

# COURS DE CYTOLOGIE

A L'USAGE DES ETUDIANT DE PREMIERE ANNEE DE LICENCE

ASS<sub>2</sub> NFITUMUKIA NTIBESHE Modeste

Biologiste Médical

<https://www.maghonohmodeste.org>

# OBJECTIFS DU COURS

## 1. Général:

- Comprendre le concept de cytologie et son importance dans l'étude de la biologie.

## 2. Spécifique

- Identifier et décrire la structure de base d'une cellule, y compris ses composants principaux.
- Différencier les cellules procaryotes des cellules Eucaryotes
- Expliquer la fonction des organites cellulaires et comment ils contribuent au fonctionnement de la cellule.
- Décrire le métabolisme et le mécanisme du cycle cellulaire

# PLAN DU COURS

INTRODUCTION:

Ch. I. GENERALITE SUR LA CELLULE

- Définition
- Classe de cellules
- Caractéristiques communs des cellules

Ch. II. LES GRANDES PARTIES DE LA CELLULES

- Membrane Plasmique
- Cytoplasme ou Cytosol
- Système Endomembranaire
- Noyau

Ch. III. LE CYCLE CELLULAIRE

- La Mitose
- La Méiose

Ch. V. METABOLISME CELLULAIRE

- Métabolisme de Macromolécules: Lipides, Glucides et Protéines

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- F.DUFEY ; Biologie : Reproduction-Hérédité-Evolution ; Centre de recherche pédagogiques ; Kinshasa ; 1986
- Janick NAVETEUR et Odele VILTART : Biologie Cellulaire-Licence 1ère année-UE 3Biologie ; Université de Lille1/2011-2012
- ULYEL Ali-Patho : Biologie Animal ; Diversité dans le monde vivant ; UNIGOM ; 2012-2013
- Tahiri JOUTI N. Biologie Cellulaire ; Université HASSAN II ; 2015-2016
- Jacques KAMBALE KISUBA : Biologie Générale ; ISTM/Goma/2015-2016
- Biologie Cellulaire ; Biologie 1 ère année ; [WWW.espace-étudiant.net](http://WWW.espace-étudiant.net)
- Guy ROUSSEAU et Lionel DONENIOUD : Biochimie ; Traduction de la 3ème édition Américaine
- Dr Bouchikhi Nour El HOUDA: Cours en ligne Cytologie; Université Oran 1 Ahmed Ben Bella Faculté de Médecine d'Oran; Octobre 2023
- Dr ALLAOUI. ASSIA: CYTOLOGIE GENERALE Corrigé type des évaluations; Université des Frères MENTOURI CONSTANTINE. Année universitaire 2023-2024.
- Dr. ZOUAGHI Youcef: Cours de Biologie Cellulaire; Années d'Etude 2020 – 2021
- <https://WWW.accesmad.org/>

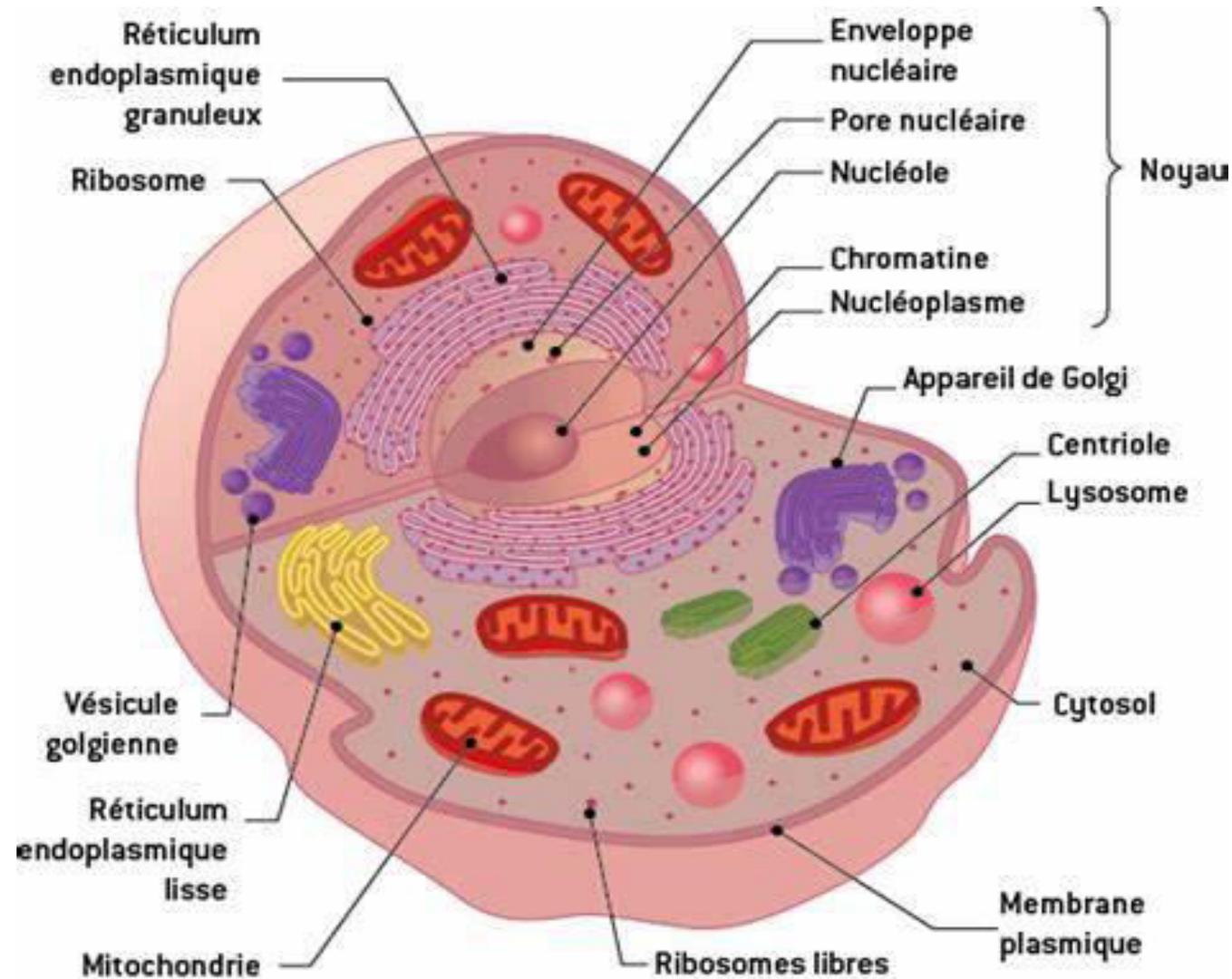
# INTRODUCTION

- Cytologie : est une partie de la biologie qui étudie la cellule vivante sous ses différents aspects physiologiques, morphologiques, biochimiques, quelles que soient son origine - animale, végétale, etc.
- La cytologie intervient dans d'autres sciences comme l'histologie, la pathologie cellulaire, l'anatomie, pathologique...
- Entant que science, la cytologie a été créée au 19<sup>ème</sup> siècle, après la diffusion de microscopes améliorés dans des laboratoires, ainsi qu'après la découverte de diverses méthodes de fixation et de coloration de cellules.
- Le premier scientifique qui proposa le terme cell

