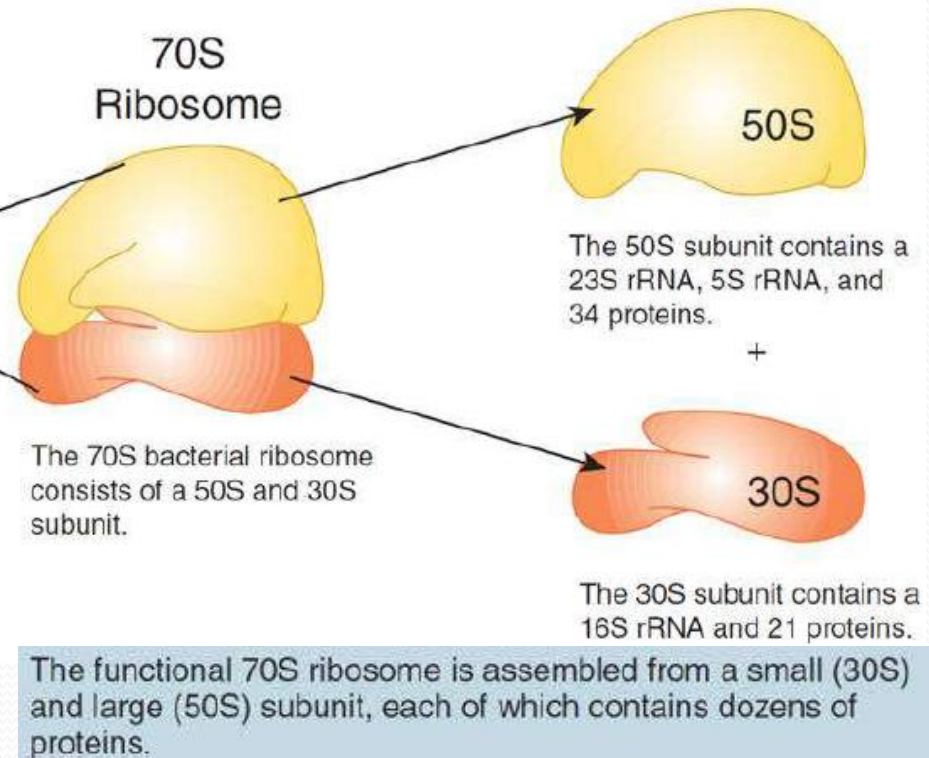
Cytoplasme

Les ribosomes sont visibles, au microscope électronique à transmission. Ils sont formés de 2 sous-unités différentes de celles des eucaryotes. Ils sont responsables de la synthèse des protéines.

RIBOSOME PROCARYOTE RIBOSOME EUVARYOTE



False-color transmission electron microscopy of *Neisseria gonorrhoeae*, showing the nucleoid (yellow) and ribosomes (blue). (Bar = 0.5 μ m)



Membrane plasmique

- Elle est constituée de deux feuillets phospholipidiques renfermant des protéines et dont les stérols sont absents, mis à part chez les mycoplasmes.
- Elle contrôle le mouvement des substances qui entrent ou sortent du cytoplasme.
- Elle joue également le rôle de la mitochondrie car elle porte les enzymes nécessaires à l'oxydation des molécules organiques.
- Elle porte aussi des récepteurs pour les molécules requises pour les réactions métaboliques et des protéines qui participent à la photosynthèse.

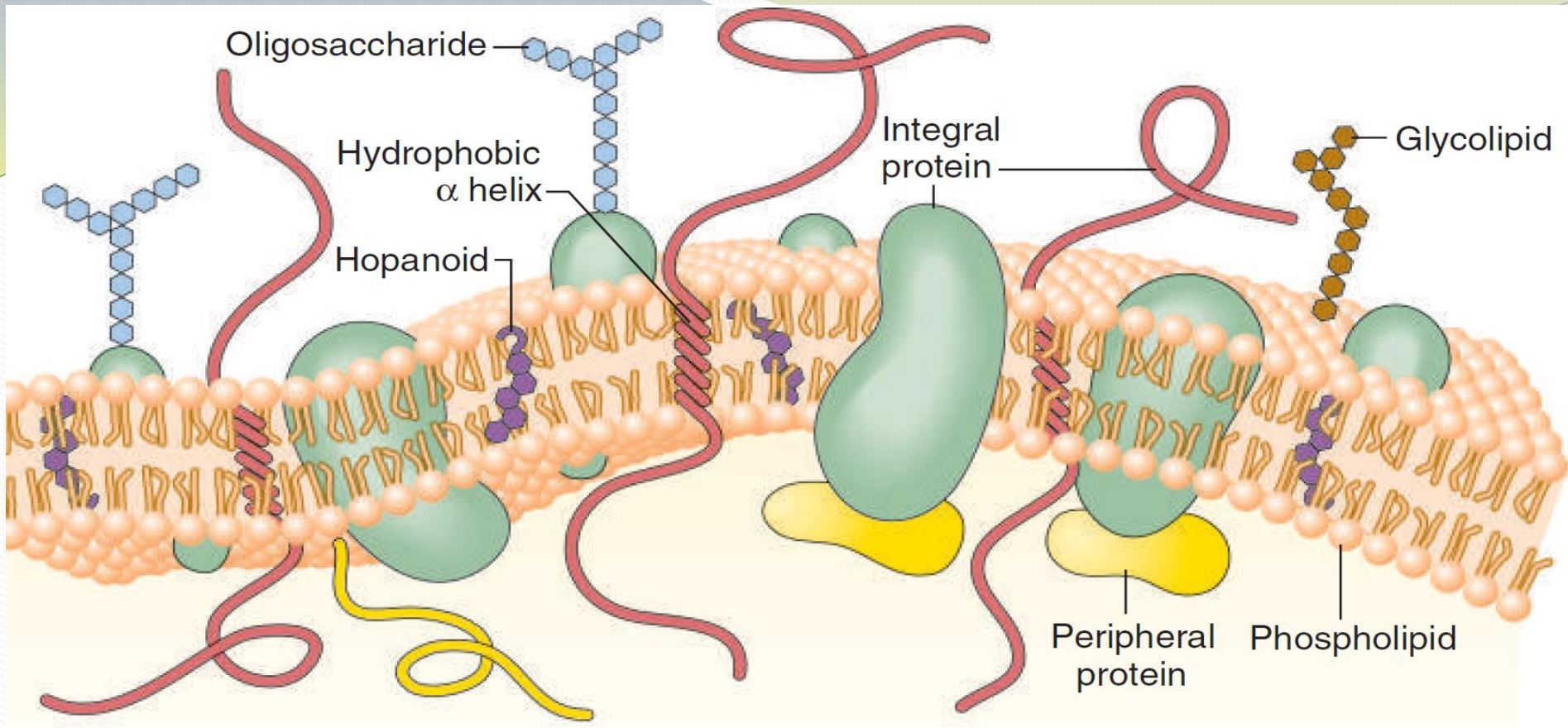


FIGURE. Structure de la membrane plasmique bactérienne. Ce schéma du modèle de la mosaïque fluide de la membrane bactérienne montre les **protéines intégrales** (vertes et rouges) insérées dans une bicouche lipidique.

Les **protéines périphériques** (jaunes) sont faiblement associées à la surface interne de la membrane.

Les petites sphères représentent les extrémités hydrophiles des phospholipides membranaires, tandis que les queues ondulées représentent les chaînes d'acides gras hydrophobes. D'autres lipides membranaires, tels que les hopanoïdes (violet), peuvent également être présents. Pour des raisons de clarté, les phospholipides sont représentés dans des proportions beaucoup plus grandes que leur taille réelle dans les membranes.

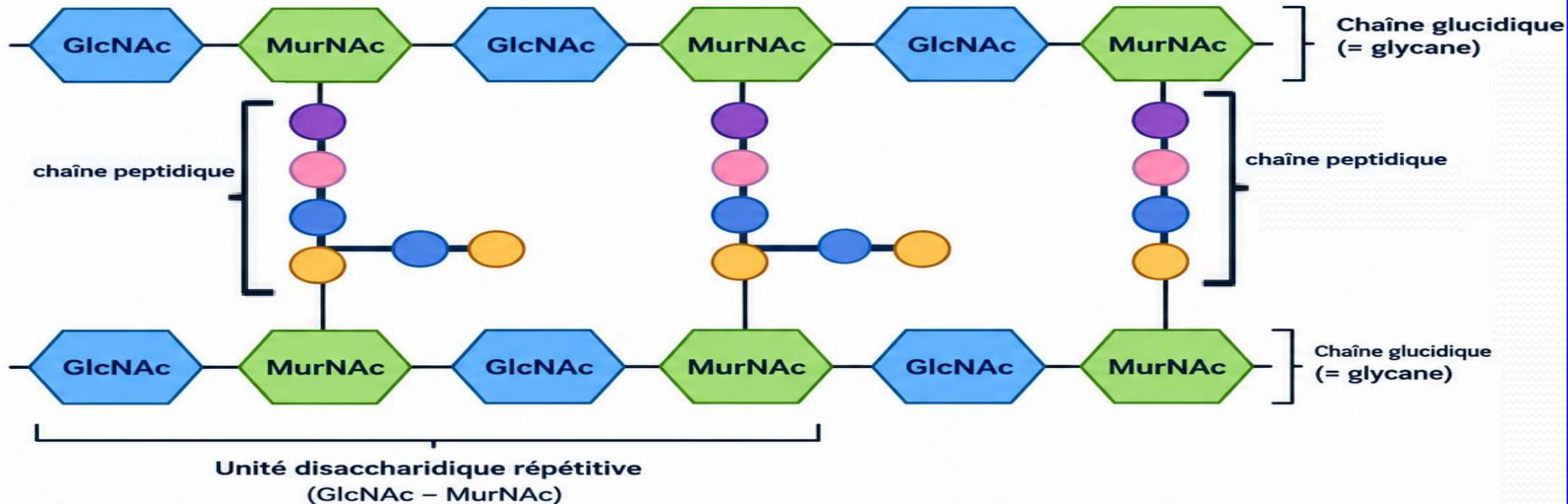
Paroi cellulaire

- La paroi est une structure continue, rigide et résistante.
- Elle est localisée à l'extérieur de la membrane plasmique.
- Elle donne à la bactérie sa forme caractéristique et la protège en lui fournissant un support physique qui la préserve de la lyse osmotique en milieu hypo-osmotique.
- Elle est retrouvée chez la plupart des espèces bactériennes sauf chez les mycoplasmes.

Paroi cellulaire

- La paroi des Eubactéries est constituée, de peptidoglycane ou muréine: un polymère complexe constant, formé d'oses aminés (**glucosamine** et **acide muramique**), et d'acides aminés constituant des ponts peptidiques entre les chaînes glucidiques.

Peptidoglycane de la paroi des eubactéries (schéma simplifié)



Le test de GRAM

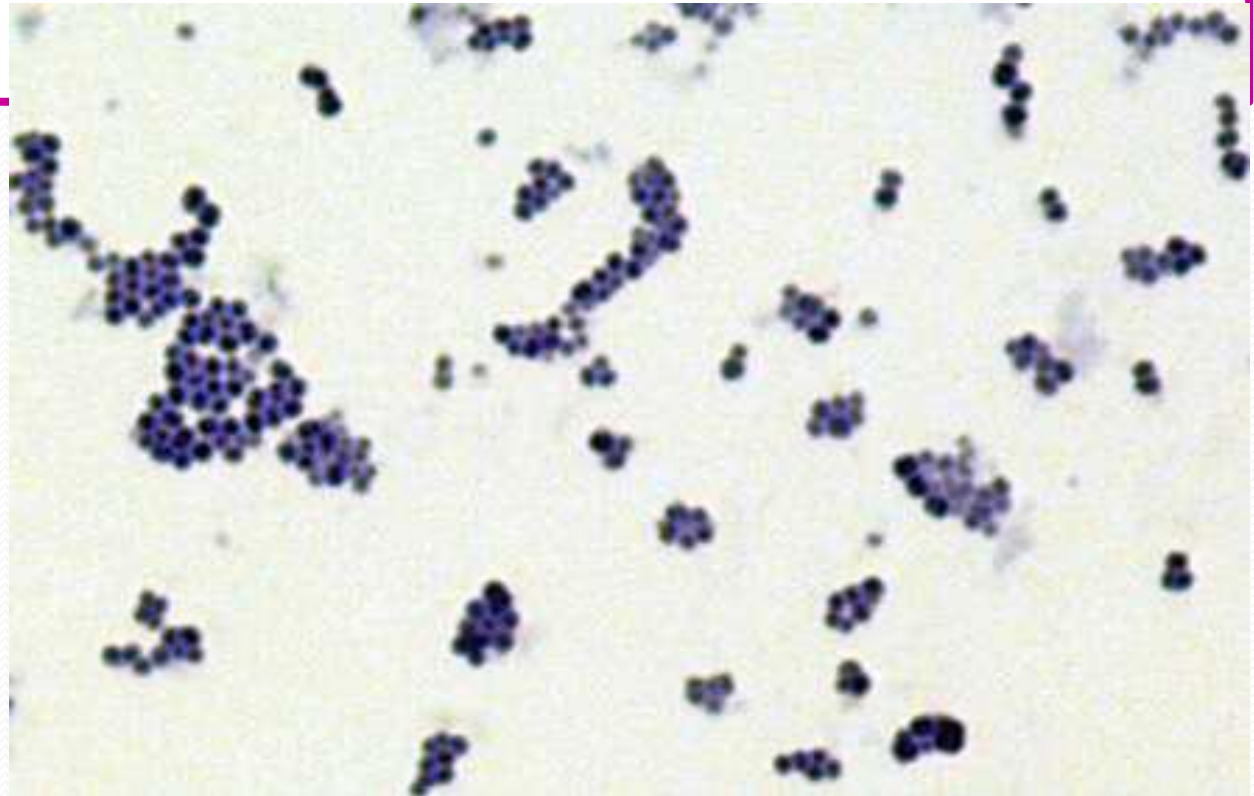
La coloration de Gram est une technique utilisée pour différencier les bactéries selon les caractéristiques de leur paroi cellulaire.

A. Bactéries Gram positives (Gram +)

Leur paroi cellulaire d'une épaisseur variant de 10 à 80 nm. possède une épaisse couche de peptidoglycane. Cette couche retient le complexe **cristal violet–iode** au cours de la coloration de Gram. Les bactéries Gram positives apparaissent donc **violettes** au microscope.

Figure: Observation microscopique (microscopie optique) de bactéries à Gram positif (violettes).

Les microorganismes observés sont des *Staphylococcus aureus*

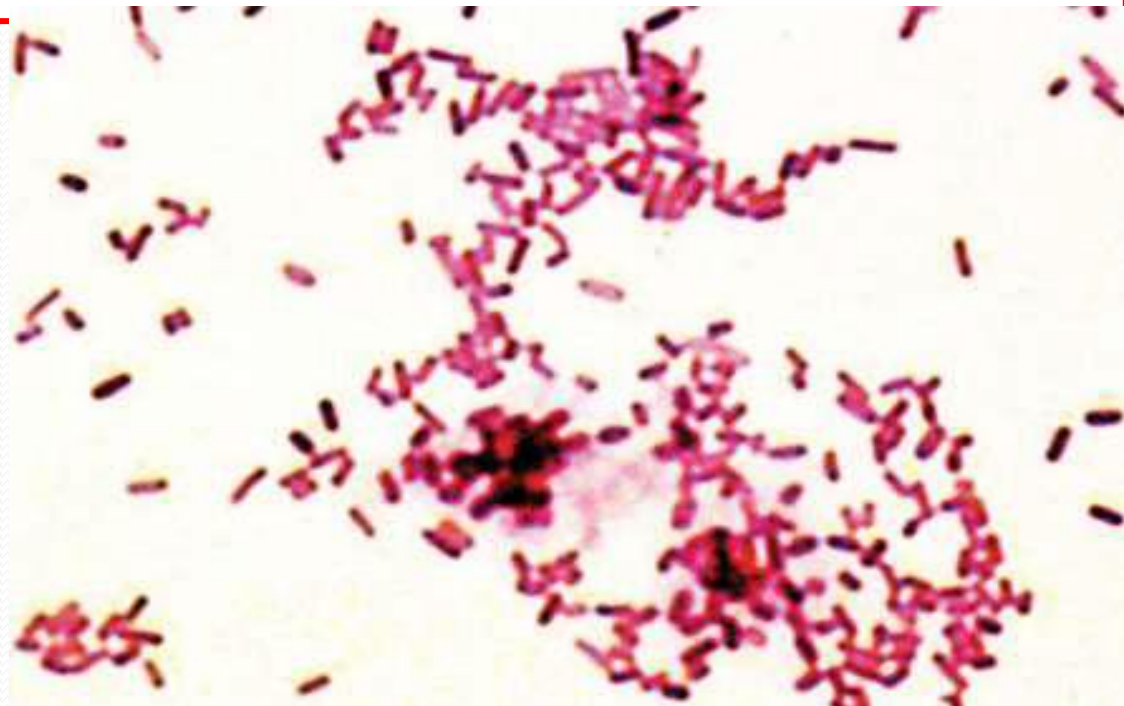


B. Bactéries Gram négatives (Gram –)

Leur paroi cellulaire de 10 nm d'épaisseur, possède **une fine couche de peptidoglycane** ainsi qu'une **membrane externe**. Après l'étape de décoloration, elles ne retiennent pas le complexe cristal violet–iode et prennent le **contre-colorant**, généralement **la safranine**. Elles apparaissent ainsi **roses à rouges** au microscope.

Figure: Observation microscopique (microscopie optique) de bactéries à Gram négatif (roses).

Les microorganismes observés sont des *Escherichia coli*



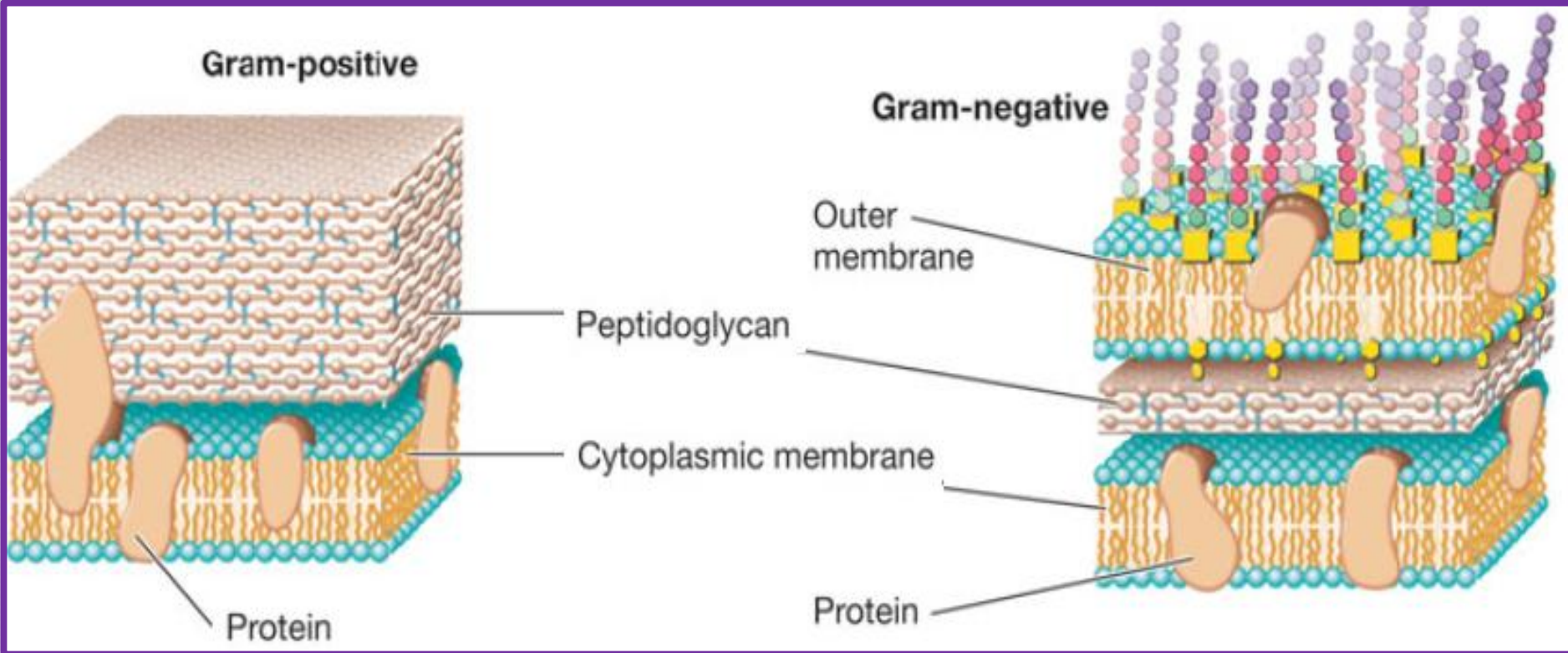


Figure : Organisation de la paroi cellulaire des bactéries Gram + et Gram -

Les **bactéries Gram -** possèdent une enveloppe cellulaire constituée de **deux membranes lipidiques** — la **membrane cytoplasmique** (ou membrane interne) et la **membrane externe** — entre lesquelles se trouve une **fine couche de peptidoglycane**. Le peptidoglycane est situé dans l'**espace périplasmique**, entre les deux membranes.

En revanche, les **bactéries Gram +** ne possèdent pas de membrane externe. Leur enveloppe comprend principalement une **membrane cytoplasmique** entourée d'une **épaisse couche de peptidoglycane**, qui constitue l'essentiel de leur paroi cellulaire.

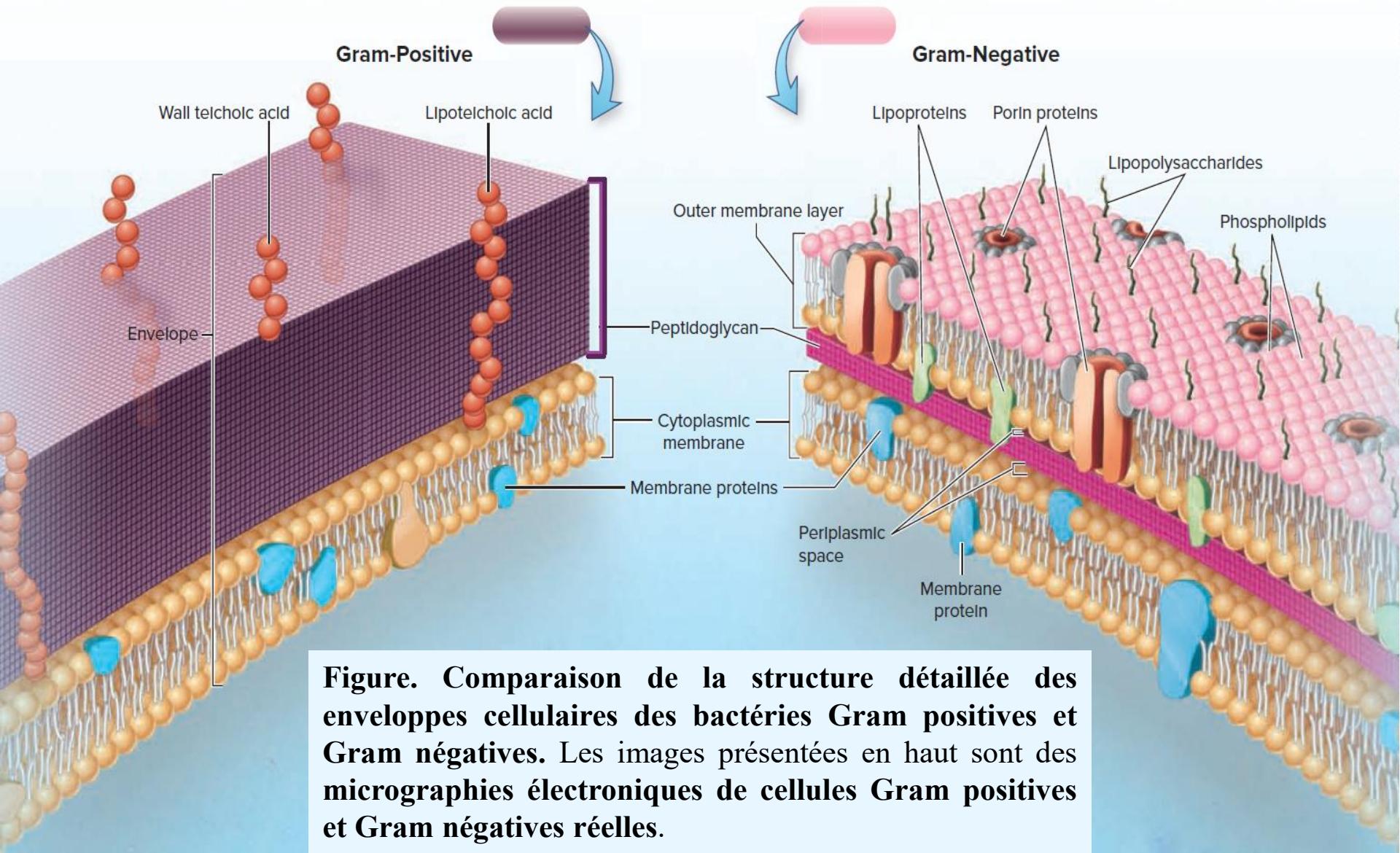
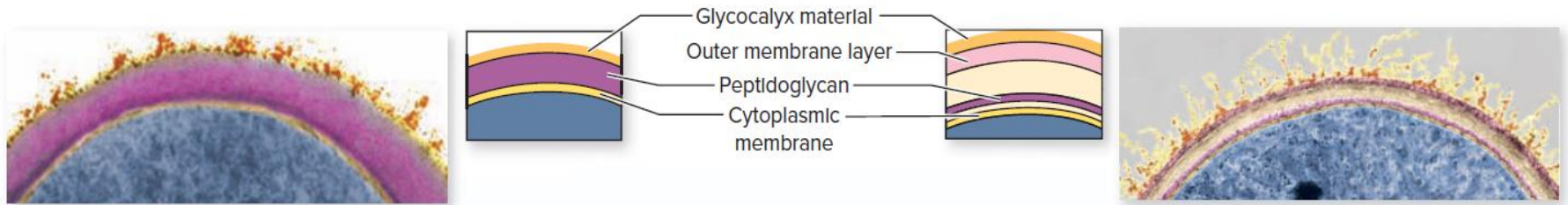
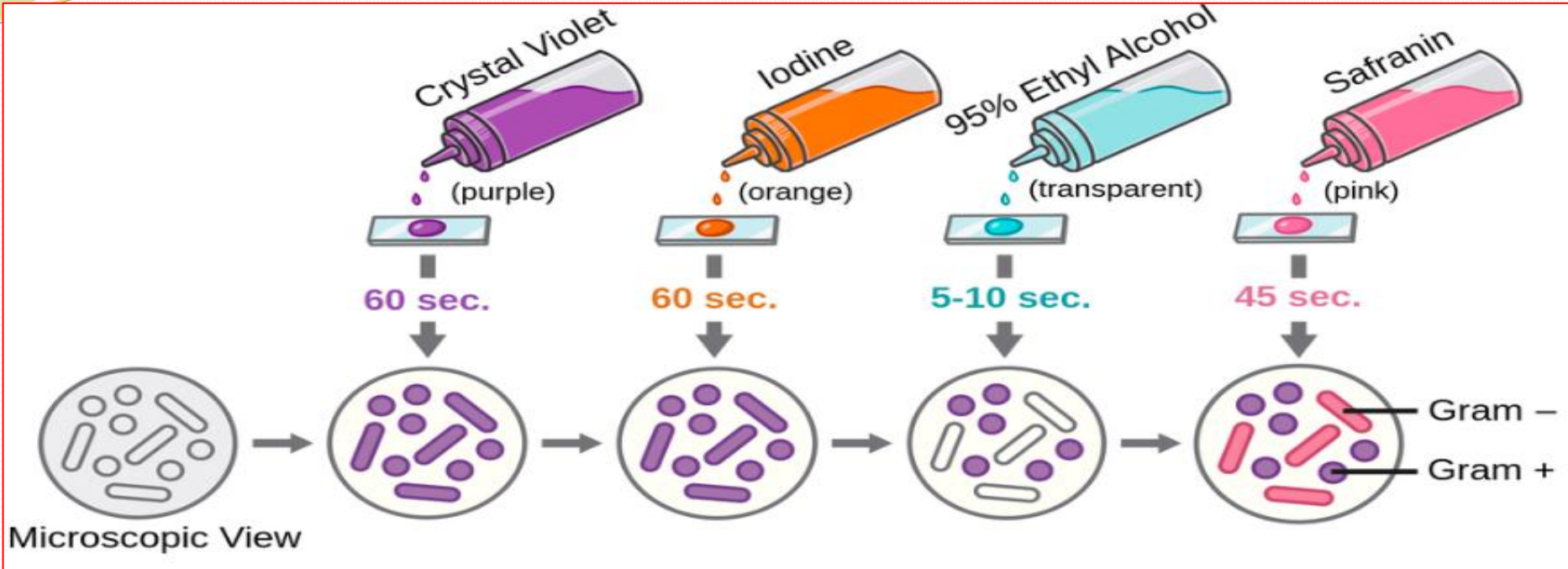


Figure. Comparaison de la structure détaillée des enveloppes cellulaires des bactéries Gram positives et Gram négatives. Les images présentées en haut sont des micrographies électroniques de cellules Gram positives et Gram négatives réelles.

Les étapes de la coloration Gram



Appliquer le **cristal violet** sur la lame et laisser agir pendant 60 secondes. Rincer la lame à l'eau.

Appliquer la solution iodée (Lugol) sur la lame et laisser agir pendant 60 secondes. Rincer la lame à l'eau.

Appliquer de **l'éthanol à 95 %** sur la lame et laisser agir pendant 5 à 10 secondes. Rincer immédiatement la lame à l'eau.

Enfin, appliquer la **safranine** sur la lame et laisser agir pendant 45 secondes. Rincer la lame à l'eau.

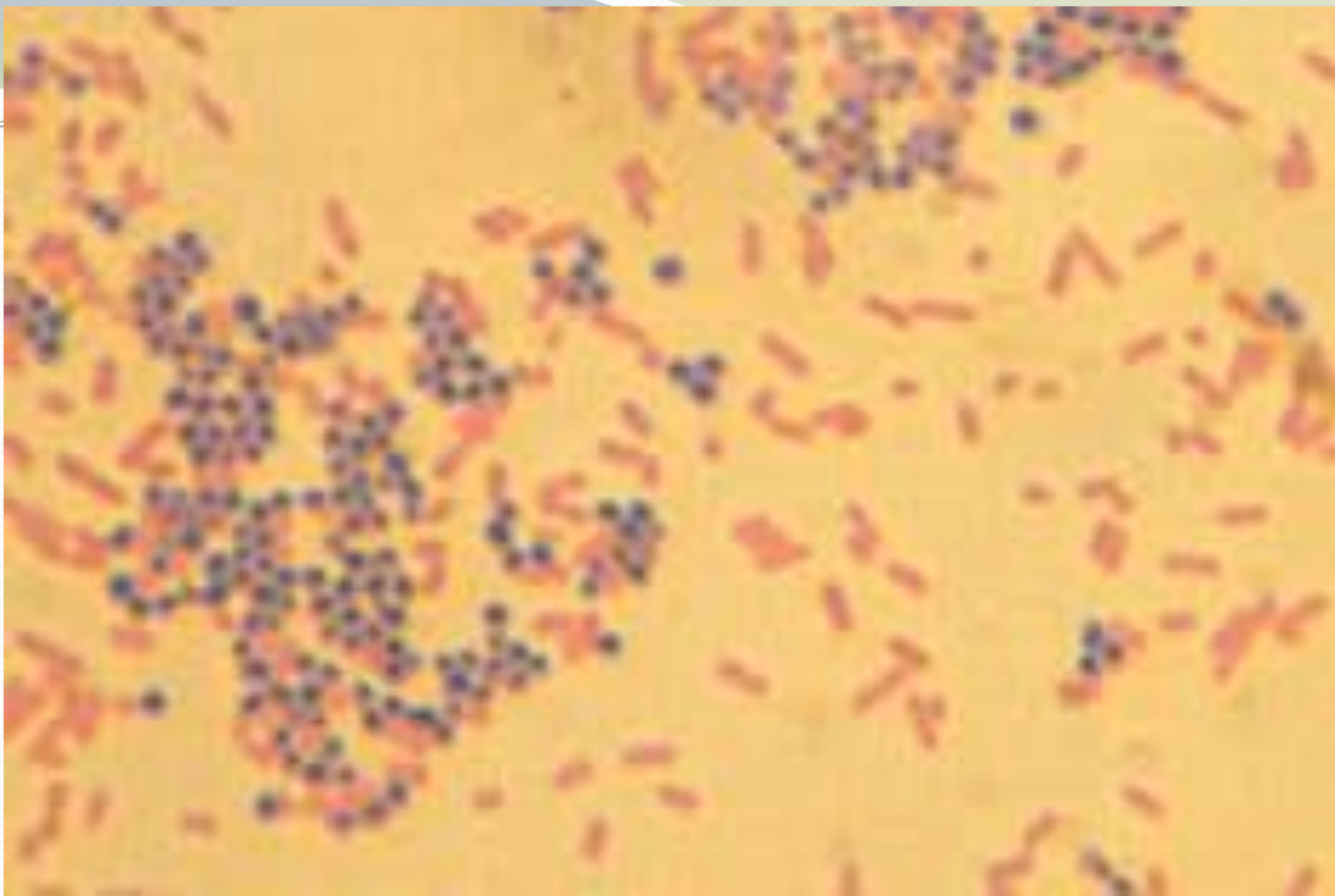
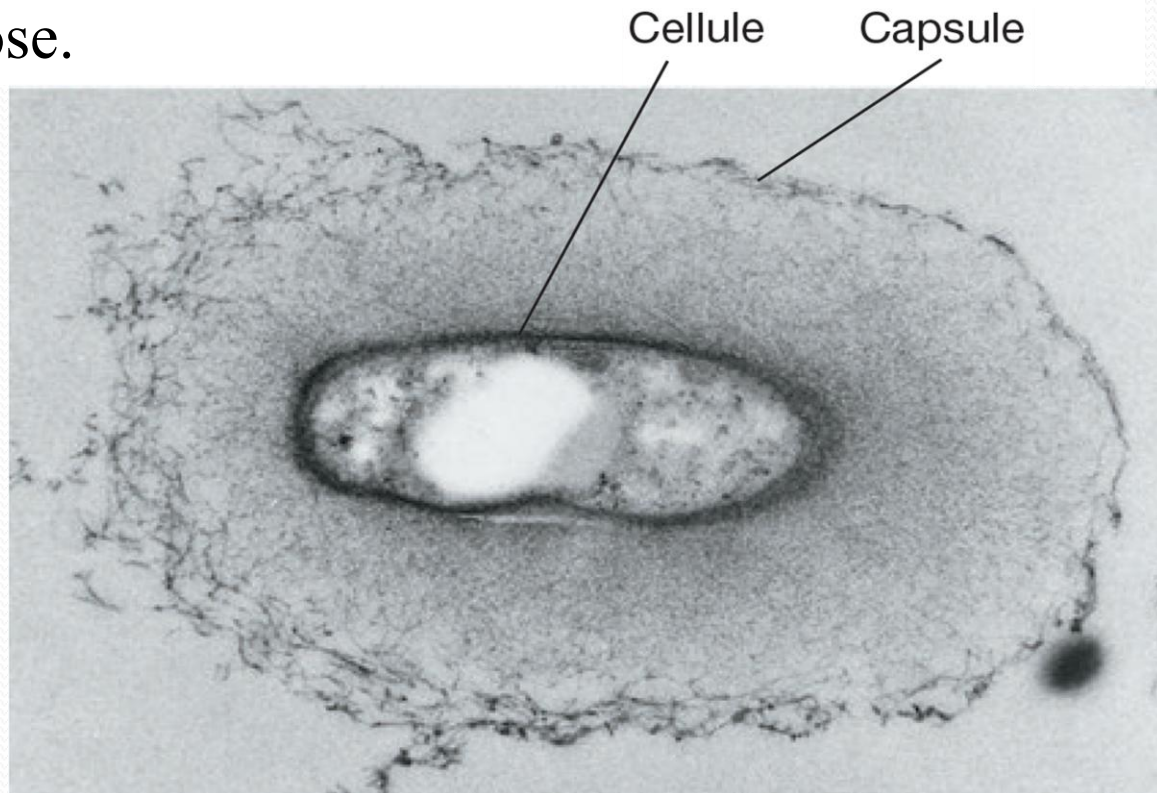


Figure: Observation microscopique (microscopie optique) de bactéries à Gram positif (violette) et à Gram négatif (roses).

Les microorganismes observés sont respectivement *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*

Capsule

La Capsule est une substance visqueuse, plus ou moins épaisse qui entoure la paroi. Possédant un pouvoir pathogène, elle permet à la bactérie d'adhérer plus facilement aux autres êtres vivants tout en la protégeant de la phagocytose.