# Chapitre I.

## **GENERALITE SUR LA CELLULE**

# PRESENTATION DE LA CELLULE



# Définition et Organisation Générale

- La cellule est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice constituant tout ou partie d'un être vivant (à l'exception des virus).
- La cellule représente **l'unité fondamentale** de tout être vivant, c'est la plus petite portion de matière vivante qui puisse vivre isolée et qui puisse se reproduire
- Une cellule peut se répliquer de manière indépendante. C'est pourquoi ils sont connus comme les éléments constitutifs de la vie.
- Chaque cellule est une entité vivante qui, dans le cas d'organismes multicellulaires, fonctionne de manière autonome mais coordonnée avec les autres.

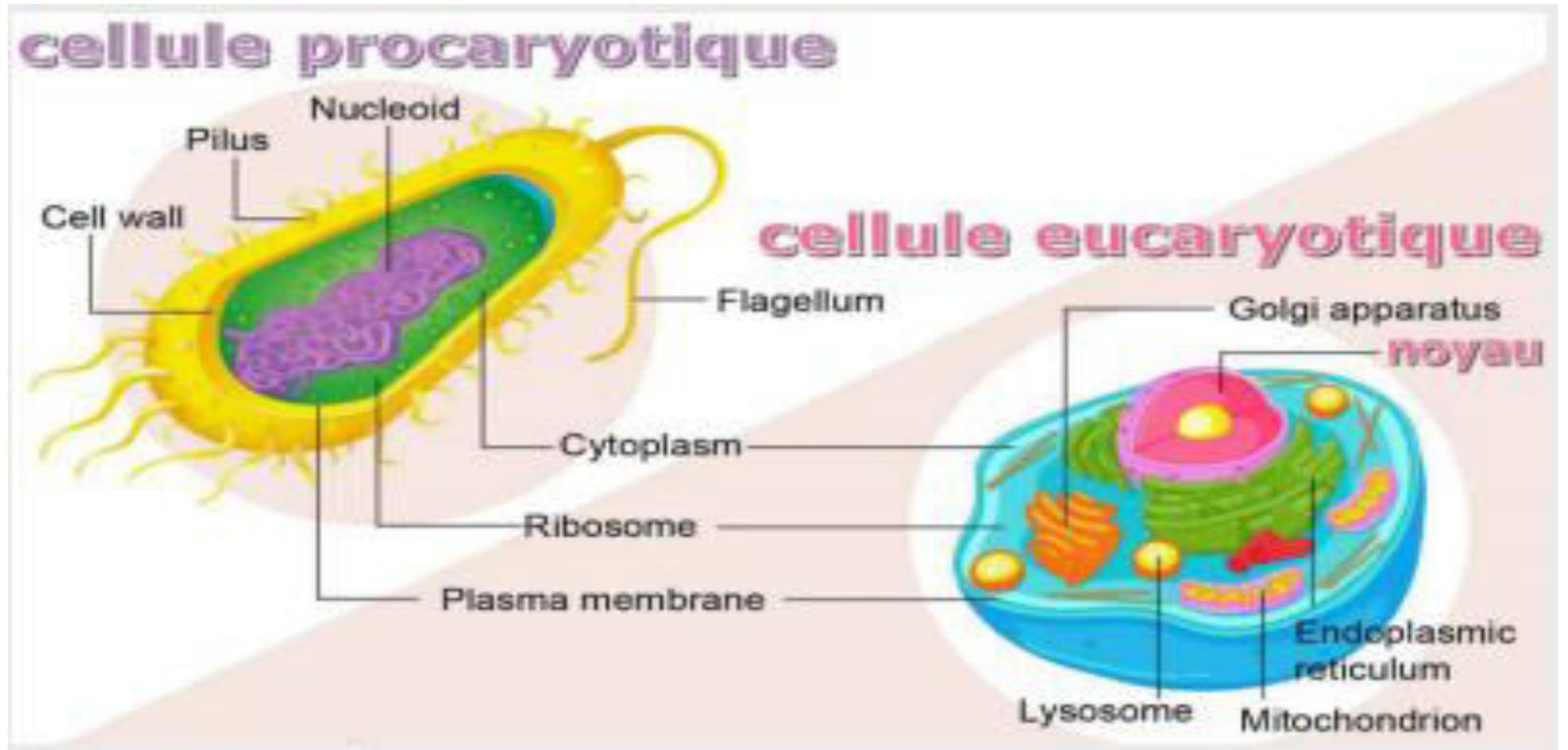
# Définition et Organisation Générale

- Les cellules de même type sont réunies en tissus, eux-mêmes réunis en organes.
- Tout être vivant (donc tout organisme) est soit une cellule isolée, soit une association de plusieurs cellules. (Pluricellulaire ou Unicellulaire)
- Toutes les cellules vivantes sont limitées par une membrane plasmique entourant un compartiment cytoplasmique et contiennent un matériel héréditaire sous forme d'ADN double brin.

# Principales Classes de cellules

- Le monde des cellules est subdivisé en deux grandes classes qui sont fondamentalement différents sur la base de leur structure interne et de leur organisation générale ; il s'agit des **Procaryotes** ou cellules à «**noyau primitif** », et des **Eucaryotes** ou cellules « **à noyau vrai** ».
- Les premiers recouvrent les êtres unicellulaires dont les Bactéries au sens large;... tandis que les seconds sont surtout des êtres pluricellulaires : les Algues, les Champignons, les Végétaux (êtres autotrophe photosynthétiques et immobiles) et les Animaux (Etres pluricellulaires hétérotrophes en général mobiles).
- Pour les procaryotes; la **molécule d'ADN se trouve libre dans le hyaloplasme** alors que pour les Eucaryotes, celle molécule se trouve dans le noyau

# Schéma de comparaison entre les deux cellules



# Caractéristiques communs des toutes les cellules

En dépit de leurs nombreuses différences d'aspect et de fonction, toutes les cellules ont un certain nombre de points communs :

- **La membrane plasmique:** Qui définit la frontière entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule
- **Le cytoplasme:** Contenant le Hyaloplasme dans lequel baignent les organites cellulaires
- **Le matériel génétique :** L'ADN sous forme de chromosomes qui portent les gènes

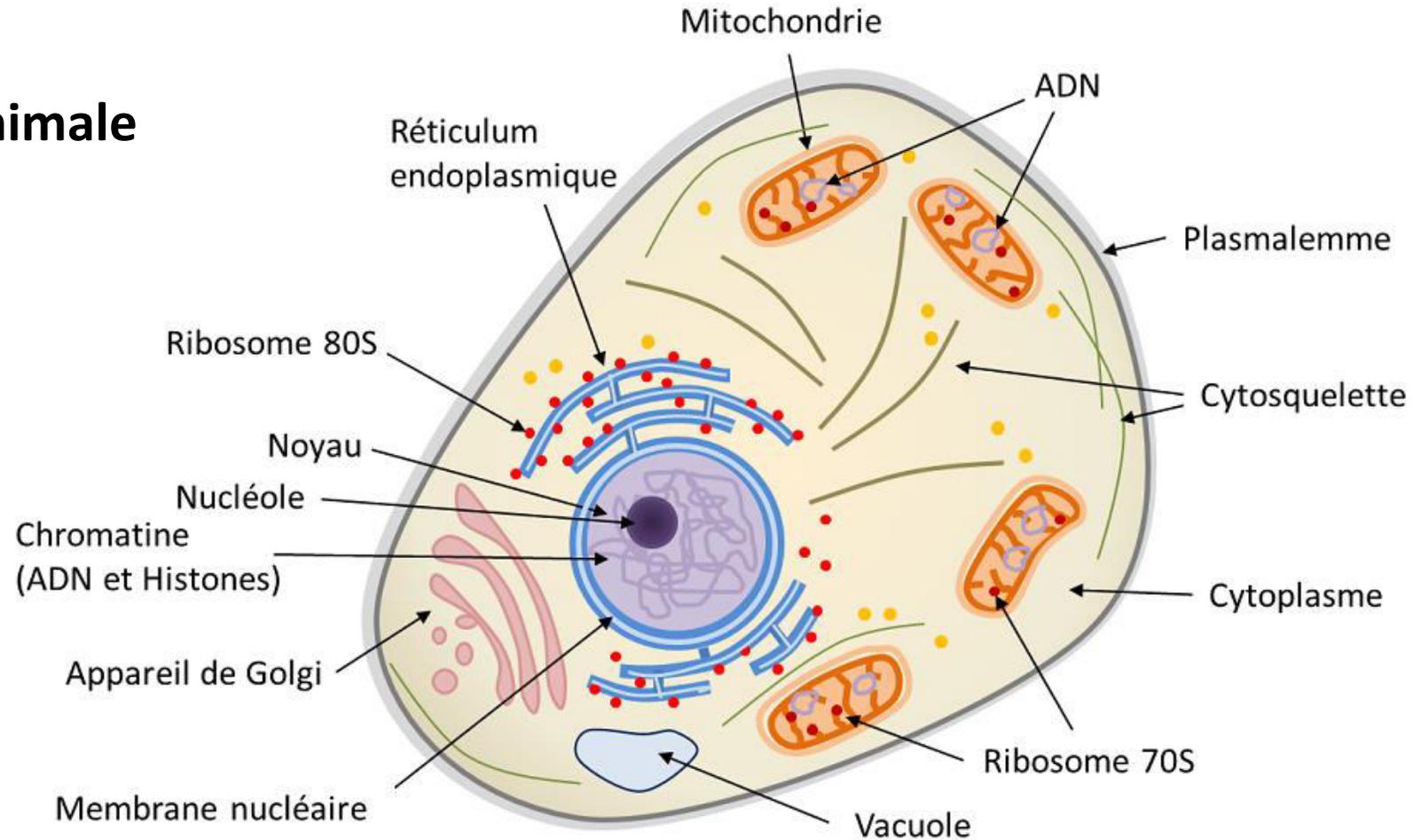
L'ADN contrôle les activités de la cellule et lui permettent de se reproduire en transmettant ses caractéristiques à ses descendantes, issues des divisions cellulaires ; il est le support de l'hérédité.

# Les caractères distinctifs entre procaryote et eucaryote

	<b>EUCARYOTES</b>	<b>PROCARYOTES</b>
REPRESENTANTS	Protozoaires, champignons, animaux, végétaux	Bactéries, Cyanobactéries
MATERIEL GENETIQUE	ADN découpé en plusieurs chromosomes	ADN en un seul chromosome
	Gènes en mosaïque comprenant des introns	Gènes d'un seul tenant
	ADN enveloppé dans des protéines et entouré par une double membrane	ADN nu
TAILLE	grande taille 10 à 100 $\mu\text{m}$	petite taille 1 à 10 $\mu\text{m}$
METABOLISME	photosynthèse, respiration, fermentation	photosynthèse, respiration, fermentation
REPRODUCTION	mitose, méiose	Scissiparité
MOBILITE	Souvent mobile grâce à des flagelles des cils à microtubulles	Non mobile ou avec un flagelle de protéines (flagelline)
CYTOPLASME	Organites limités par une membrane : mitochondries et chloroplastes	pas d'organites limités par une membrane
	Nombreux replis membranaires, protéines de soutien et de mobilité	replis membranaires rares ou peu développés
	ribosomes de grande taille fixés sur la membrane du réticulum	ribosomes libres de petite taille
MEMBRANE	phospholipides de type ester	phospholipides de type ester (eubactéries) ou de type éther (archéobactéries)