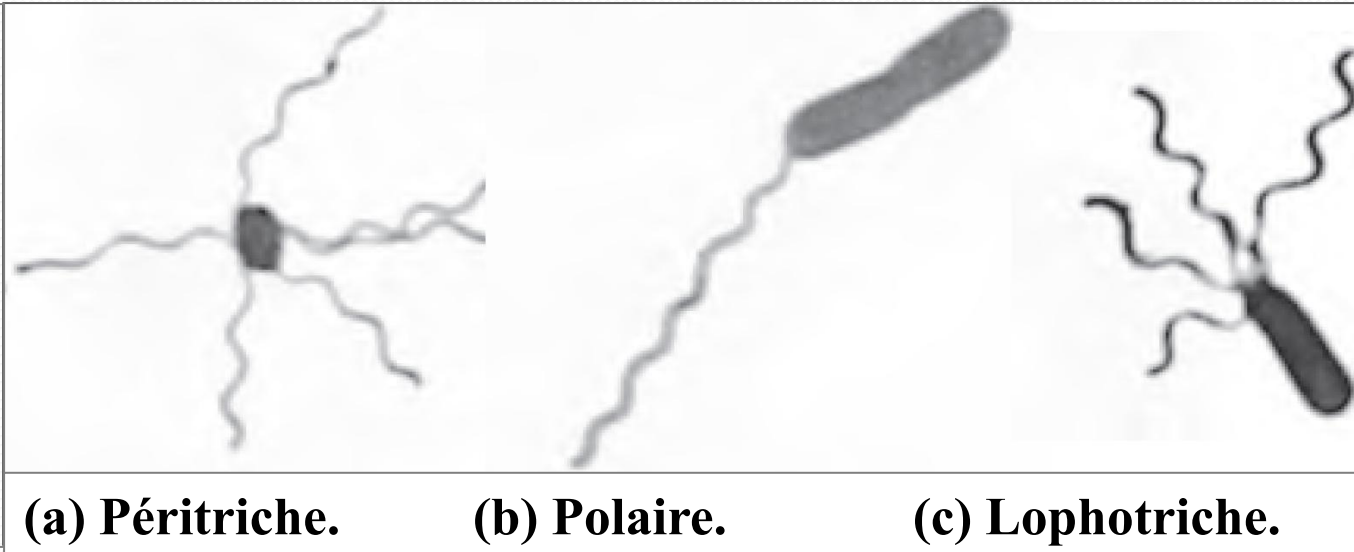


Micrographie électronique en transmission de *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii*.

Flagelles

- Les **flagelles** sont de longs appendices filamenteux, fins et flexibles, présents chez certaines bactéries. Ils sont principalement responsables de la **motilité bactérienne**
- Le **nombre et la position des flagelles** varient selon les espèces bactériennes et constituent des caractères morphologiques utiles à leur identification.

Figure. Flagelles bactériens. Microphotographies classiques en microscopie optique de bactéries présentant différentes dispositions des flagelles.





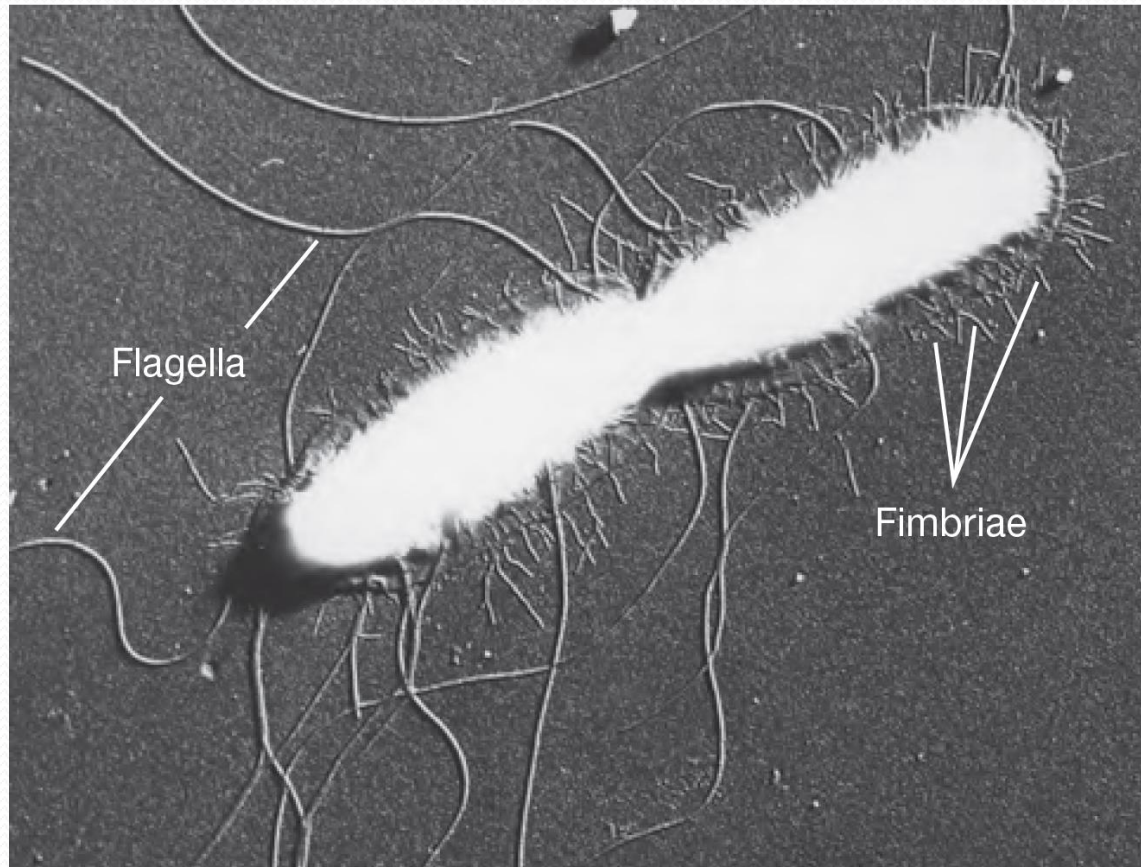
Pili

- Ce sont de minces tubes rigides, généralement plus courts et plus nombreux que les flagelles. Leur nombre peut atteindre plusieurs centaines, voire jusqu'à environ 1000 chez certaines bactéries,
- Ils sont composés de sous unités protéiques (les pilines) arrangées en hélice

Pili

- Les **pili d'attachement** (ou **fimbriae**) permettent principalement l'adhésion des bactéries aux surfaces, aux cellules et à différents supports, et sont aussi utilisés par la bactérie pour tirer la nourriture

Figure : Pili d'attachement
ou Fimbriae. Micrographie
électronique d'une bactérie
(*Salmonella* — *Typhi*),
montrant les flagelles et les
fimbriae.



Pili

- Les **pili sexuels** ou **pili de conjugaison** servent au transfert de matériel génétique entre bactéries au cours d'un processus appelé conjugaison.

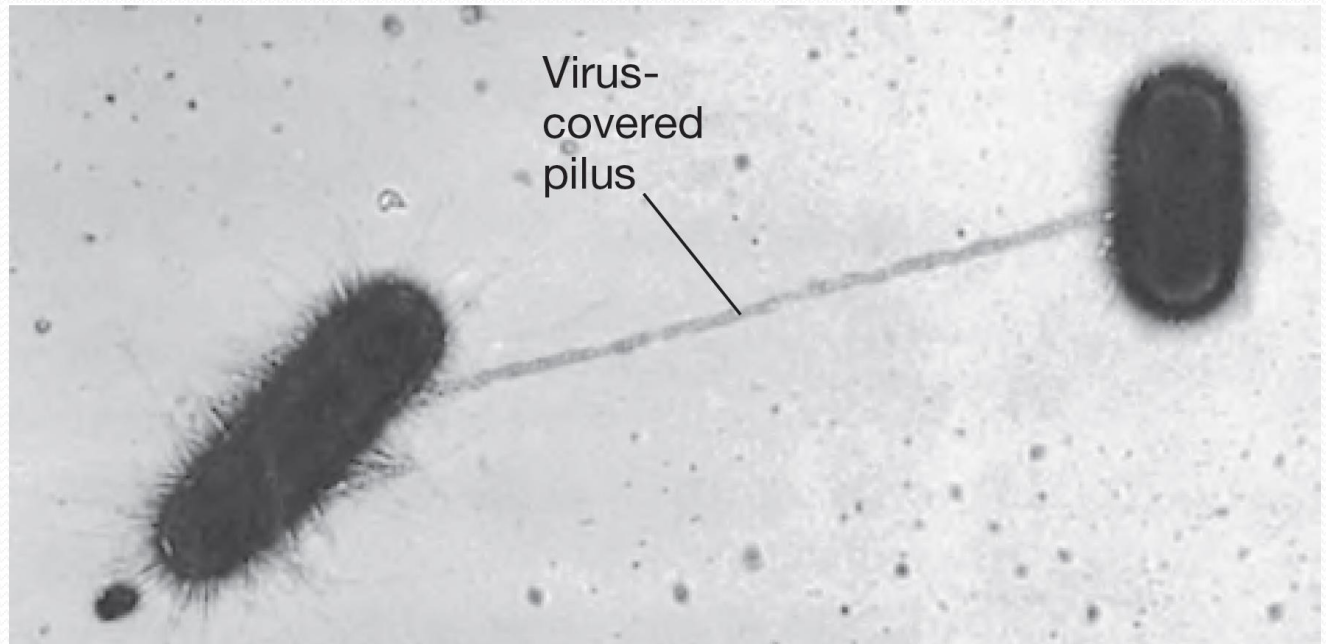


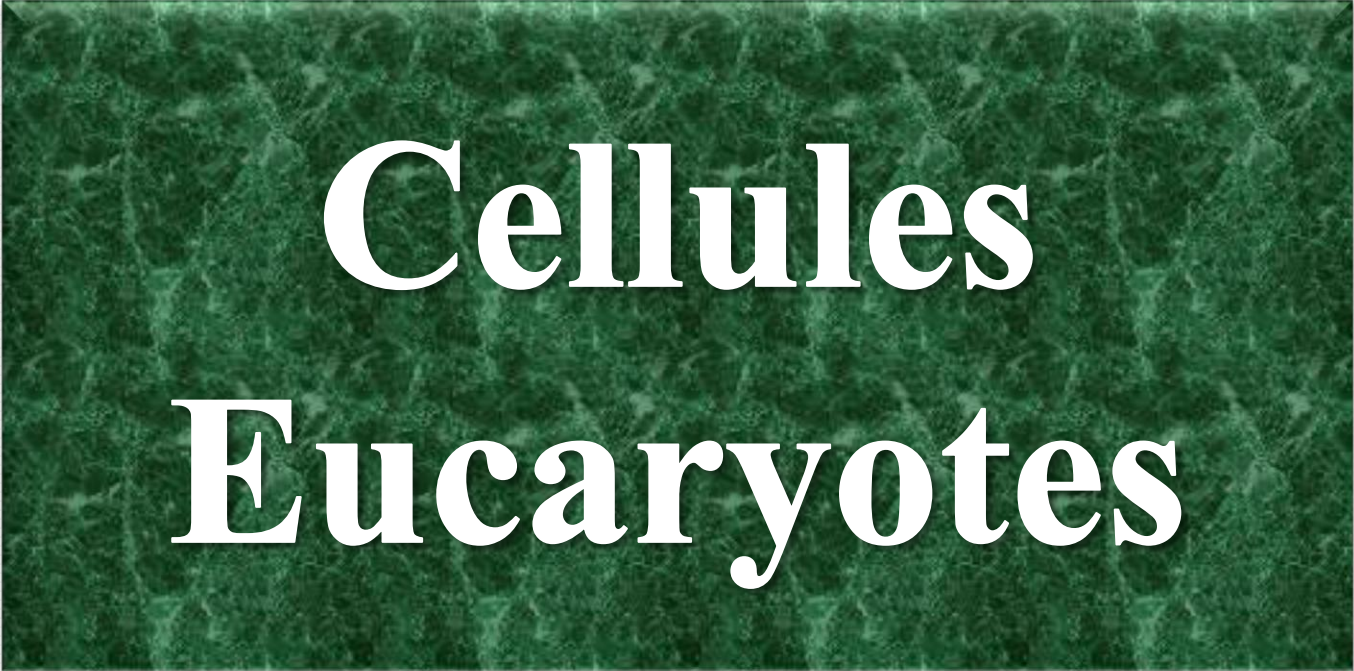
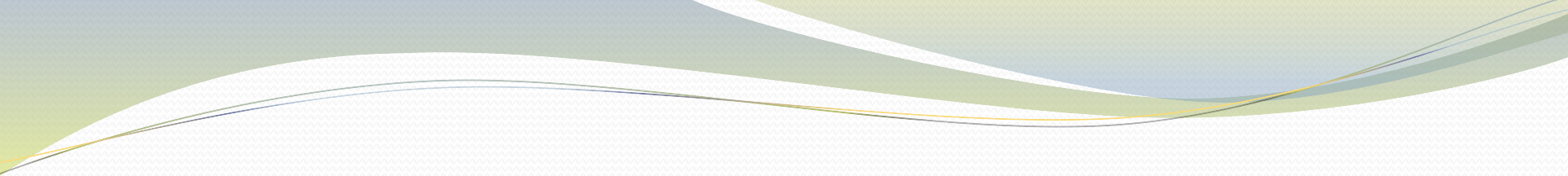
Figure Pili. Le pilus d'une cellule d' *Escherichia coli* en phase de conjugaison.

La visibilité du pilus sur cette micrographie électronique a été améliorée grâce à son revêtement de particules virales qui se lient à la protéine piline.



Figure Trois bactéries en phase de conjugaison.

Les pili de conjugaison forment des ponts entre la cellule donneuse et les deux cellules réceptrices, noter que les pili d'attachement (fimbriae) sont aussi visibles sur deux cellules.



Cellules Eucaryotes

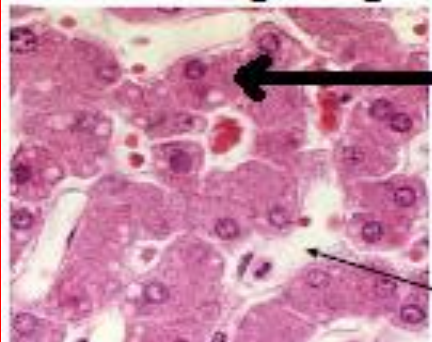
Organisation générale

Les **Eucaryotes**, dont les cellules, de taille comprise entre 10 et 100 μm , en général, sont beaucoup plus volumineuses que les cellules **Procaryotes** et présentent un cytoplasme hautement structuré, contenant une **grande diversité d'organites** tels que : le noyau, les mitochondries, le réticulum endoplasmique...

Dans le cas d'organismes pluricellulaires, chaque cellule est une entité vivante qui fonctionne de **manière autonome**, mais **coordonnée avec les autres cellules**.

Bien que l'architecture fondamentale de toutes les cellules Eucaryotes comprenne **les membranes, les organites et le cytosol**, chaque type de cellule présente une forme caractéristique ainsi qu'un rôle physiologique bien précis

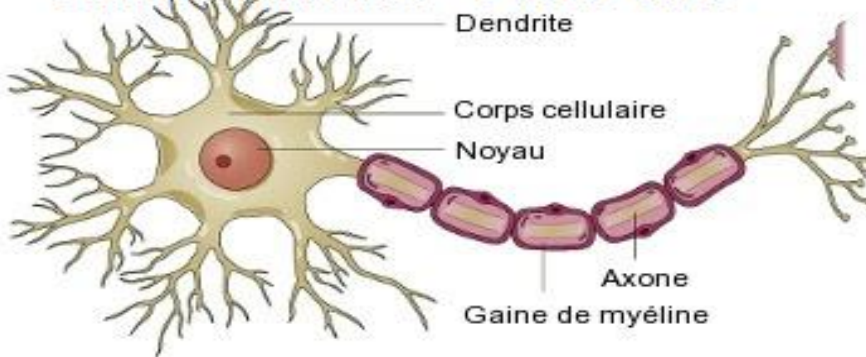
lobule hépatique



Hépatocyte

sinusoïde

Celuule nerveuse = **Neurone**



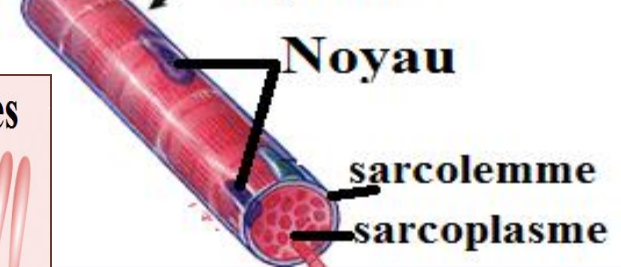
microvillosités apicales



Entérocyte

cellule musculaire squelettique

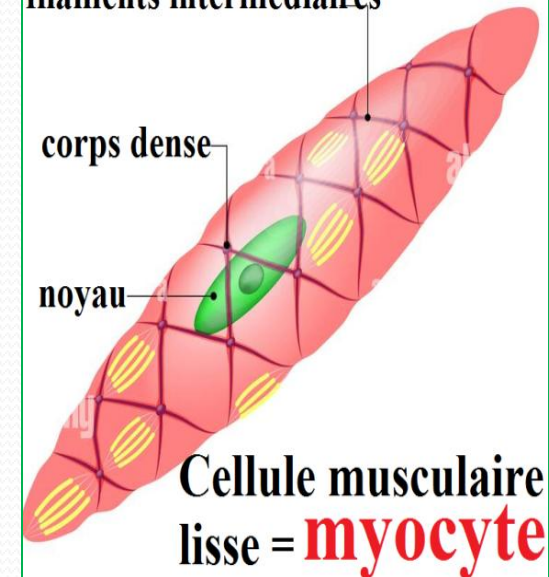
= myofibre



filaments intermédiaires

corps dense

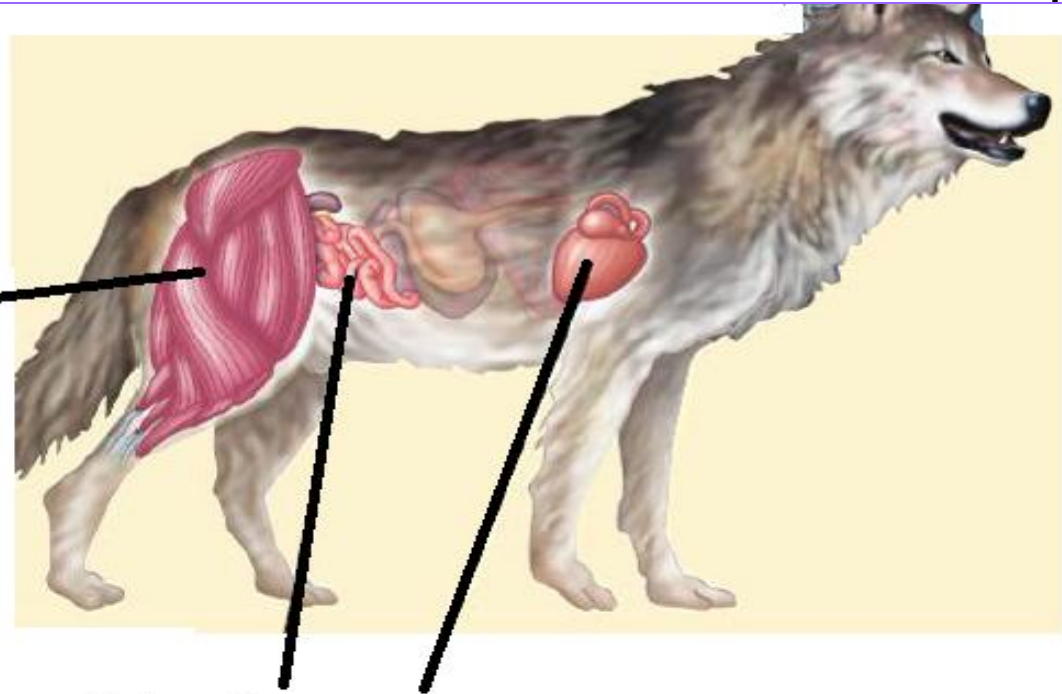
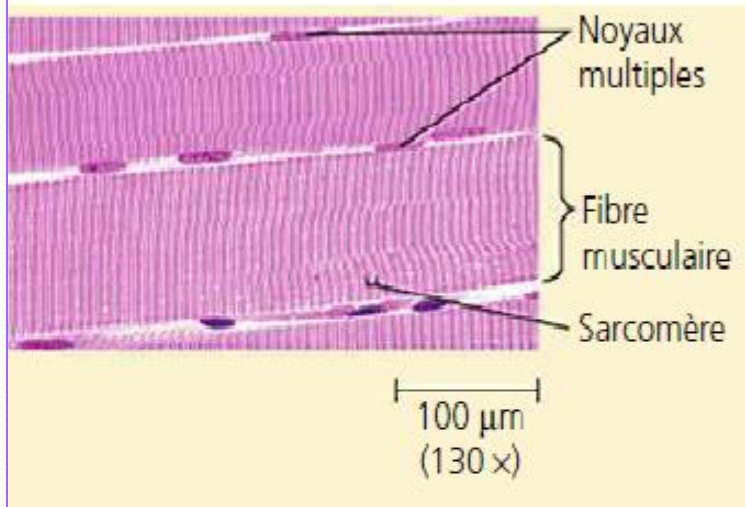
noyau