# Les différents types de cellule eucaryote

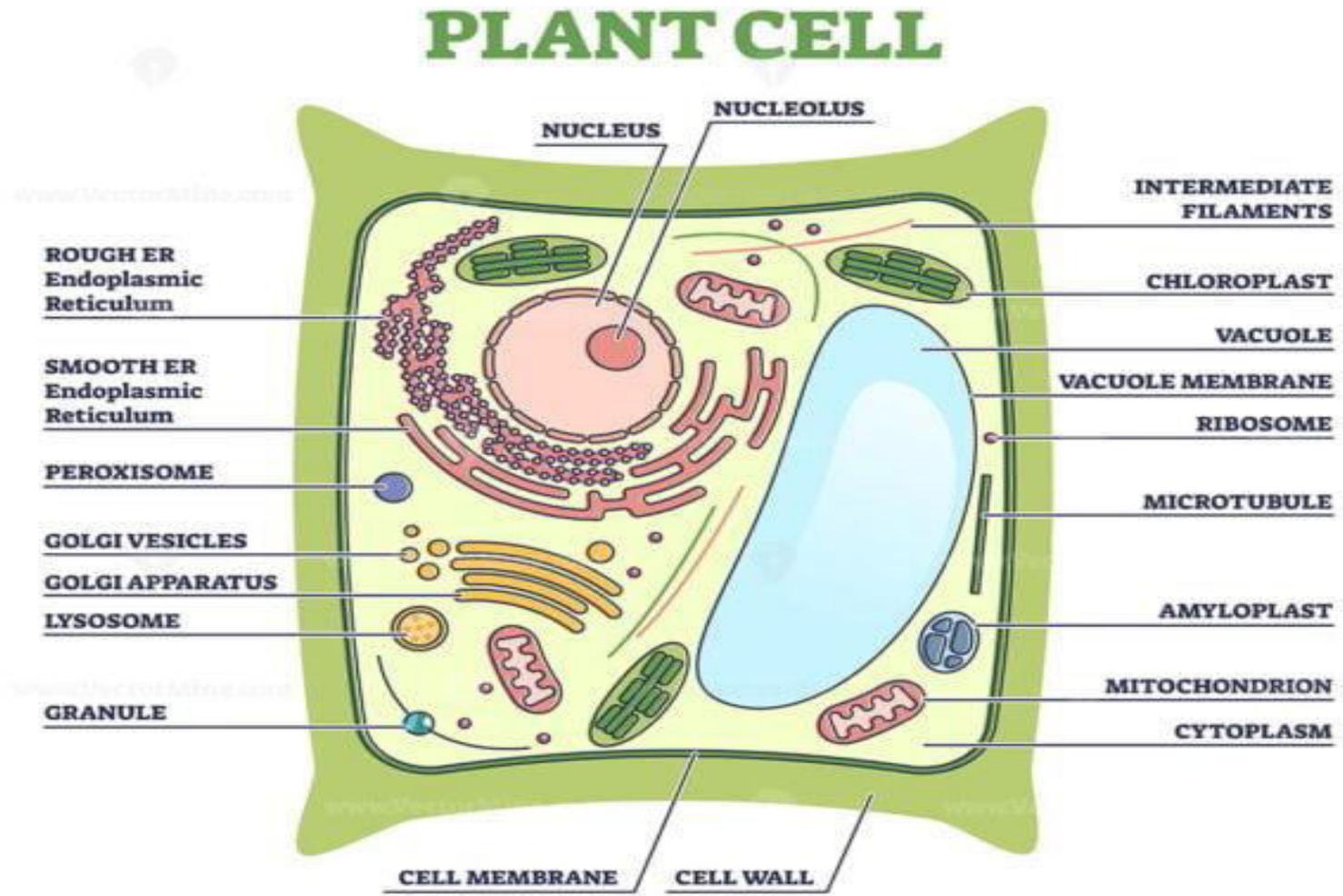
## 1. Cellule animale



# 1. Cellule animale

- Les cellules animales sont l'unité de base de la vie dans les organismes du règne Animal.
- Ce sont des cellules eucaryotes avec un véritable noyau et des structures spécialisées appelées organites qui remplissent différentes fonctions de synthèse.
- Elle est soit Unicellulaire = protozoaire soit Pluricellulaire = métazoaire

# 2. Cellule végétale



- Les cellules végétales sont les unités élémentaires, très nombreuses, constituant les organismes végétaux.
- Elles sont les cellules présentes dans les plantes vertes, eucaryotes photosynthétiques du règne Plantae.
- Elles comprennent généralement un noyau cellulaire entouré d'un cytoplasme, divers organites ou plastes, le tout étant protégé par une membrane plasmique.
- Leurs caractéristiques distinctives sont : des parois cellulaires primaires contenant de la cellulose, des hémicelluloses et de la pectine ; la présence de plastes capables d'effectuer la photosynthèse et de stocker l'amidon ; une grande vacuole qui régule la pression de turgescence ; l'absence de flagelles ou de centrioles, sauf dans les gamètes .

# La différence entre la cellule animale et la cellule végétale

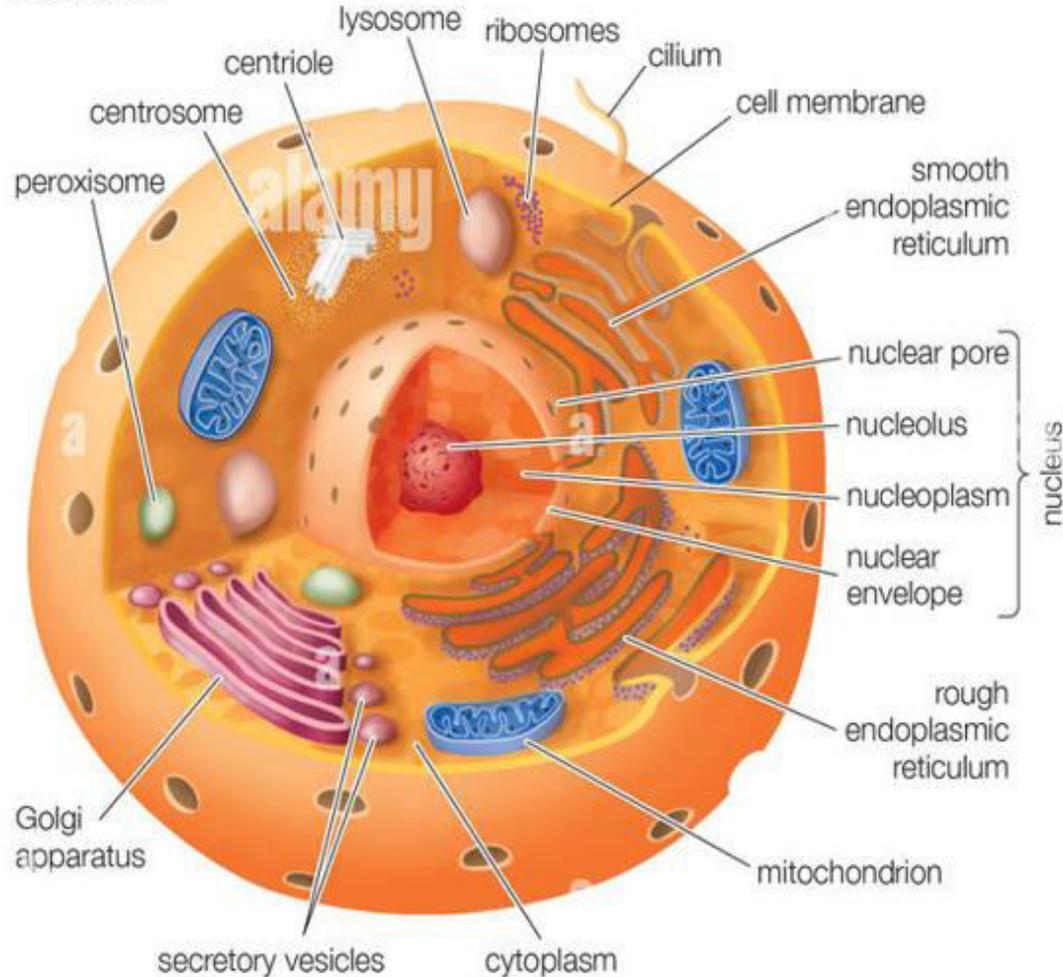
- La différence principale entre la cellule végétale et la cellule animale est que la première est capable d'élaborer toutes les substances nécessaires à leur croissance telles que les sucres, acides aminés, .... à partir de sels minéraux, d'eau et de gaz carbonique en présence de lumière.
- Ce processus a lieu grâce à la photosynthèse qui est unique aux plantes et qui leur permet de capter l'énergie solaire et de la convertir en énergie chimique utile pour alimenter leur métabolisme.
- La cellule animale dépend de la cellule végétale car elle est incapable de produire l'énergie nécessaire à leur croissance directement à partir de l'énergie solaire.

- Elle produit l'énergie par la respiration en consommant l'oxygène.
- Au niveau cellulaire les cellules végétales se distinguent des cellules animales par la présence d'un compartiment supplémentaire entouré par deux membranes qui s'appelle le chloroplaste
- C'est dans ce chloroplaste qu'ont lieu les réactions de la photosynthèse. • Il convient aussi de noter que les parois des cellules végétales sont plus robustes que celles des cellules animales car elles doivent résister au froid, à la chaleur et à la sécheresse. • Les vacuoles des cellules végétales : sites d'accumulation de réserves ou de substances particulières, parfois toxiques voire de déchets, ce qui leur confère un rôle de détoxification de la cellule.

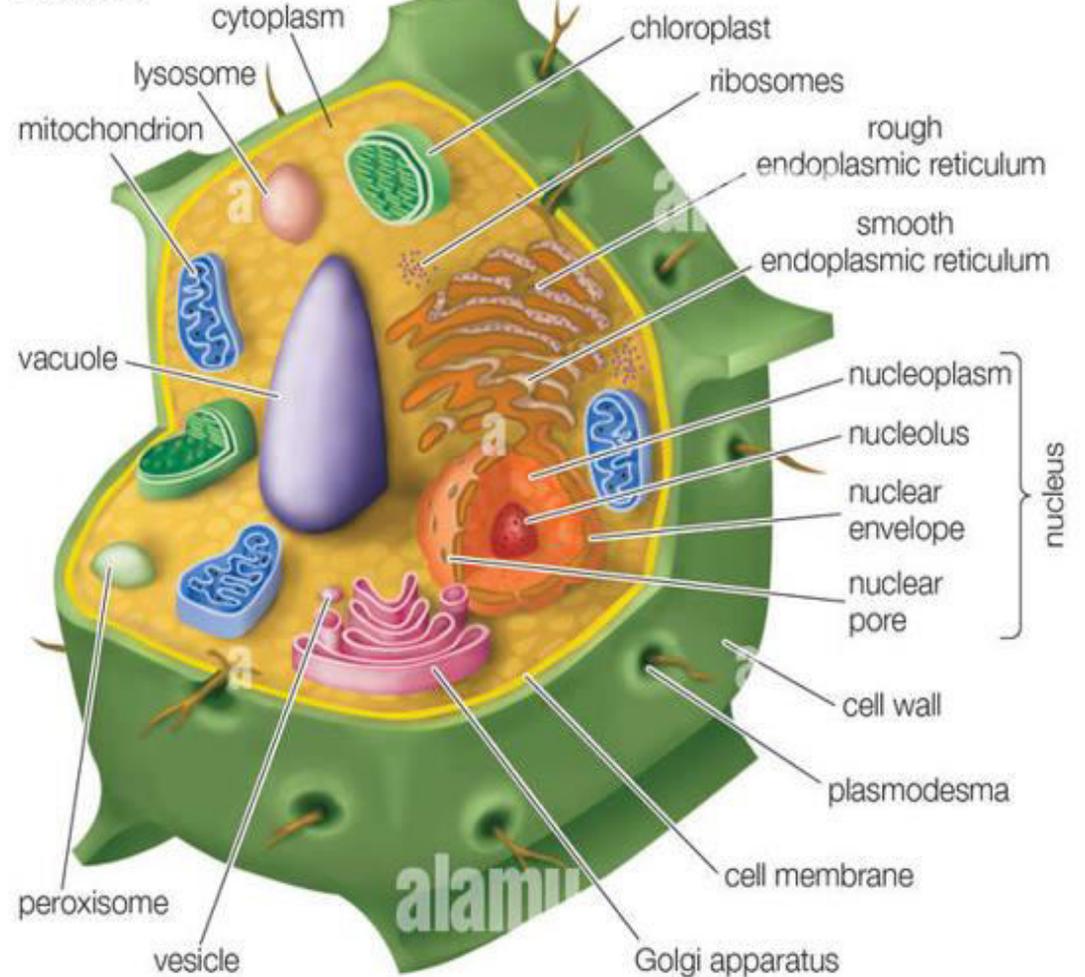
# La différence entre la cellule typique animale et la cellule végétale