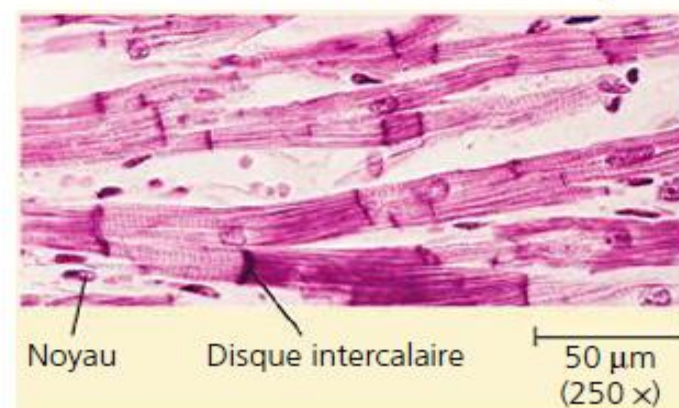
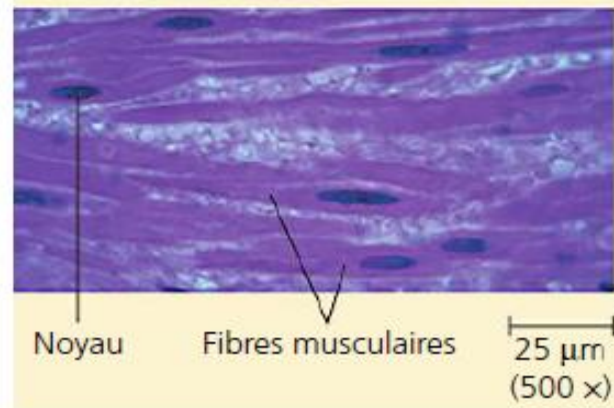
Cellule musculaire lisse = myocyte

Chez les organismes pluricellulaires, les cellules du même type sont réunies en tissus, eux-mêmes réunis en organes.

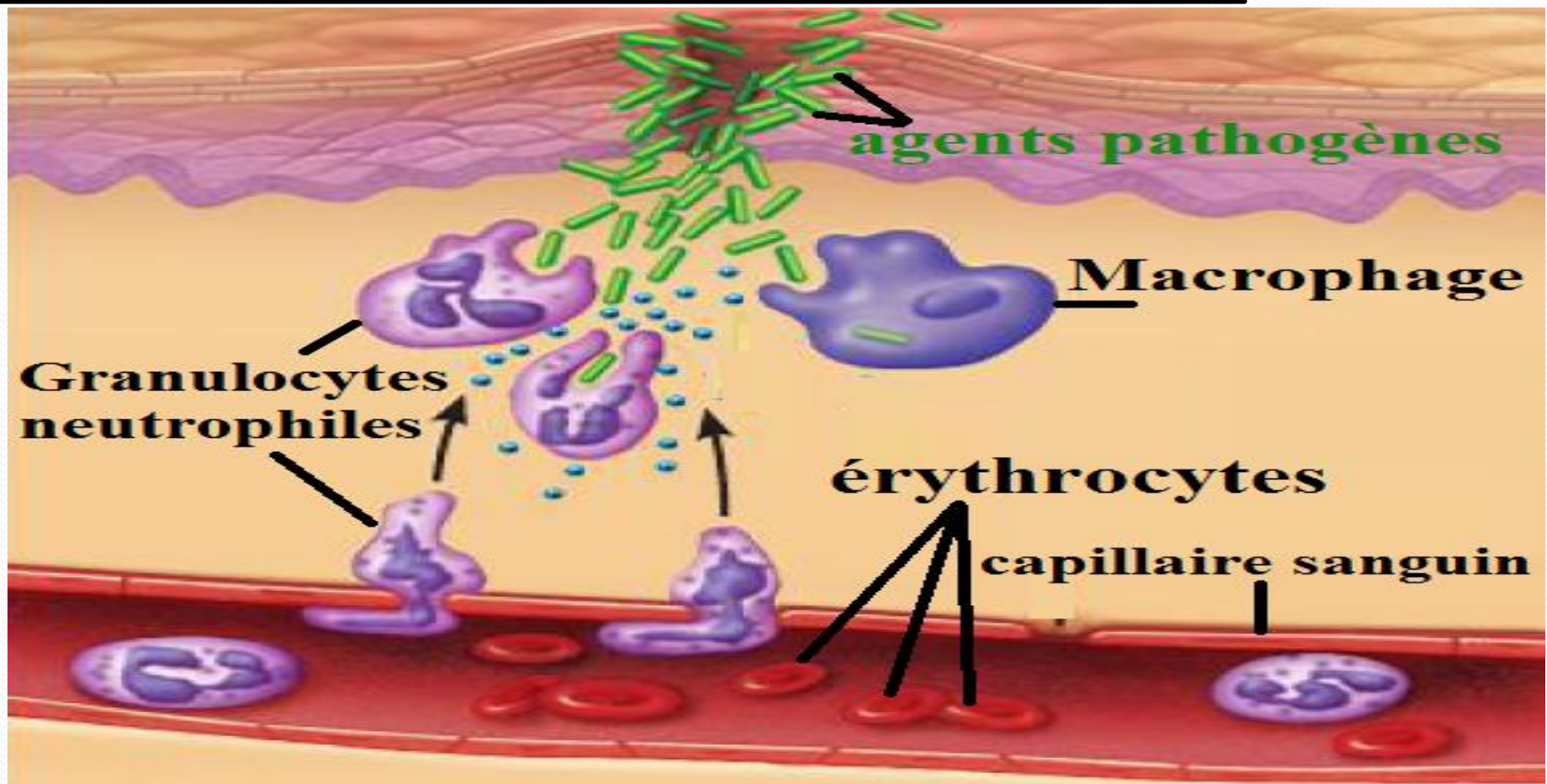
Tissu musculaire squelettique



Tissu musculaire lisse Tissu musculaire cardiaque



Ces cellules peuvent aussi être libres comme pour les hématies (appelées aussi globules rouges ou érythrocytes) et les cellules immunitaires (exemple: macrophages, granulocytes)



Ultra structure

Toute cellule eucaryote consiste en une masse liquide, le **cytoplasme**, circonscrite par une fine **membrane**, et incluant divers **organites**

Elles possèdent :

- Un **vrai noyau avec double membrane** qui renferme l'ADN.
- • Taille typique de **10-100 μm** de diamètre
- • Fonctions cellulaires sont réparties chez **plusieurs organites** (Noyau, système end-membranaire, cytosquelette, mitochondries, peroxysomes, plastides et vacuoles....).

Membrane cellulaire

- **La membrane plasmique ou cellulaire, la cytomembrane ou le plasmalemme, est une frontière entre le cytoplasme et l'environnement extracellulaire.**
- **Elle permet et régule les échanges entre les milieux intra et extracellulaires. Elle permet ainsi à la cellule d'interagir avec son environnement.**

- La membrane plasmique est constituée d'une double couche de phospholipides dans laquelle sont enchâssées (ou simplement fixées) des protéines ou des glycoprotéines.

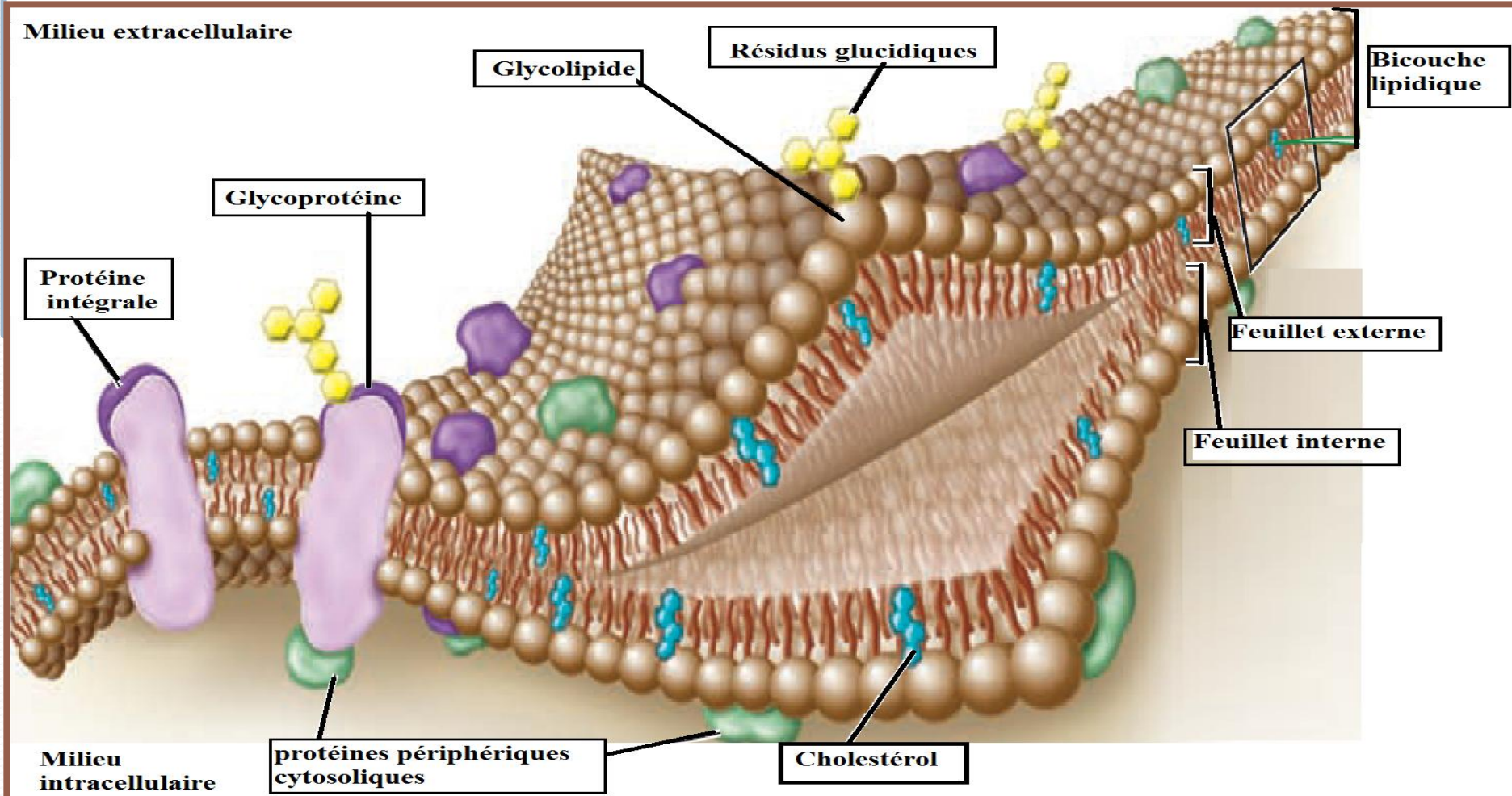
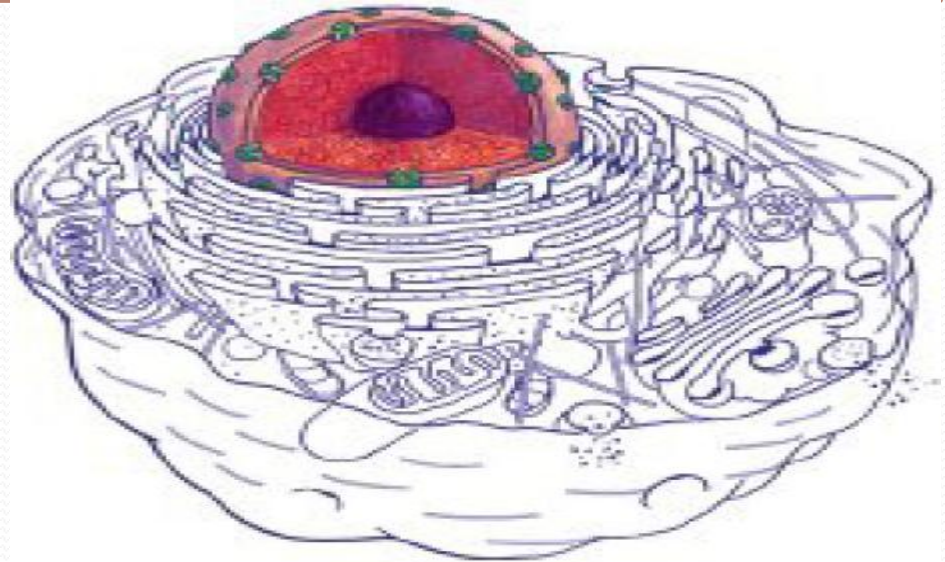


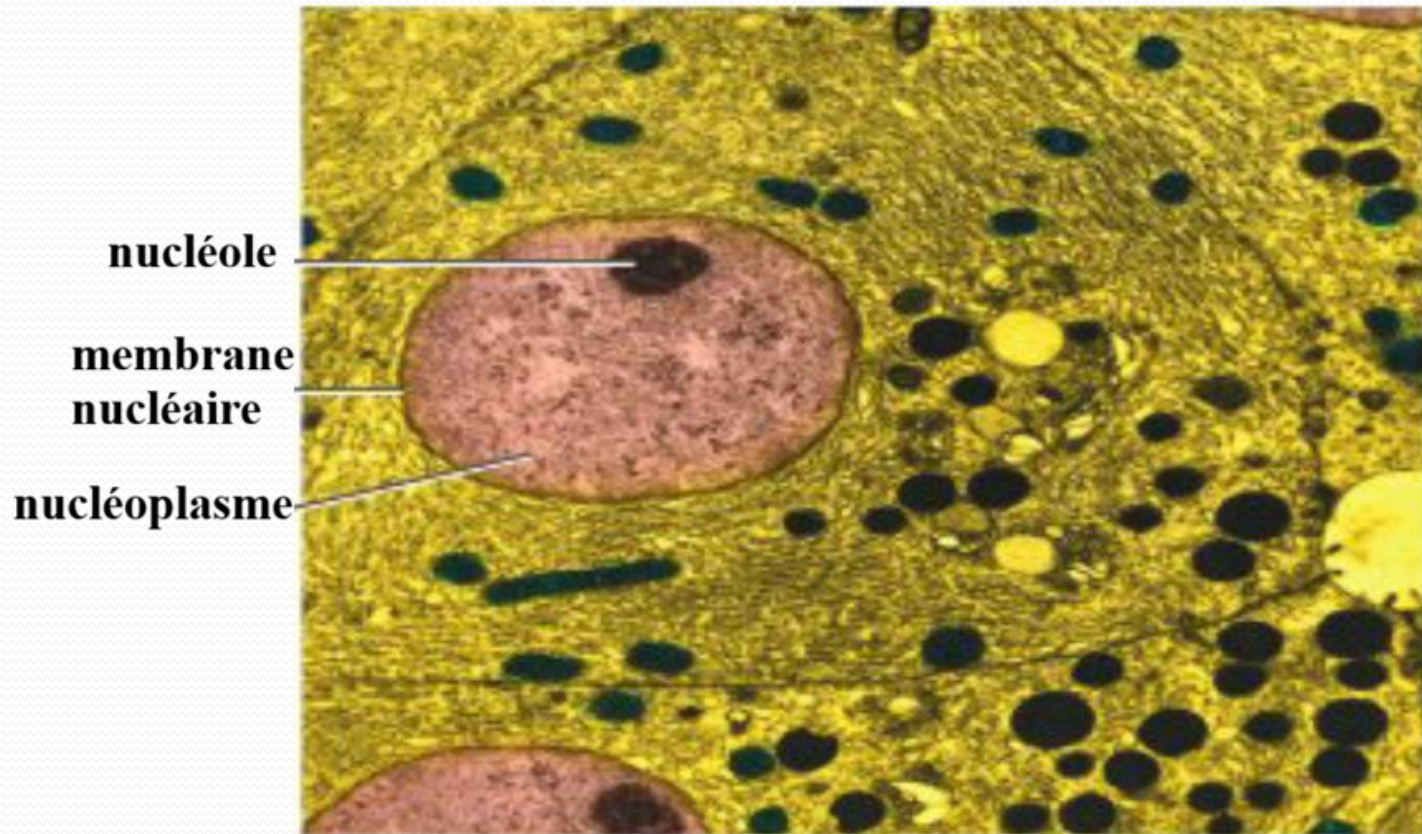
Figure : Le modèle actuel de la membrane plasmique d'une cellule animale (en coupe transversale).