## Typical animal cell and plant cell

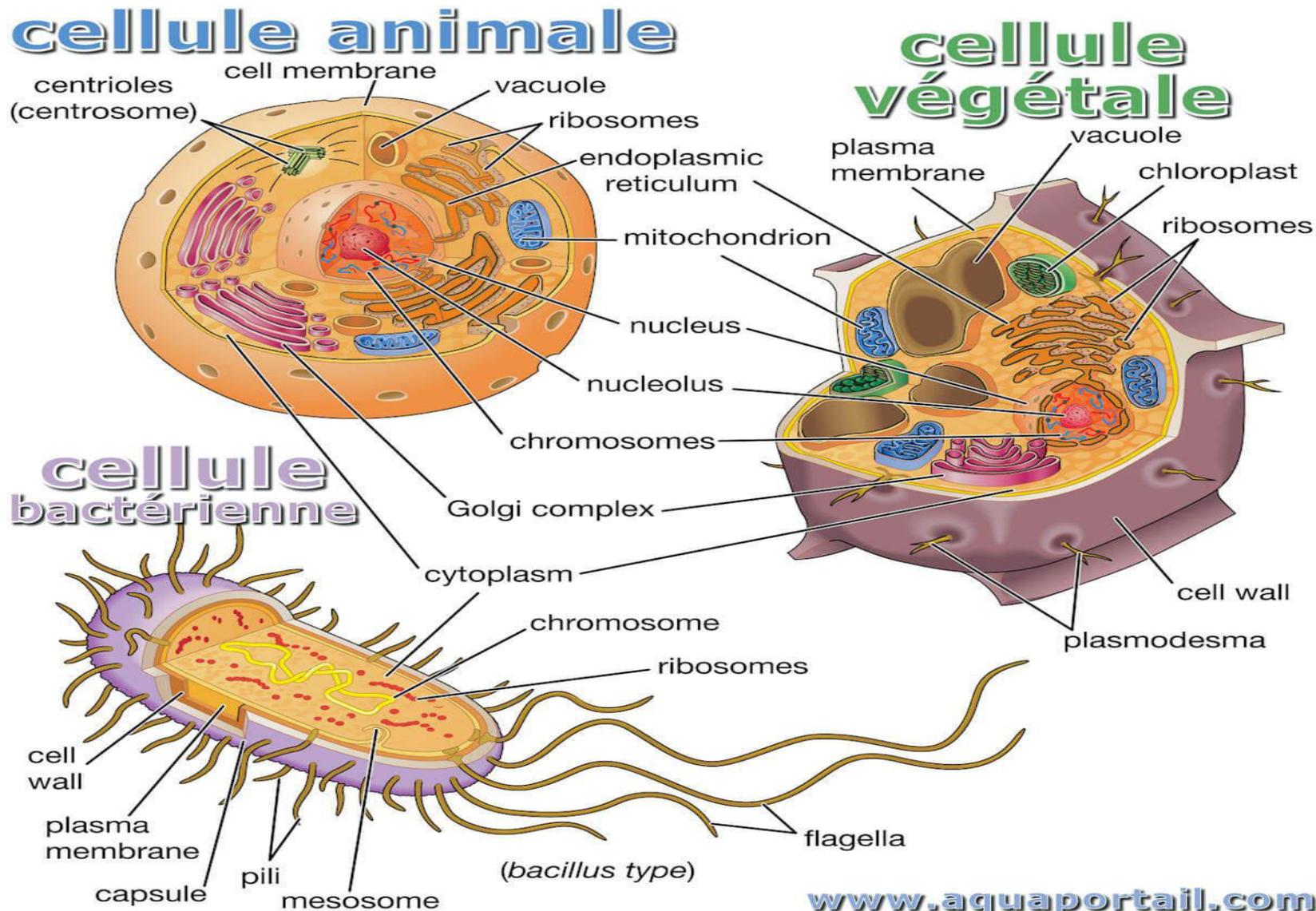
### Animal cell



### Plant cell



# La différence entre la cellule animale, végétale et Bactérienne

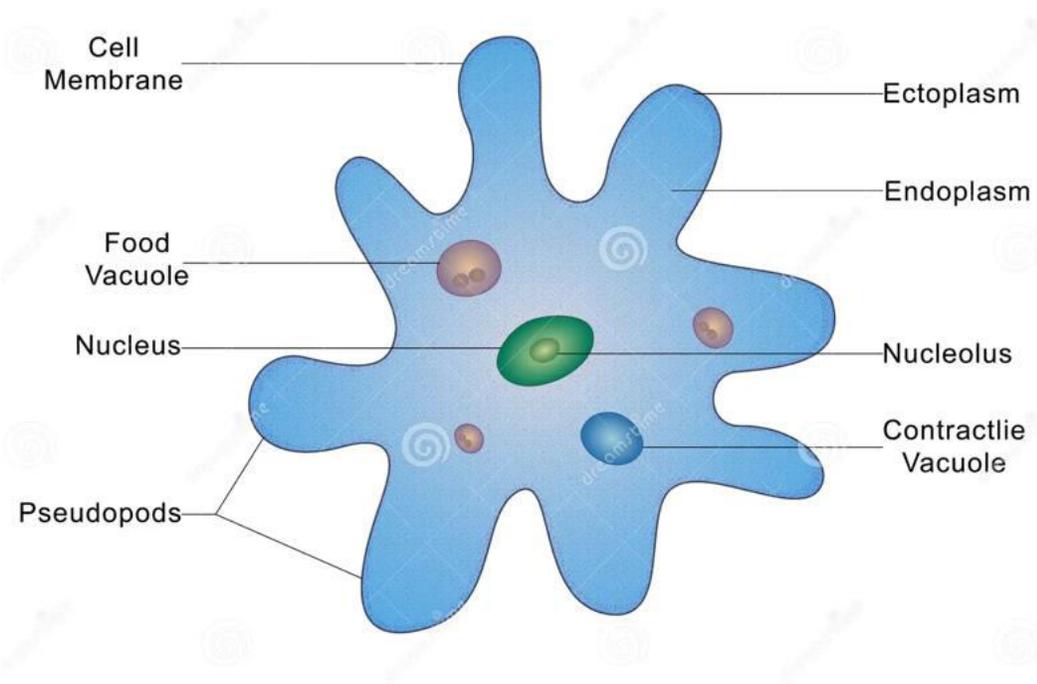


# Les organismes eucaryotes

- La cellule eucaryote constitue les **protozoaires** constitués d'une seule cellule et les **métazoaires** constitués de plusieurs cellules groupées en tissus.
- Les **Protozoaires** sont des organismes unicellulaires et ne sont pas à proprement parler des animaux. Ces organismes font partie d'un règne bien à eux: celui des **Protistes**.
- Exemple : la paramécie, l'amibe.

# Exemple de l'Amibe et du Paramécie

## Amibe



## Paramécie



# La Paramécie

Ici nous observons :

1. La description du mode de déplacement des Paramécie ;
2. L'indication des différents constituants de la Paramécie ;
3. Des mouvements effectués par la Paramécie comme les contractions alternées des deux vacuoles pulsatiles aux coins du cytoplasme, les vibration des cils, les mouvements des trichocystes (plus longs que les cils,) aux extrémités de la cellule, et le sens de déplacement des éléments du cytoplasme.



# Les organismes eucaryotes

- Les métazoaires ou animaux **pluricellulaires** sont caractérisées par une spécialisation portant sur des groupes de cellules aboutissant à la formation de tissus puis à des ensembles fonctionnels ou organes.
- Les métazoaires comprennent la grande majorité des animaux que nous connaissons, tels que les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les poissons, les insectes, les crustacés, les étoiles de mer, les mollusques, etc.

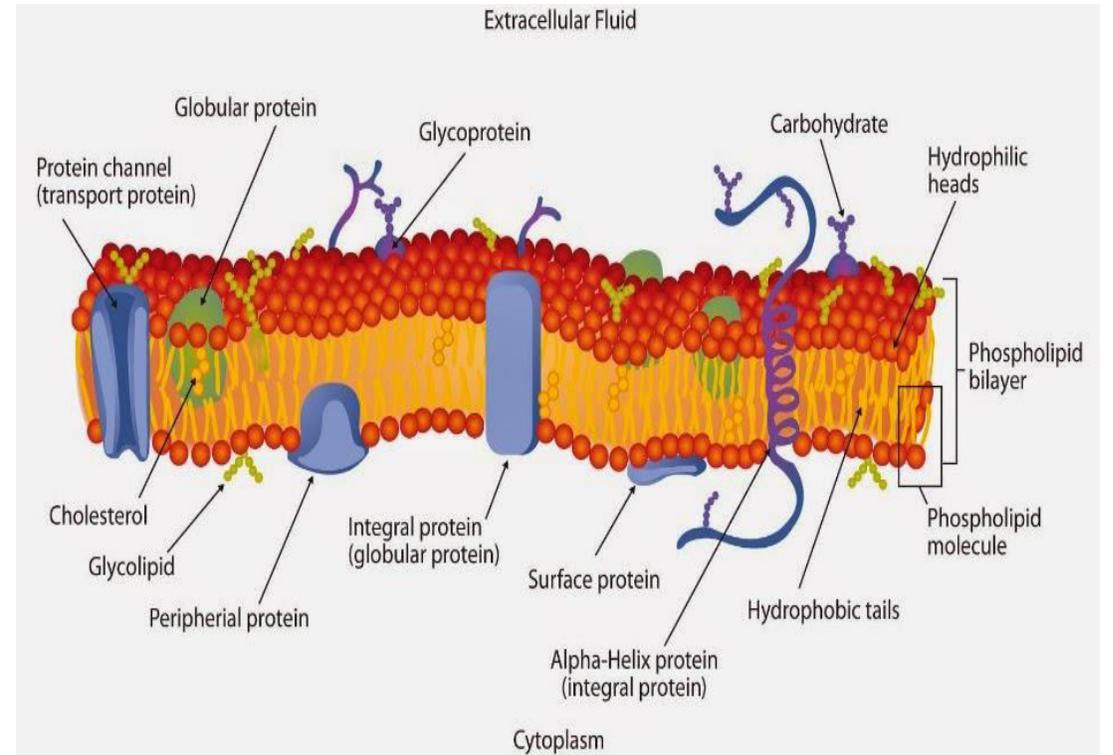
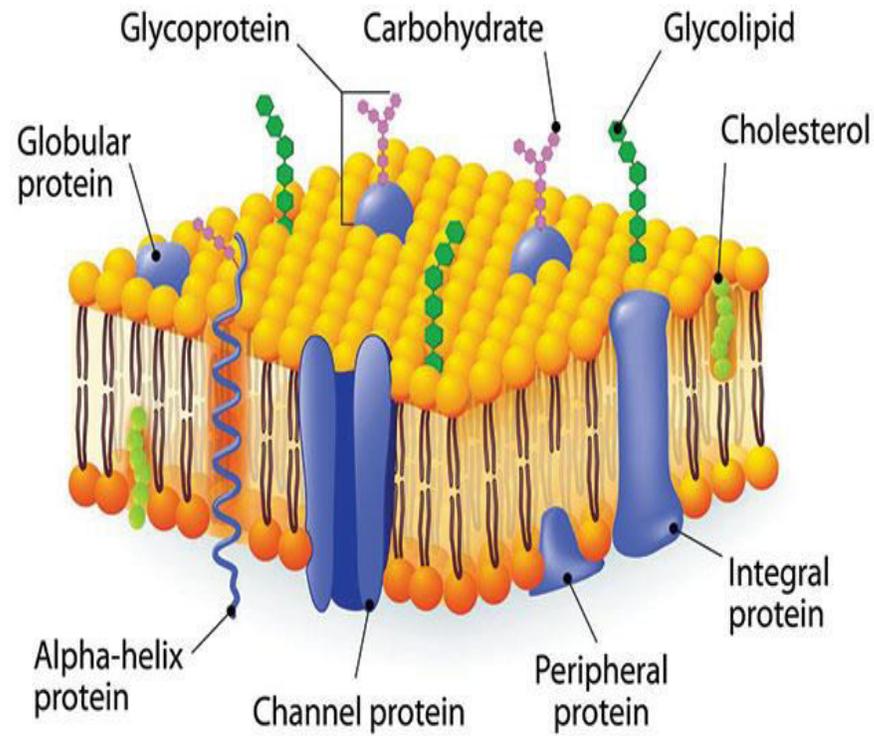
# Les métazoaires



# Chapitre II

## **LES GRANDES PARTIES DE LA CELLULES**

# II.1. LA MEMBRANE PLASMIQUE



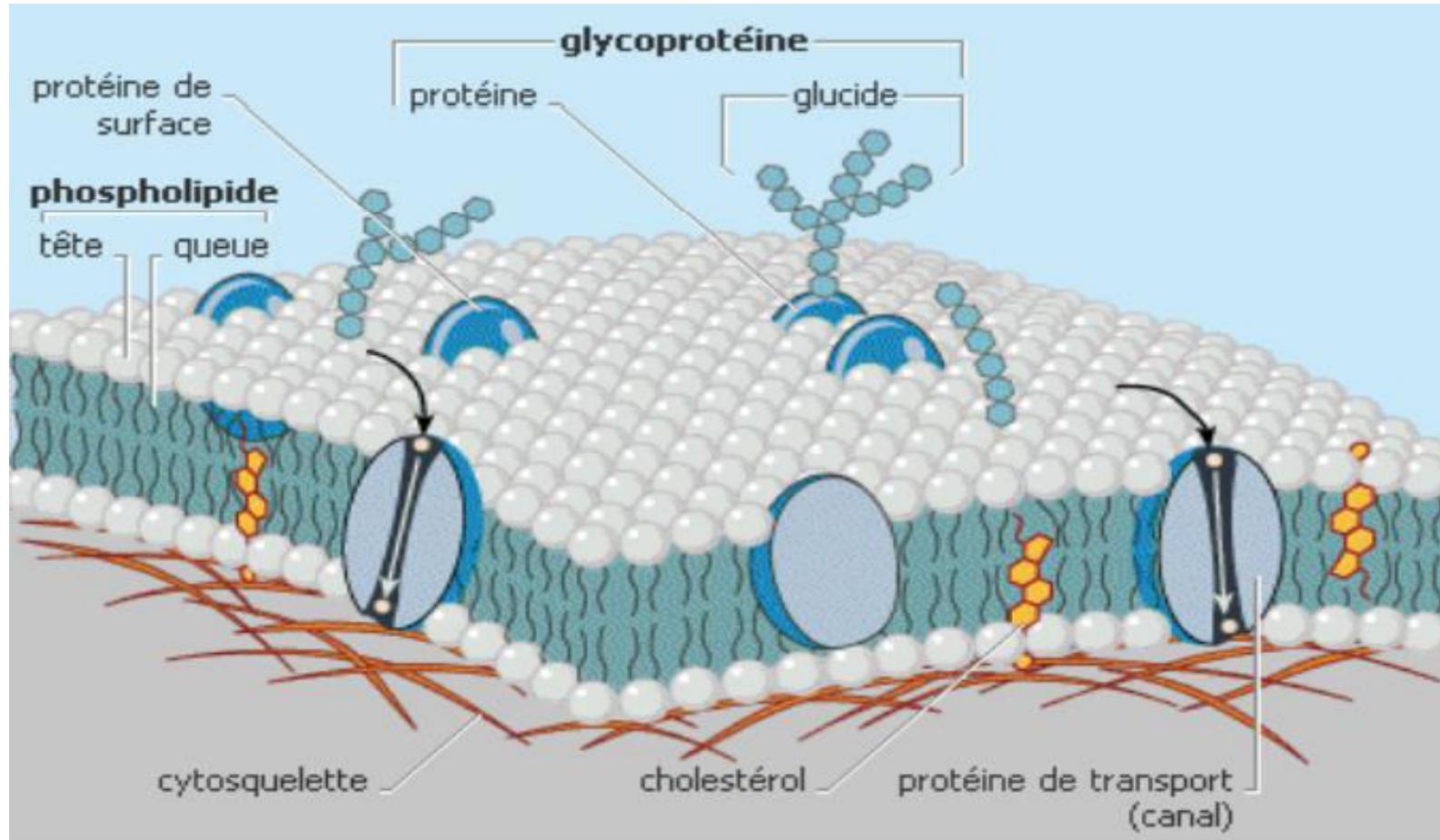
# 1. Définition & Organisation Générale de la Membrane Plasmique