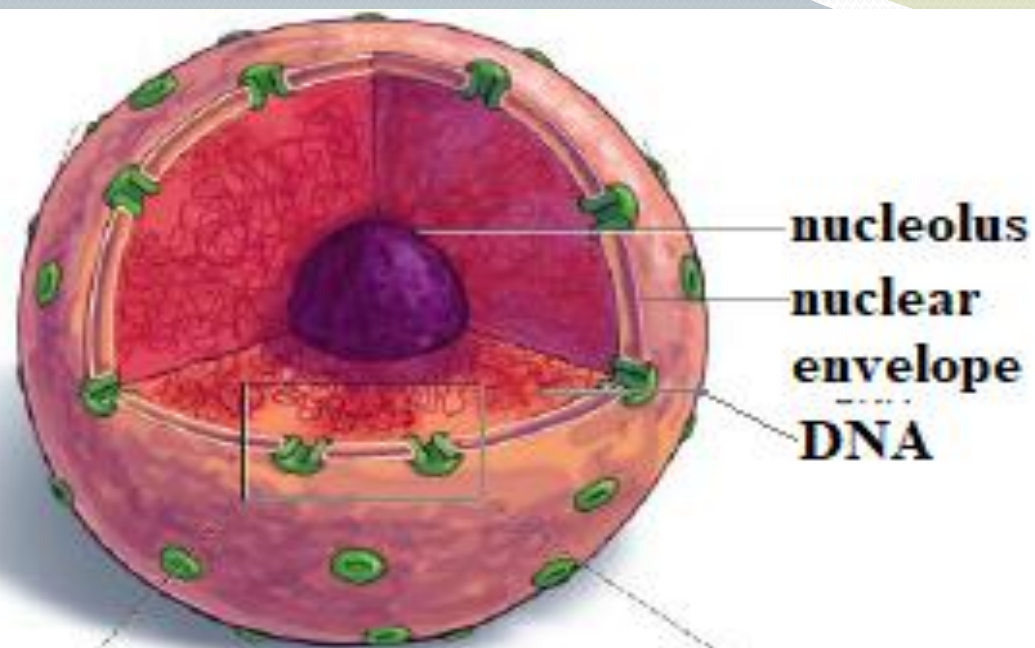
Noyau

- Le noyau contient la plupart des gènes d'une cellule eucaryote
- Sa fonction principale étant la protection, l'organisation, la réplication et l'expression de ce matériel génétique.
- Une autre fonction importante du noyau correspond à l'assemblage des sous-unités ribosomiques.



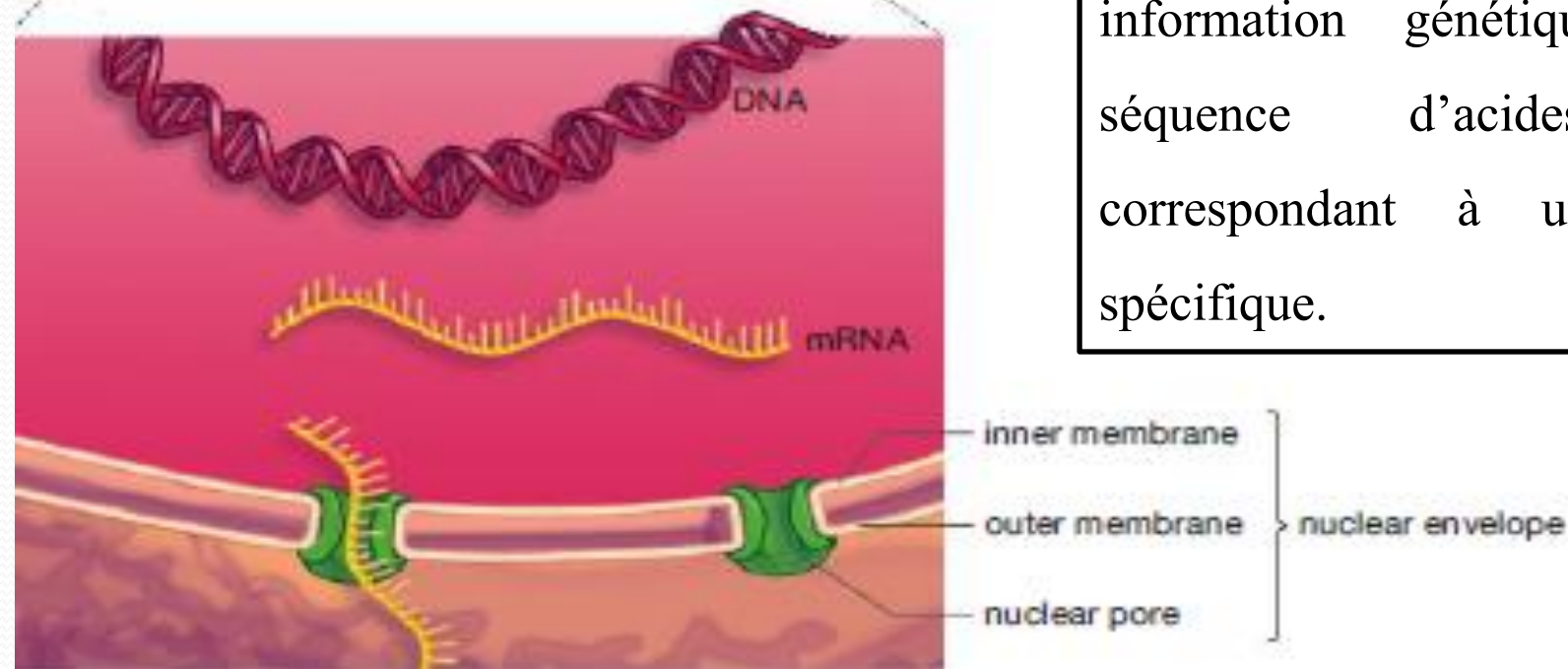
- **Au sein de la cellule, toute production de protéines dépend essentiellement, de l'information codée dans la séquence des éléments constitutifs de l'ADN (Acide Désoxyribonucléique), qui sont séquestrés à l'intérieur du noyau.**



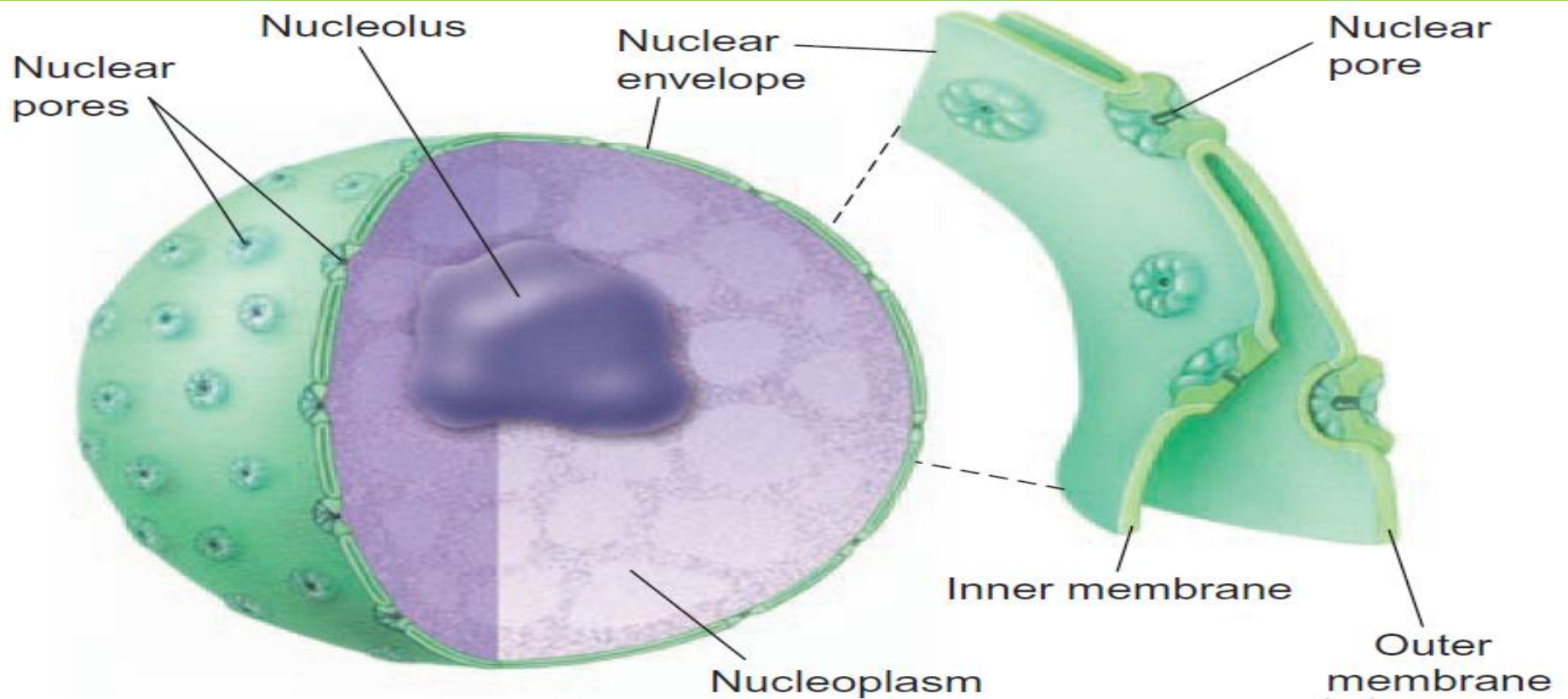


Le noyau dirige la synthèse des protéines transcrivant l'ADN en ARNm (Acides Ribonucléiques messenger).

L'ARNm est ensuite exporté vers le cytoplasme, où il s'associe aux ribosomes, qui traduisent son information génétique en une séquence d'acides aminés correspondant à une protéine spécifique.



- Le noyau est séparé du cytoplasme par une double membrane appelée **enveloppe nucléaire**.
- Cette enveloppe est composée d'une membrane interne et d'une membrane externe, qui se rejoignent au niveau des **pores nucléaires**.
Le noyau et le cytoplasme communiquent entre eux par ces pores.



■ La membrane nucléaire interne est tapissée par des protéines des filaments intermédiaires de la classe des lamines qui forment une structure rigide appelée **lamina nucléaire**, dont le rôle essentiel est de maintenir la forme du noyau.

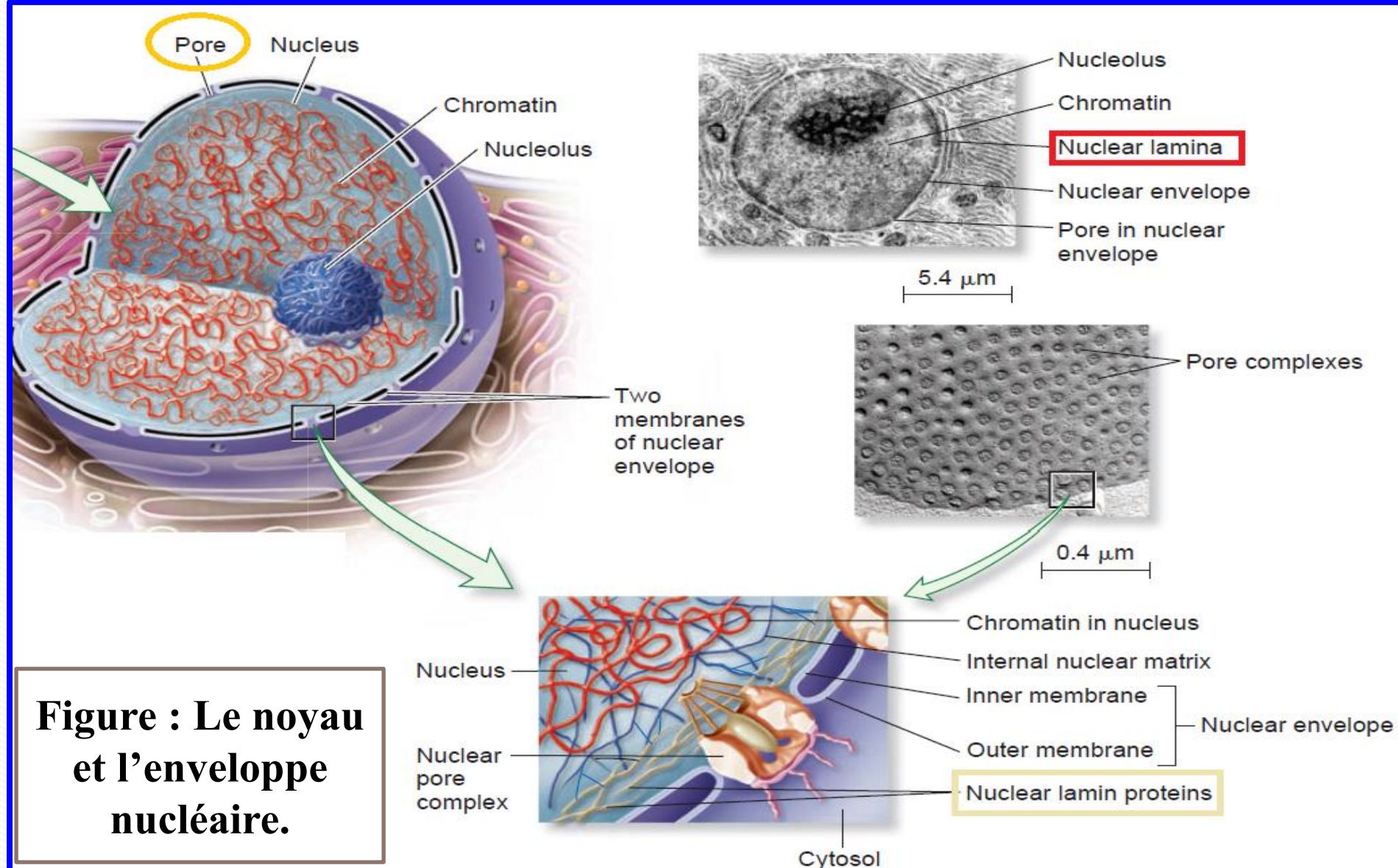
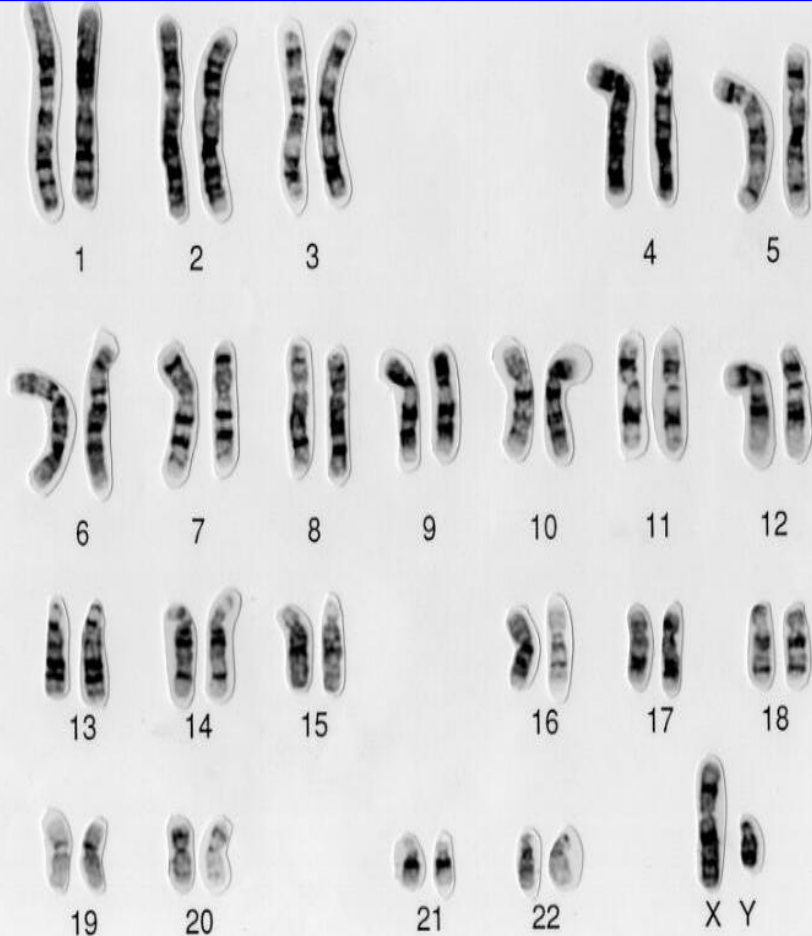


**Figure : Le noyau
et l'enveloppe
nucléaire.**

L'intérieur du noyau contient :

- **Des fibres de chromatine, composées d'ADN et de protéines histones, fixées à la matrice nucléaire.**
- **Un nucléole, où sont assemblées les sous-unités des ribosomes.**
- **Une matrice semi-fluide appelée nucléoplasme.**

- Lorsque la cellule se prépare pour la division, les fibres de chromatine s'enroulent et se condensent pour former des chromosomes.
- Chaque espèce eucaryote possède un nombre caractéristique de chromosomes.
- Une cellule humaine typique possède **46 chromosomes**, mais les cellules sexuelles ou gamètes (ovules et spermatozoïdes) ne possèdent que **23 chromosomes**.



Cellule masculine somatique normale : 44 autosomes + XY, soit 46 chromosomes au total.



Cellule féminine somatique normale : 44 autosomes + XX, soit 46 chromosomes au total.

Cytoplasme

- **Le cytoplasme** est tout le milieu interne de la cellule à l'exclusion du noyau.
- Il contient toute la machinerie physiologique cellulaire, dont celle permettant d'exécuter les instructions envoyées par le noyau.
- Les différents organites et constituants, contenus dans le cytoplasme, sont individualisés sur le plan morphologique, mais ils sont métaboliquement interactifs.

- Chez les cellules eucaryotes, le cytoplasme comprend l'**hyaloplasme** et les organites cellulaires, à l'exception du noyau.



- L'**hyaloplasme** est une structure transparente, qui sert de support aux organites cellulaires, il comprend le **cytosol** et le **cytosquelette**.



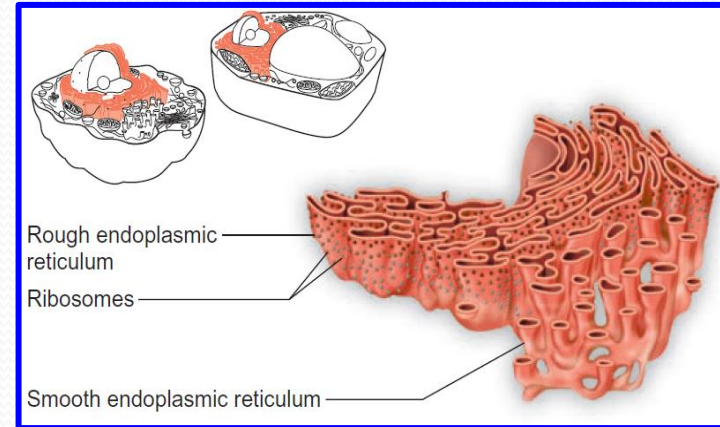
- Le **cytosol** est un liquide gélatineux principalement constitué d'eau et riche en enzymes, sucres, vitamines et divers précurseurs. De nombreuses réactions biochimiques ont lieu dans le cytosol (ex : glycolyse).

Système endomembranaire

- Le système endomembranaire est un ensemble de compartiments membranaires intercommunicants car les constituants de leur membrane et les molécules solubles dans leur lumière (= cavité) peuvent passer d'un compartiment à l'autre par des phénomènes de flux membranaires.
- Ces compartiments membranaires communiquent entre eux par l'intermédiaire de vésicules.
- On distingue ainsi le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi (appelé dictyosome chez les cellules végétales), endosomes, lysosomes et les vésicules.

Réticulum Endoplasmique

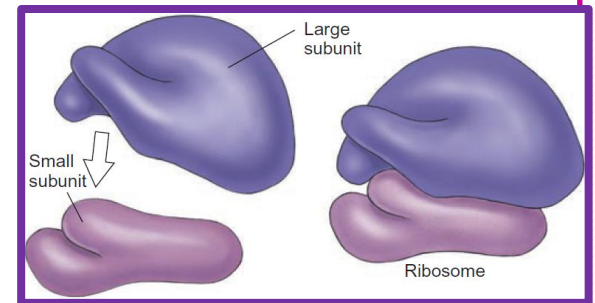
- Le **réticulum endoplasmique (RE)** est l'un des organites les plus abondants des cellules eucaryotes.
- Le réticulum endoplasmique est constitué d'un **réseau de membranes** repliées et réparties dans le cytoplasme de la cellule.



- Il existe sous deux formes principales :
- **Réticulum endoplasmique rugueux (RER)** : des **ribosomes** sont **fixés sur sa face cytosolique**, ce qui lui donne un aspect granuleux. Il intervient notamment dans la synthèse des protéines destinées à la sécrétion, aux membranes ou à certains organites.
- **Réticulum endoplasmique lisse (REL)** : il **ne porte pas de ribosomes** et intervient notamment dans la synthèse des lipides, la détoxification et le stockage du Ca^{2+} dans certaines cellules.

Ribosomes

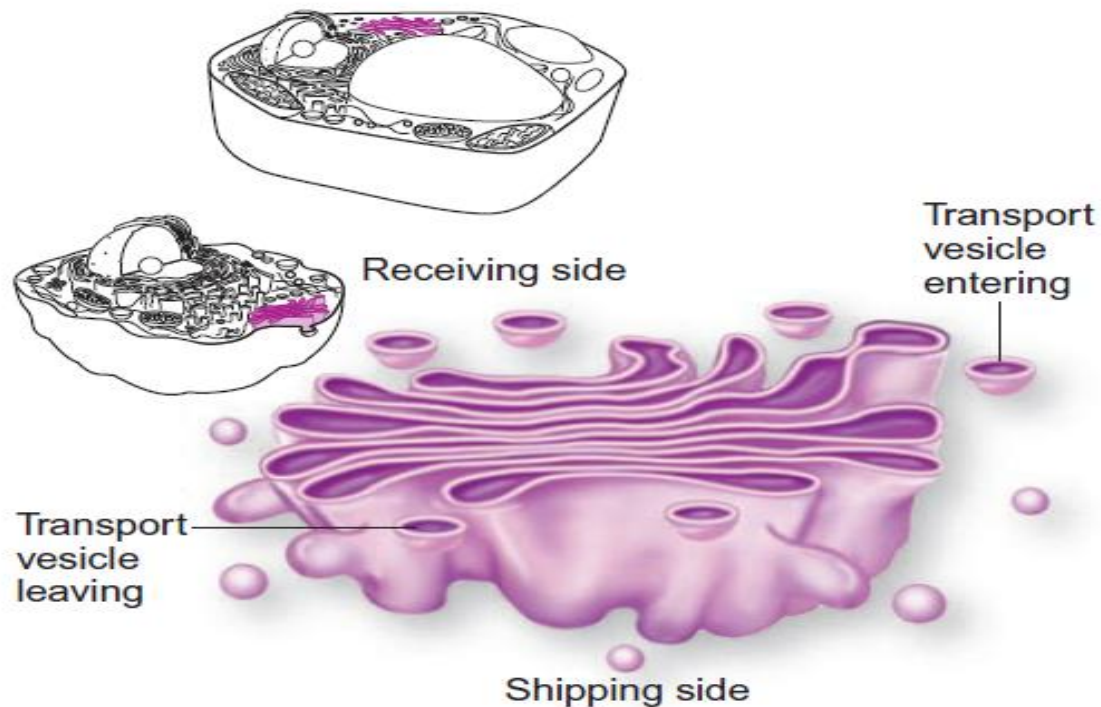
- **Les ribosomes sont des organites non membranaires.** ils ne sont pas entourés d'une membrane et sont donc différents des organites membranaires tels que le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi ou les mitochondries.
- Ils sont responsables de la synthèse des protéines (traduction de l'ARNm).
- Chaque ribosome est constitué de deux sous-unités :
 - une grande sous-unité 60S ;
 - une petite sous-unité 40S.
 - L'association des deux sous-unités forme un ribosome 80S.
- Chaque sous-unité contient de l'ARN ribosomique (ARNr) et des protéines ribosomiques.



- **Chez les eucaryotes, les ribosomes cytoplasmiques sont synthétisés et assemblés en grande partie dans le nucléole, puis leurs sous-unités sont exportées vers le cytoplasme.**
- **Les ribosomes peuvent être :**
 - **libres dans le cytosol, où ils synthétisent principalement des protéines destinées au cytosol ou à certains organites ;**
 - **associés au réticulum endoplasmique rugueux (RER), où ils synthétisent notamment les protéines destinées à la sécrétion, aux membranes et au système endomembranaire.**
- **Les ribosomes des mitochondries et des chloroplastes des cellules végétales sont différents des ribosomes cytoplasmiques et présentent des caractéristiques plus proches des ribosomes bactériens.**

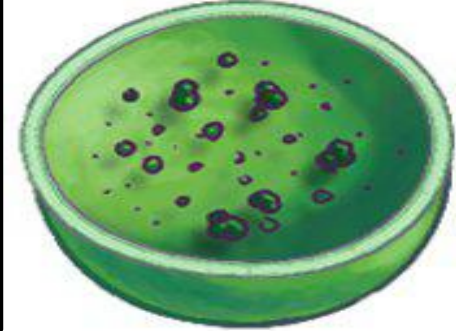
Appareil de Golgi

- Un autre organite du système endomembranaire est l'appareil de Golgi.
 - L'appareil de Golgi est constitué d'un ensemble de sacs membranaires aplatis, appelés citernes, qui reçoivent, modifient, trient et conditionnent différentes molécules.
 - Il forme ensuite des vésicules contenant des molécules spécifiques, destinées à différentes régions de la cellule ou à l'extérieur de celle-ci.
-
- Certaines vésicules sont transportées vers d'autres compartiments cellulaires. D'autres se dirigent vers la membrane plasmique, avec laquelle elles fusionnent, permettant la libération de leur contenu dans le milieu extracellulaire par exocytose.



Lysosome

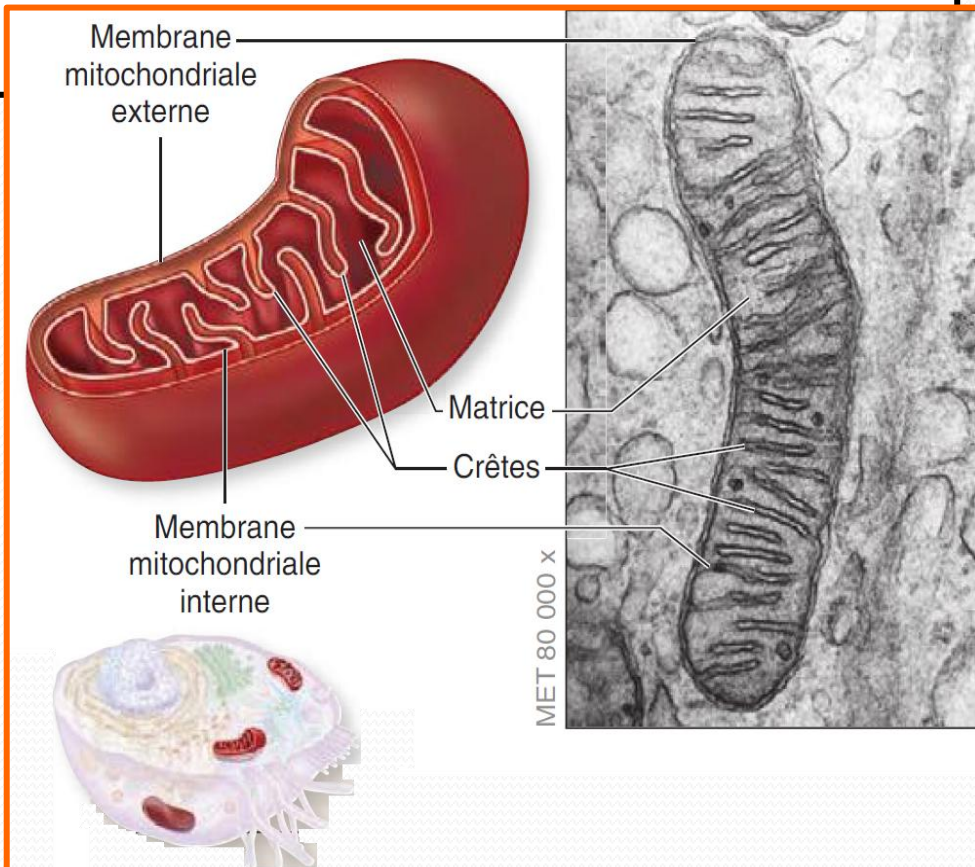
- Les **lysosomes** sont de petites vésicules délimitées par une membrane, appartenant au système endomembranaire (formés par l'appareil de golgi).



- Ils contiennent de nombreuses enzymes hydrolytiques capables de dégrader différents types de macromolécules, notamment les protéines, les lipides, les glucides et les acides nucléiques.
- Ces enzymes fonctionnent de manière optimale dans le milieu acide à l'intérieur du lysosome, dont le pH est généralement d'environ 4,5–5.
- Les lysosomes sont particulièrement caractéristiques des cellules animales. Chez les **cellules végétales**, des **vacuoles lytiques** remplissent de nombreuses fonctions analogues.

Mitochondrie

- La mitochondrie est un organe bi-membranaire à membrane interne repliée.
 - **Les replis de la membrane interne sont appelés crêtes.**
 - Les mitochondries assurent la respiration cellulaire (consommation d'O₂, production de CO₂ et d'H₂O) et la synthèse de molécules riches en énergie (Adénosine Triphosphate ou ATP).
-
- Les mitochondries jouent aussi un rôle majeur dans la mort cellulaire programmée ou apoptose.

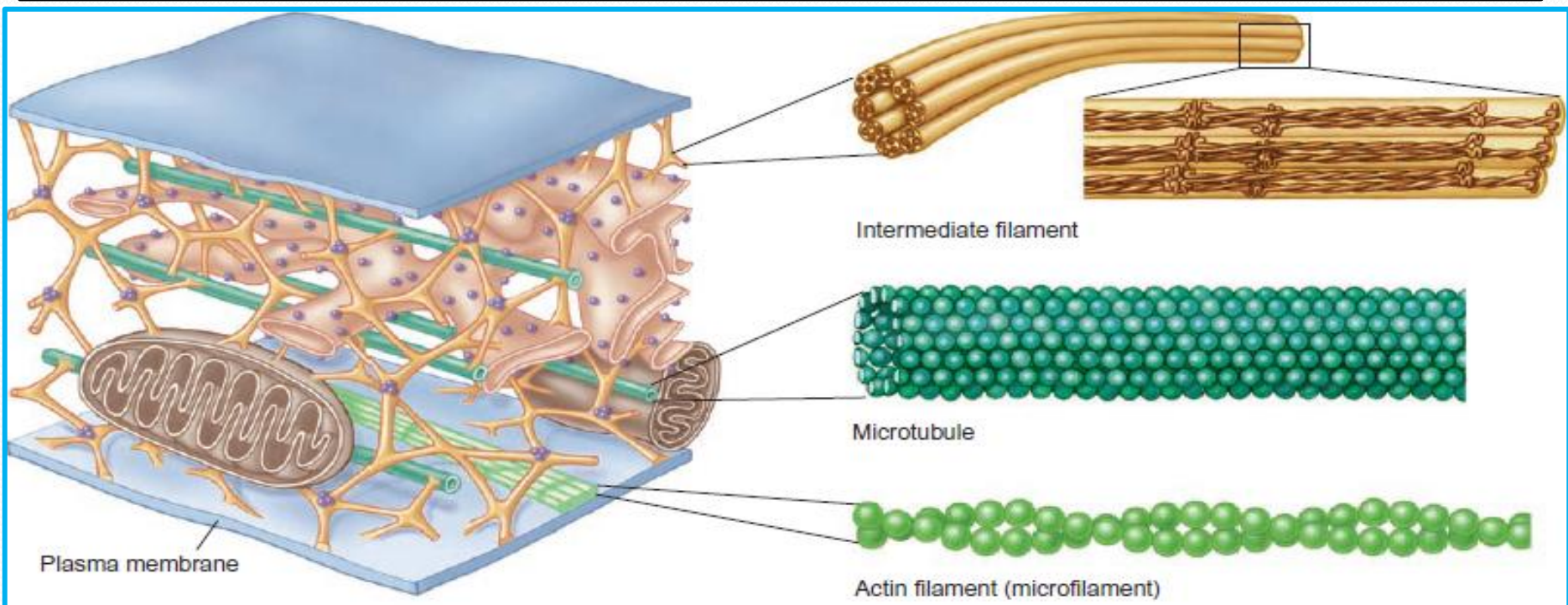


Peroxisome

- Les peroxysomes sont de petits organites délimités par une membrane.
- Ils ont été initialement identifiés grâce à la présence de l'enzyme catalase, qui décompose le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et en oxygène.
- Les peroxysomes se distinguent des lysosomes notamment par leur origine et leur contenu enzymatique. Contrairement aux lysosomes, les peroxysomes ne sont pas formés directement par l'appareil de Golgi. Ils contiennent un ensemble spécifique d'enzymes impliquées dans diverses réactions métaboliques, notamment dans la dégradation des acides gras et la détoxification cellulaire.

Cytosquelette

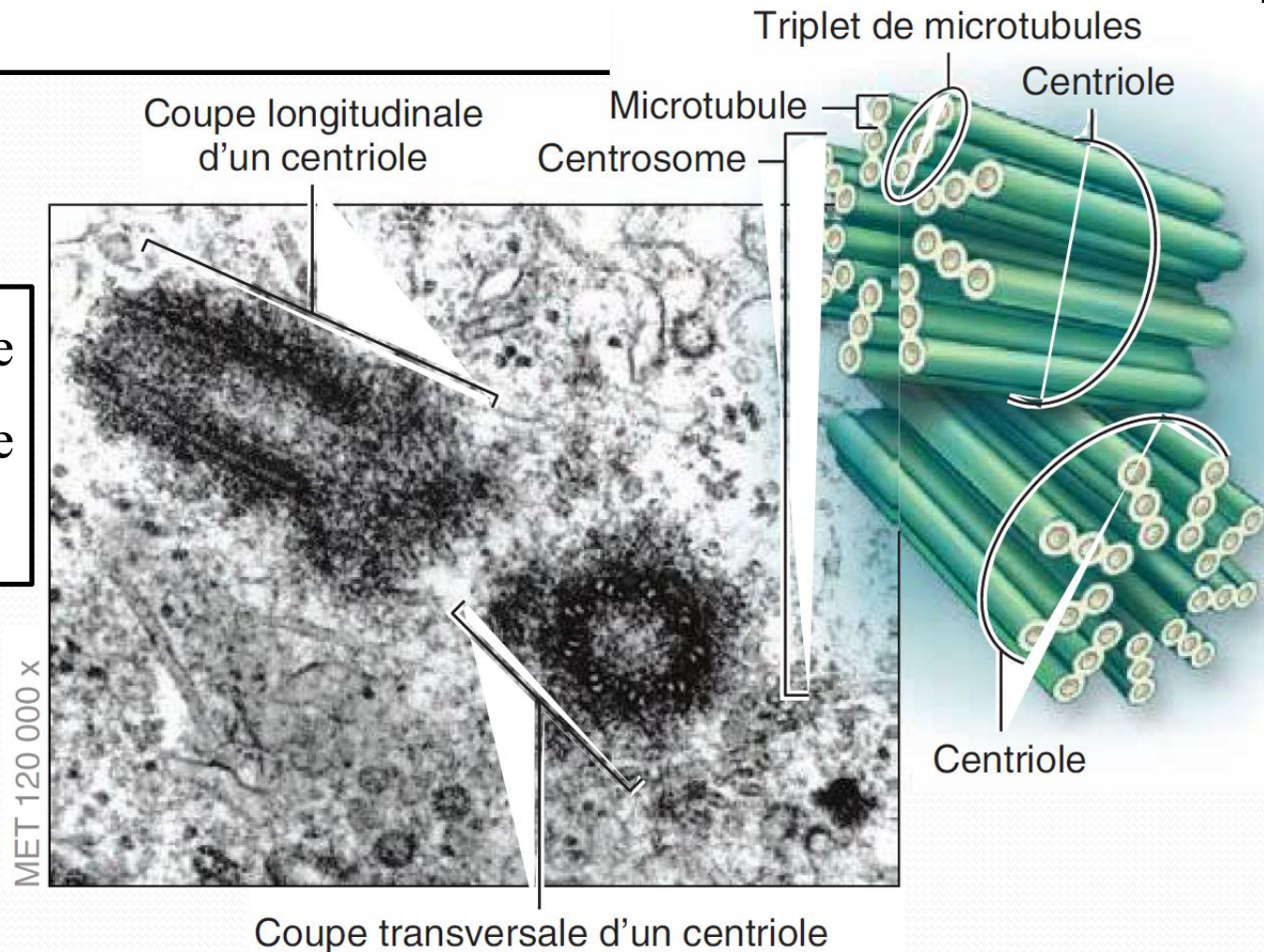
- Le cytosquelette est un ensemble de polymères filamentaires protéiques (**microtubules**, **microfilaments** et **filaments intermédiaires**) constituant l'armature intracellulaire. Il est aussi responsable de mouvements cellulaires et du trafic intracellulaire.
- Les Procaryotes possèdent également des éléments cytosquelettiques, mais leur cytosquelette est généralement moins complexe et moins diversifié que celui des Eucaryotes.



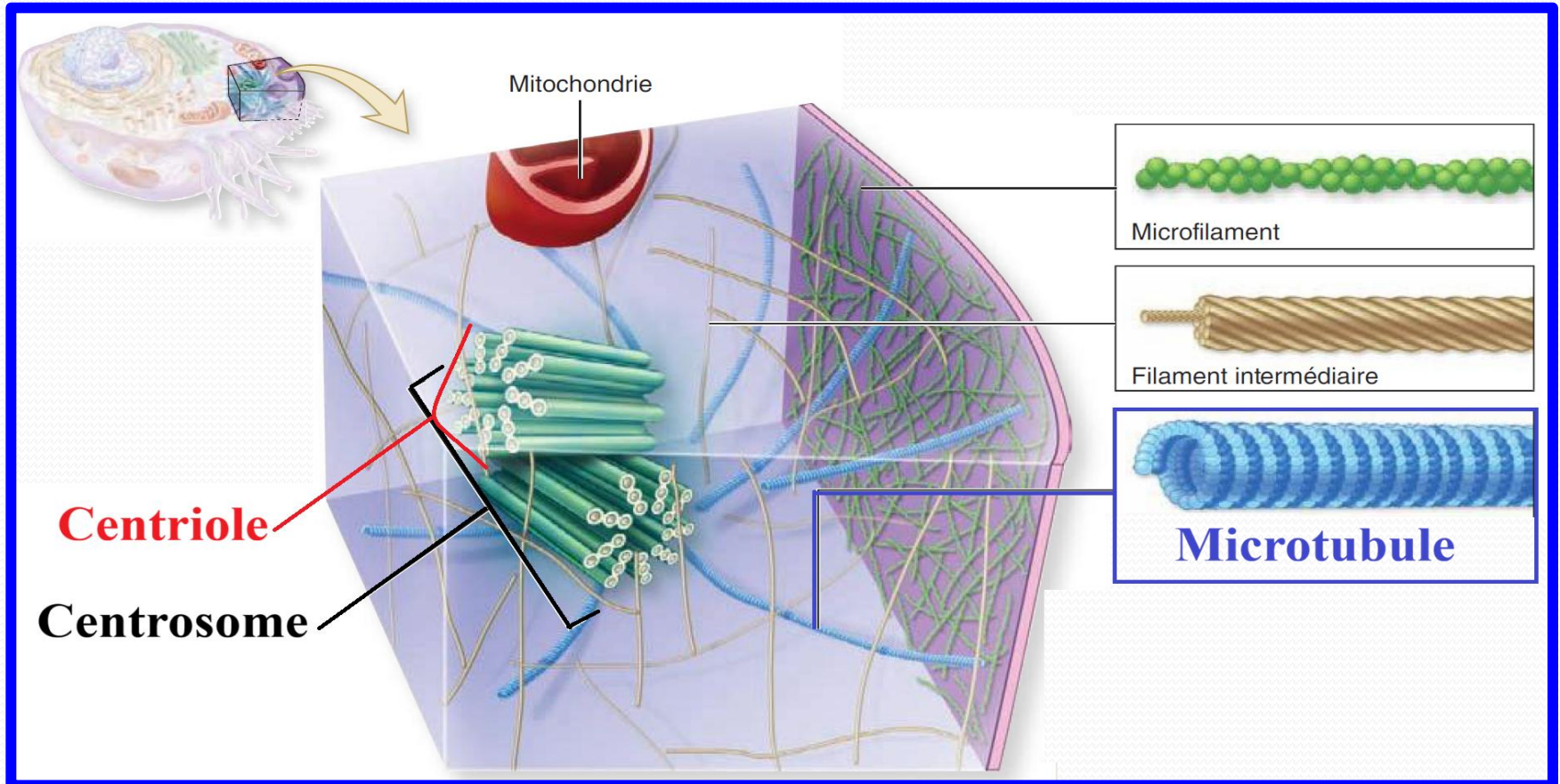
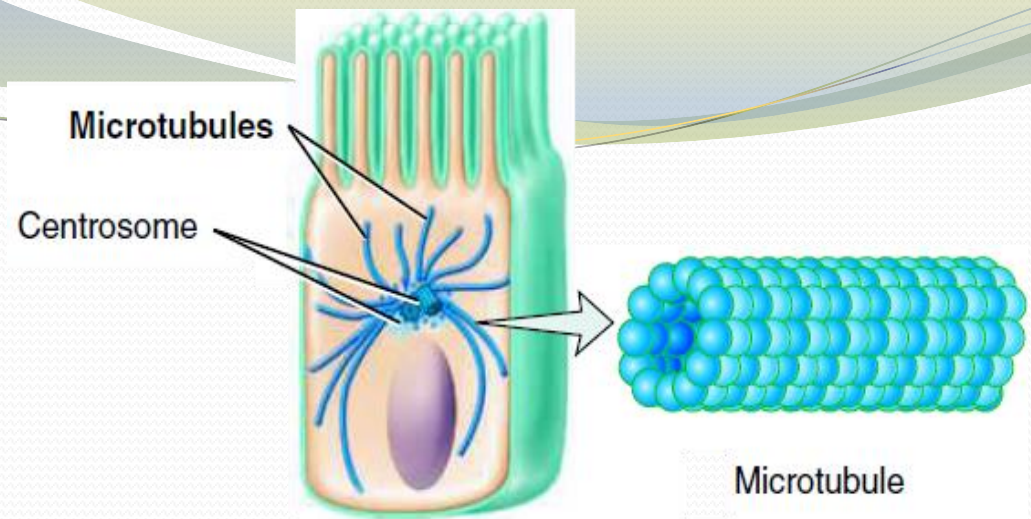
Centrosome et Centrioles

- Le centrosome est un organe cellulaire non membraneux.

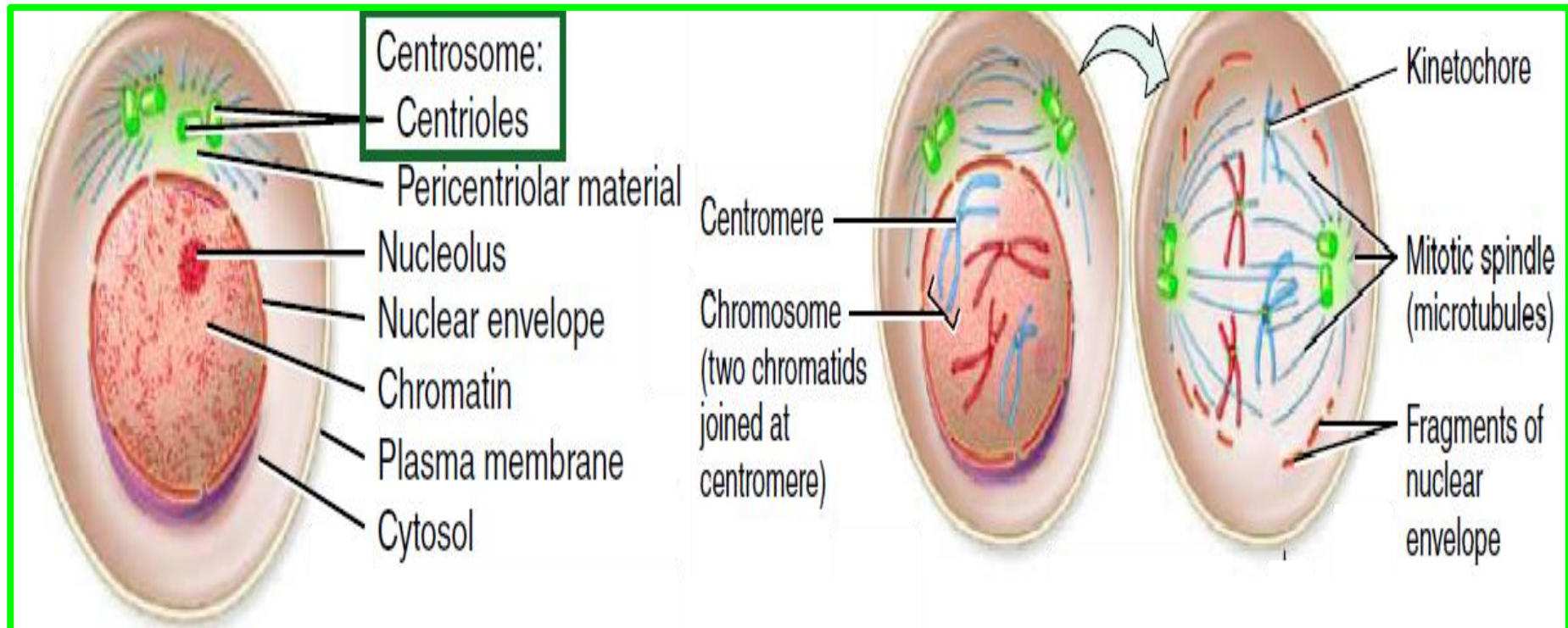
- Il se compose d'une paire de centrioles.

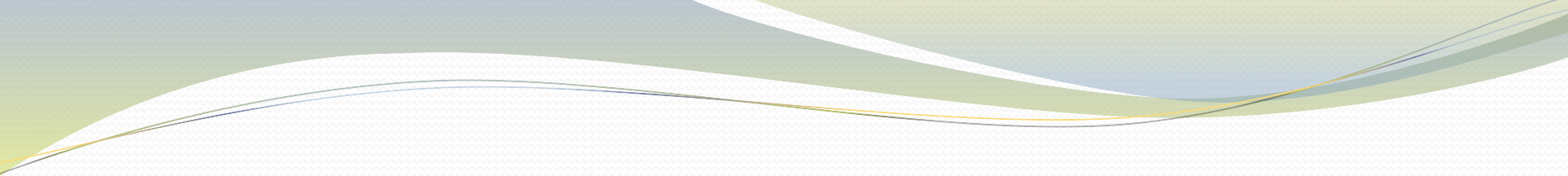


- Le centrosome est le centre organisateur des microtubules (ou MTOC).



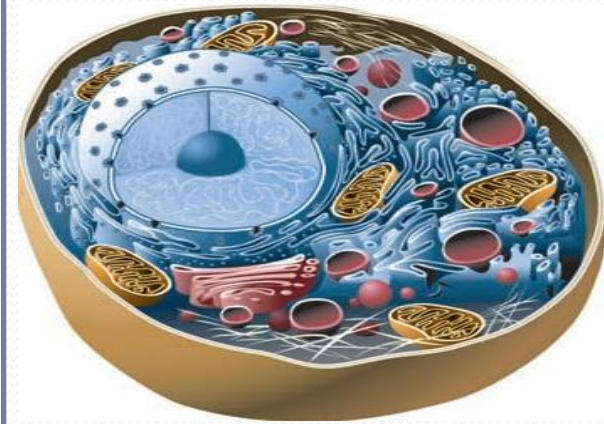
- Les centrioles forment les **pôles** qui permettent la formation du **fuseau bipolaire** qui favorise la **division cellulaire** : ils sont les "**ancres**" vers lesquelles les **chromosomes** se rassemblent au cours de la division cellulaire.



- 
- Les cellules végétales ne contiennent généralement pas de centrosome et de centrioles. Dans ce cas, le fuseau bipolaire est formé par des mécanismes alternatifs, indépendants des centrosomes.

Cellule Eucaryote Animale

- **La cellule animale typique présente une forme globalement sphérique.** Elle est généralement entourée de cellules voisines du même tissu et baigne dans un milieu extracellulaire aqueux. Sa taille moyenne est **d'environ 25 micromètres (μm) de diamètre**, bien que la taille et la forme varient considérablement selon le type cellulaire.



- Parmi les structures caractéristiques des cellules animales et généralement **absentes des cellules végétales**, on trouve notamment **les lysosomes et les centrioles**.

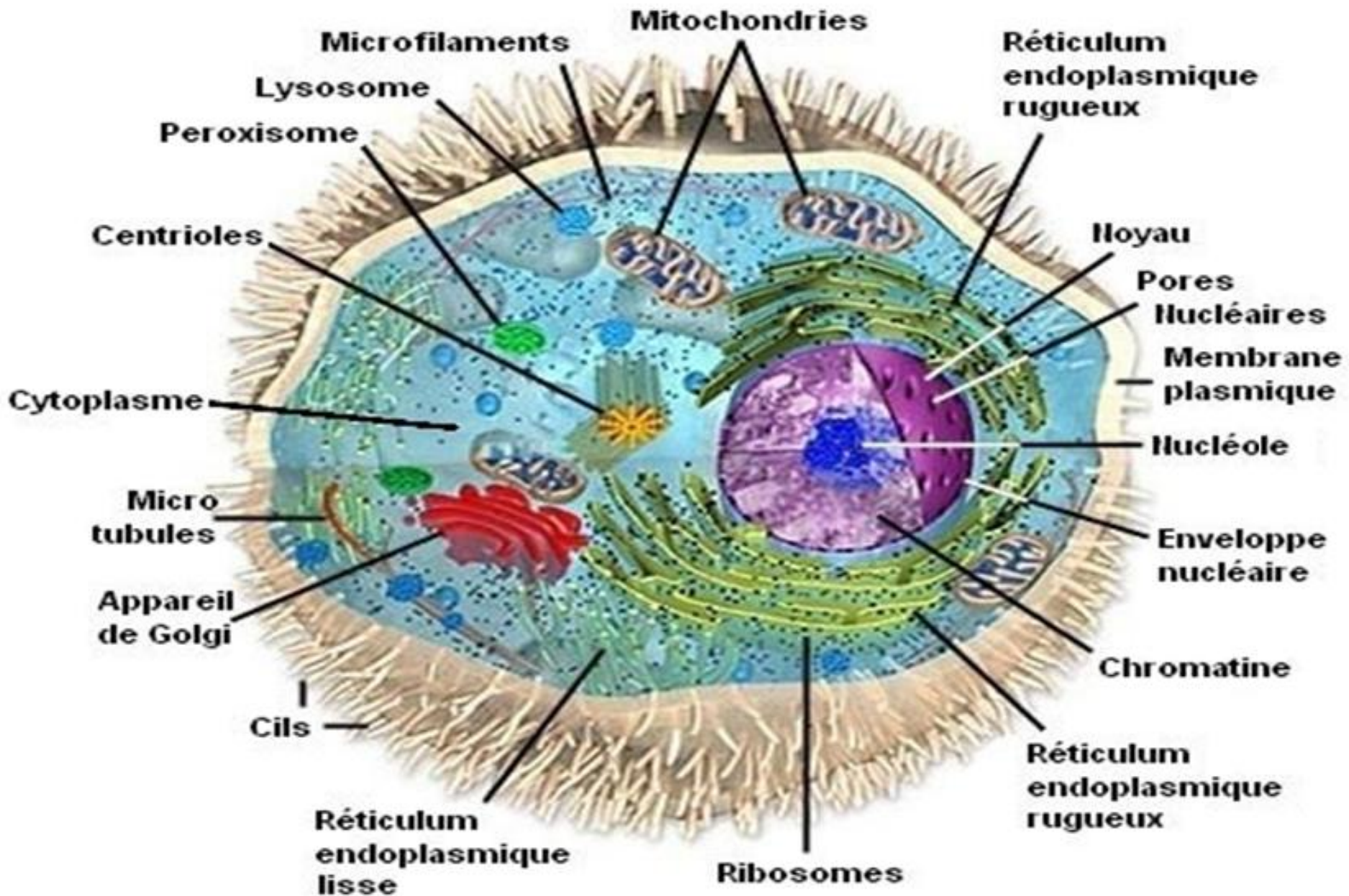


Figure : (a) Cellule Eucaryote animale (coupe d'une cellule théorique)

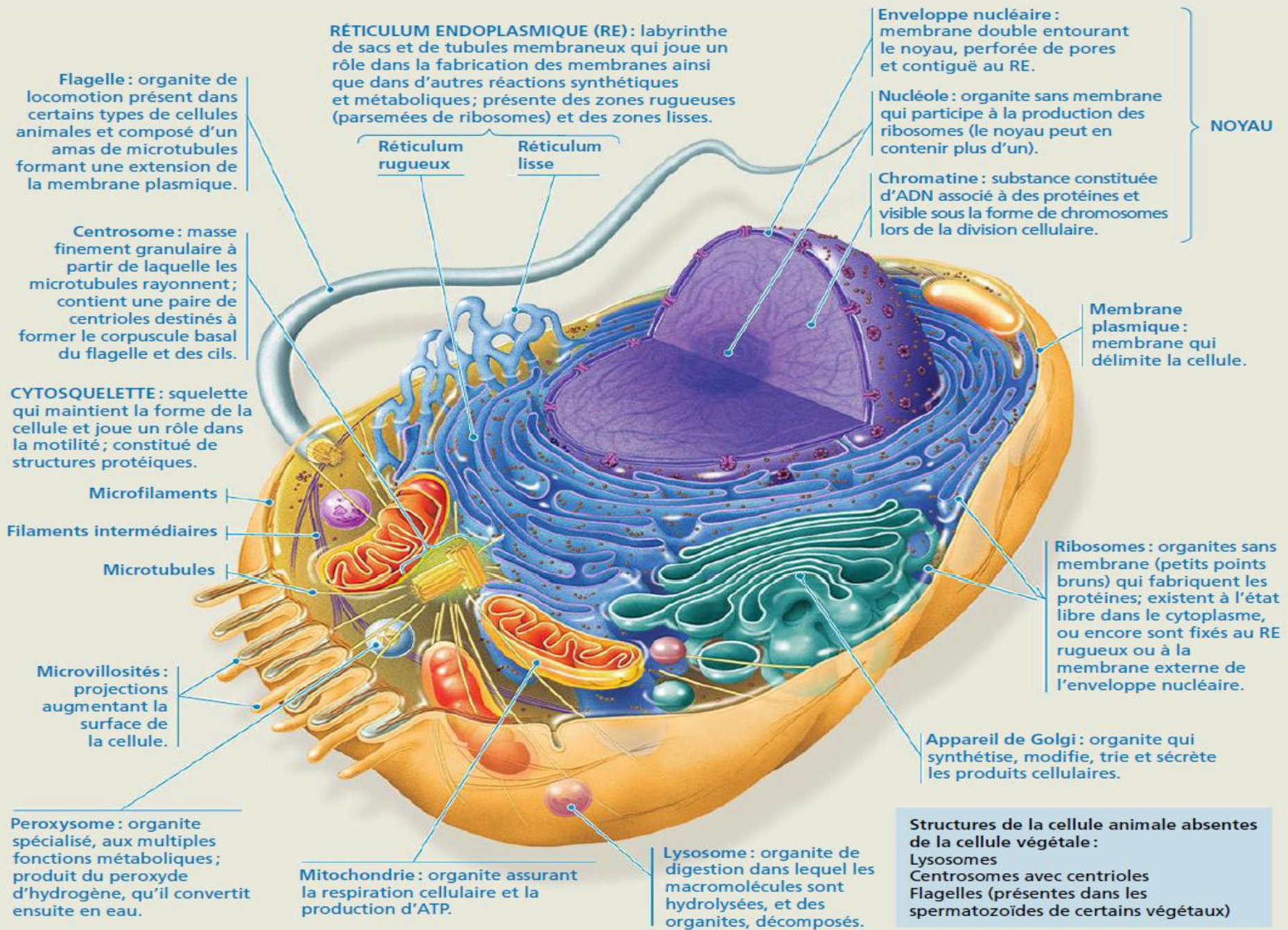
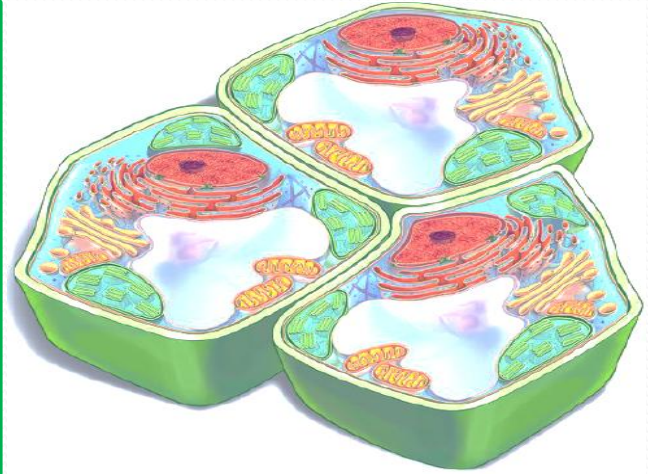


Figure: Cellule animale (coupe d'une cellule théorique)

Cellule Eucaryote Végétale

La cellule végétale présente généralement une forme polygonale, rectangulaire ou cubique, en raison notamment de la présence d'une paroi cellulaire rigide. cellulaire.



Sa taille varie généralement de **10 à 100 micromètres (μm) de longueur**, selon le type cellulaire.

Parmi les structures caractéristiques des cellules végétales et absentes des cellules animales, on trouve notamment les chloroplastes, la grande vacuole centrale, les plasmodesmes et la paroi cellulaire.

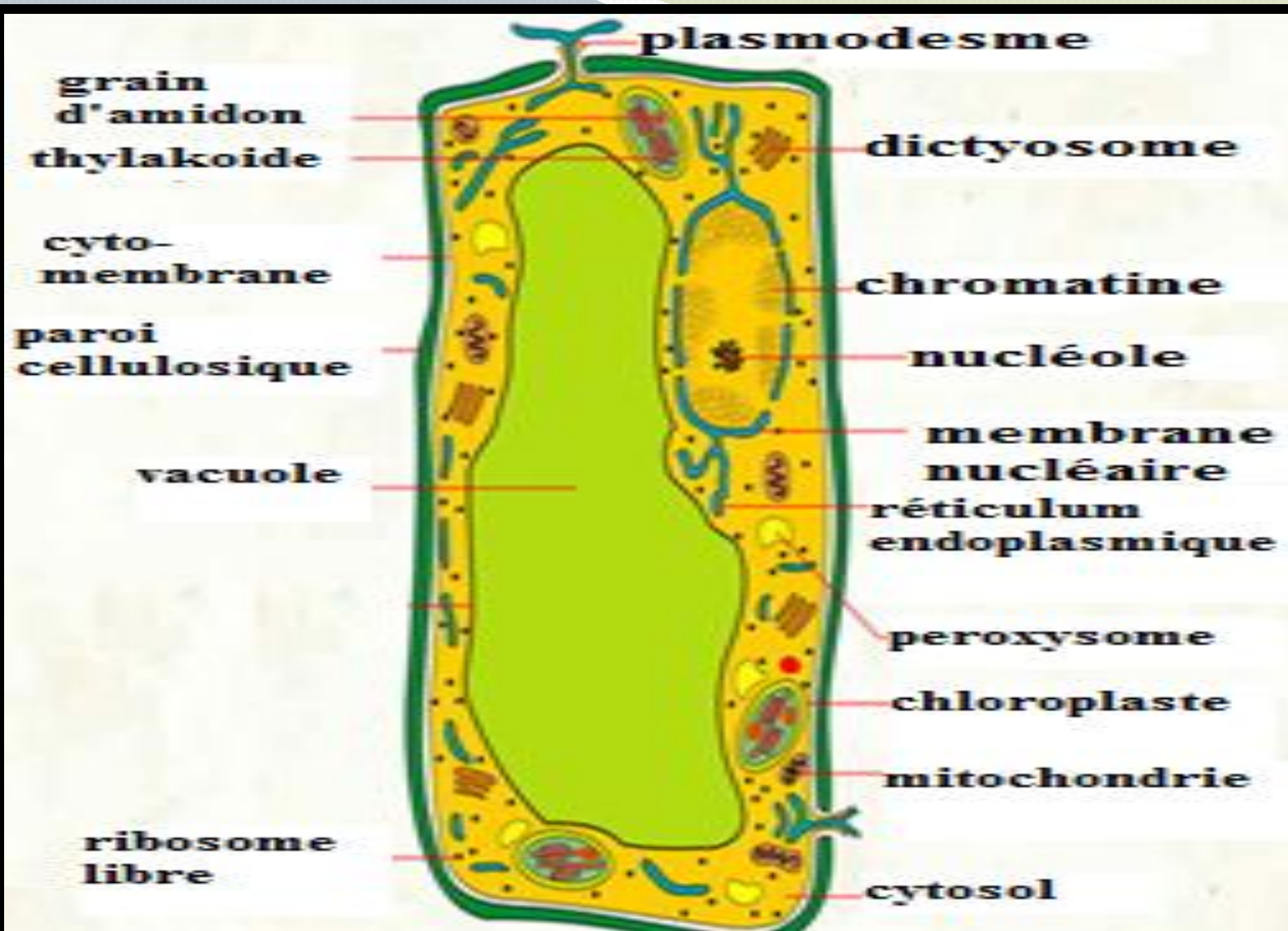


Figure : Cellules Eucaryotes (Coupes de cellules théoriques). **(b) cellule végétale**
Structures de la cellule végétale absentes de la cellule animale : Chloroplastes
Vacuole centrale Plasmodesmes Paroi cellulaire

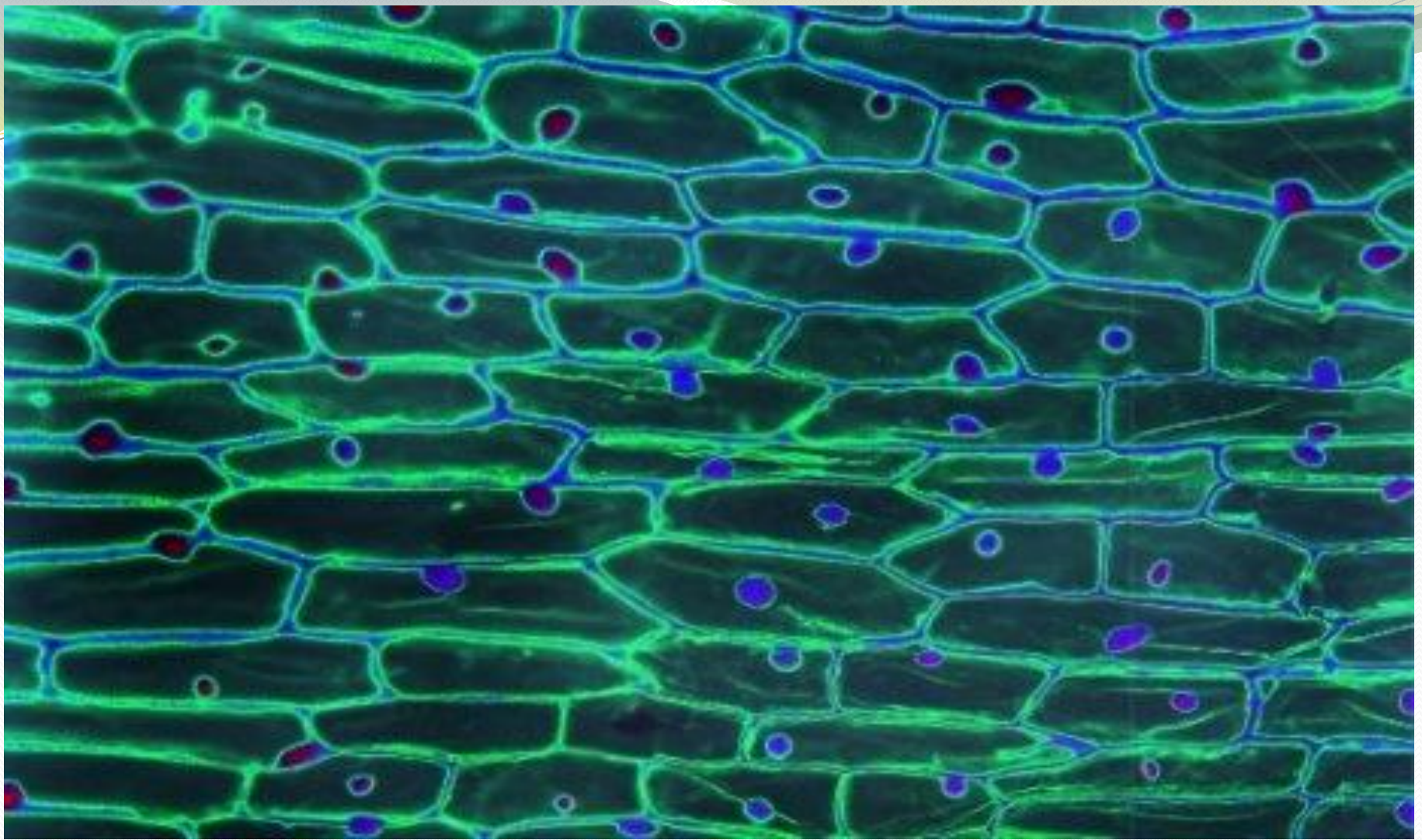


Figure: Micrographie en microscopie optique de cellules d'oignon montrant les noyaux, repoussés vers la périphérie des cellules par une grande vacuole centrale.

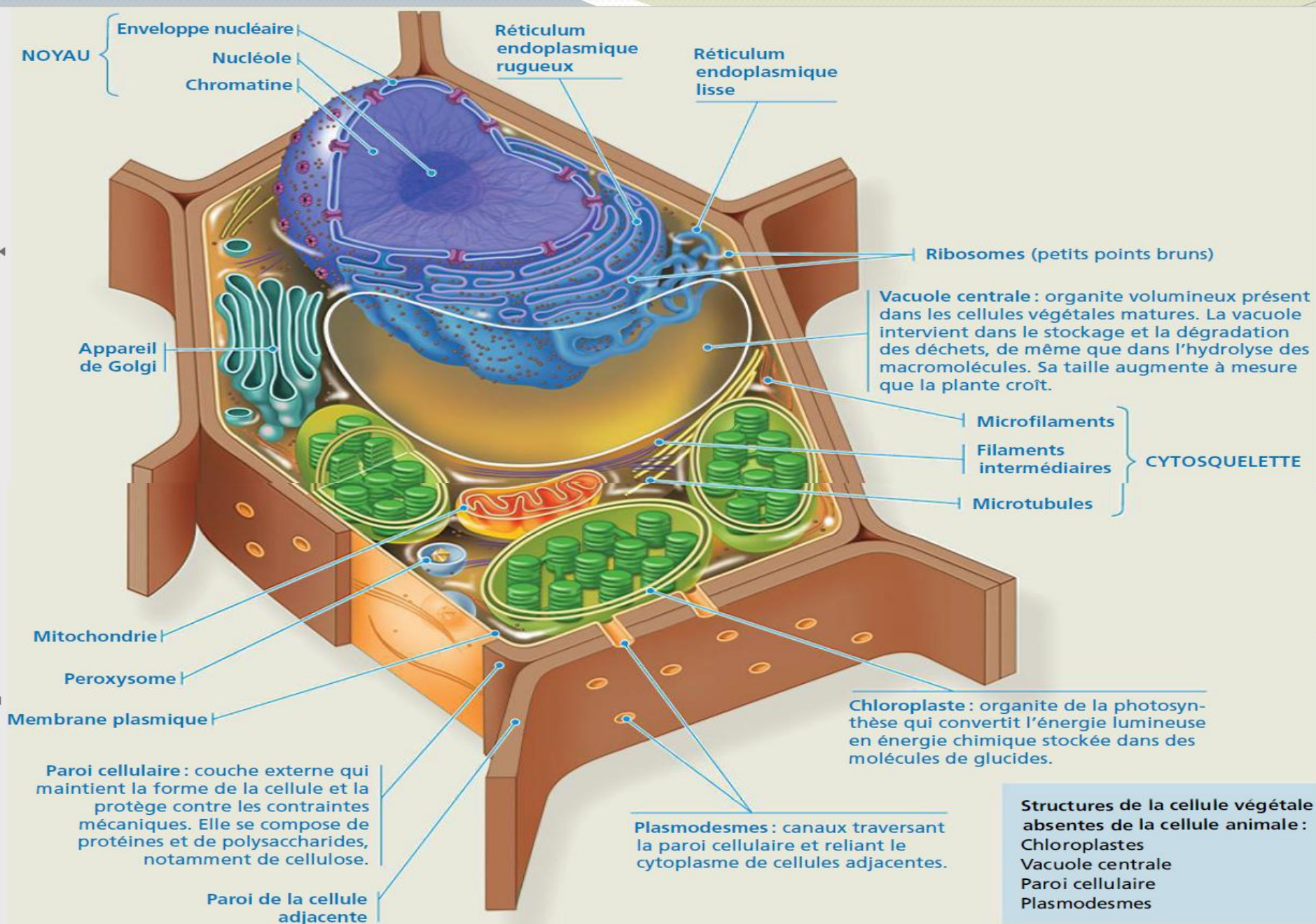
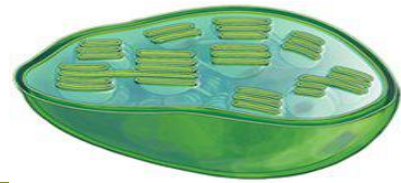


Figure: Cellule végétale (coupe d'une cellule théorique)

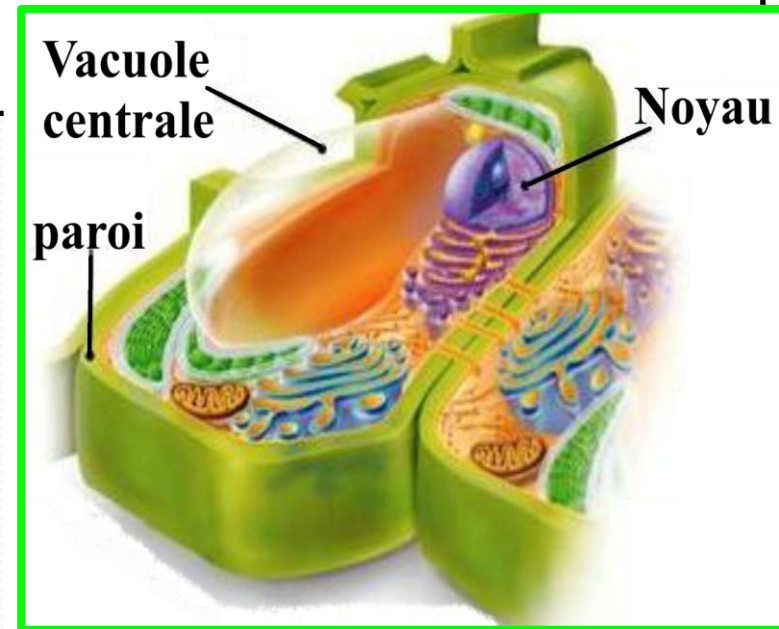
Chloroplaste



- Le chloroplaste est un organe cytoplasmique délimité par une double membrane.
- Les chloroplastes contiennent des **pigments photosynthétiques**, notamment la **chlorophylle**, responsable de leur couleur verte.
- Ils sont présents dans les cellules des végétaux et d'autres organismes eucaryotes (principalement les algues vertes), capables de réaliser la photosynthèse.
- Le nombre et la taille des chloroplastes varient selon le type cellulaire : certaines cellules peuvent contenir un seul chloroplaste volumineux, tandis que d'autres en possèdent plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de plus petite taille.
- **La photosynthèse** est un processus métabolique au cours duquel l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique, principalement stockée sous forme de molécules organiques telles que les glucides.

Central vacuole

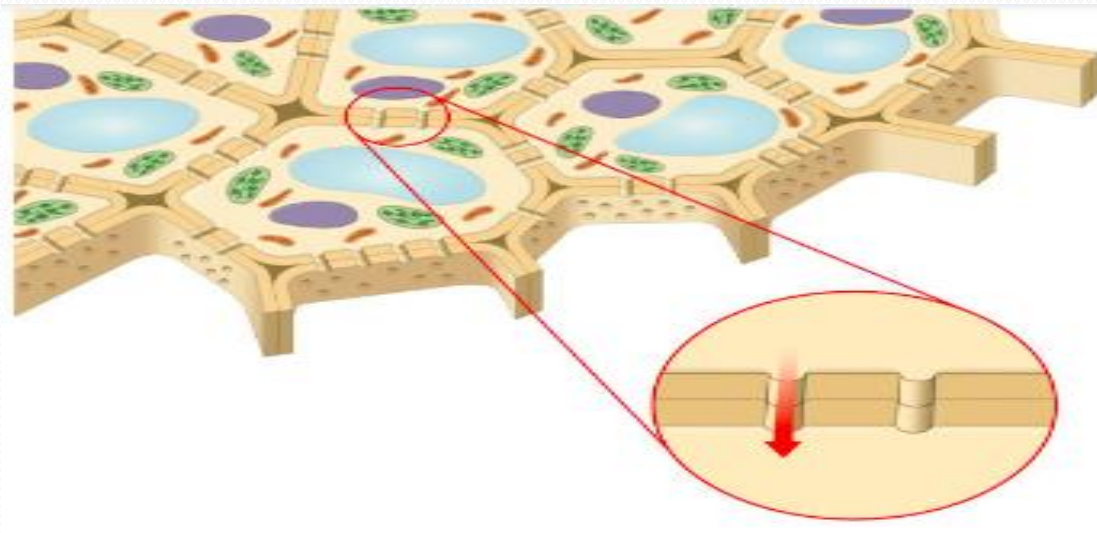
- La vacuole centrale est un compartiment intracellulaire délimité par une membrane appelée tonoplaste, caractéristique des cellules végétales matures.
 - Elle occupe généralement une grande partie du volume cellulaire, pouvant représenter la majeure partie du volume total de la cellule.
 - Elle contient la sève vacuolaire, une solution aqueuse composée notamment d'ions minéraux, de sucres, d'acides organiques, de pigments et de diverses molécules dissoutes.
-
- La vacuole centrale joue plusieurs rôles essentiels, notamment dans le stockage de substances, la régulation de l'équilibre hydrique et osmotique et le maintien de la turgescence cellulaire.



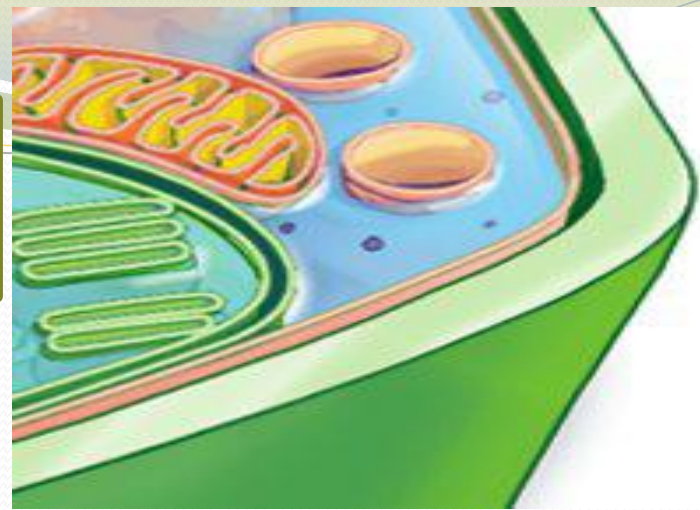
Plasmodesme

Les plasmodesmes sont des canaux traversant la membrane cytoplasmique et la paroi cellulaire et reliant le cytoplasme de cellules adjacentes.

Les cellules animales ne présentent pas de plasmodesme.



Paroi Cellulaire



- **Paroi cellulaire :** La membrane des cellules des végétaux est extérieurement doublée d'une couche externe qui maintient la forme de la cellule et la protège contre les contraintes mécaniques.
- Elle se compose de protéines et de polysaccharides, notamment de cellulose
- Les cellules animales ne présentent pas de paroi cellulaire.



**Fin de la
présentation**



**Merci pour
votre attention**