- La membrane plasmique est une structure **dynamique, organisée et complexe**, indispensable à la vie d'une cellule.
- Grâce à une perméabilité très sélective, elle joue un triple rôle de **protection** et de **contrôle des échanges** entre les milieux intracellulaire et extracellulaire et des communications, de façon contrôlée
- Elle formée d'une double couche des **lipides** associées à des **protéines** et à des **glucides**.
- La membrane plasmique permet le **passage** de certaines substances chimiques tout en assurant la **stabilité** de la composition du milieu intracellulaire.

# 1. Définition & Organisation Générale de la Membrane Plasmique

- Elle autorise ou non le passage de certaines molécules et ions et en contrôle les flux entrants et sortants.
- Les passages à travers la membrane se font soit par **diffusion passive** soit par **transport actif** (qui nécessite un transporteur protéique et de l'énergie).
- La membrane plasmique participe aussi à la **reconnaissance de signaux** et de **molécules** comme les neurotransmetteurs ou des hormones provenant du milieu extracellulaire, par le biais de récepteurs moléculaires spécifiques qu'elle contient.

## 2. Ultrastructure de la membrane plasmique

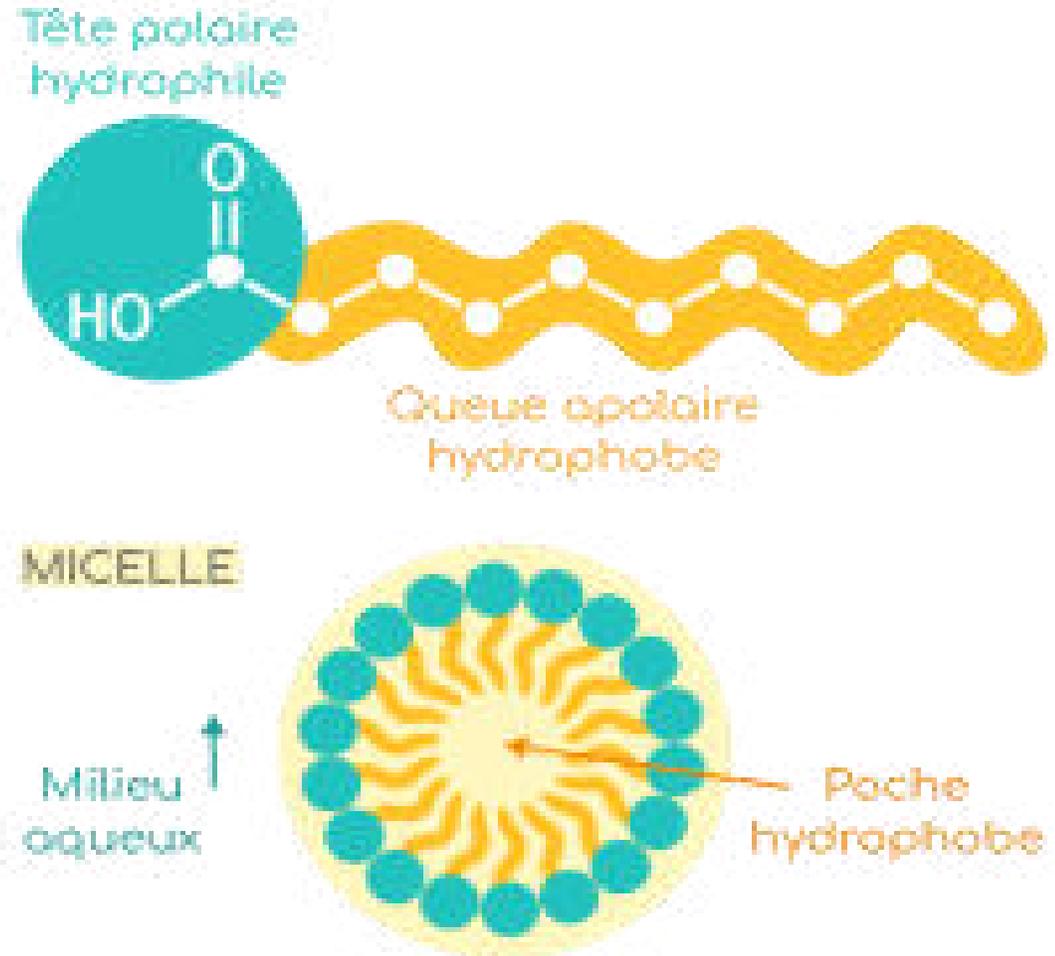


- Cette ultrastructure est identique pour les membranes entourant tous les organites cellulaires.
- Au microscope optique (M.O) (Trait homogène),
- Au microscope électronique (M.E) bicouche de 7 à 8 nm d'épaisseur (2 feuillets denses),

## a. Les lipides membranaires

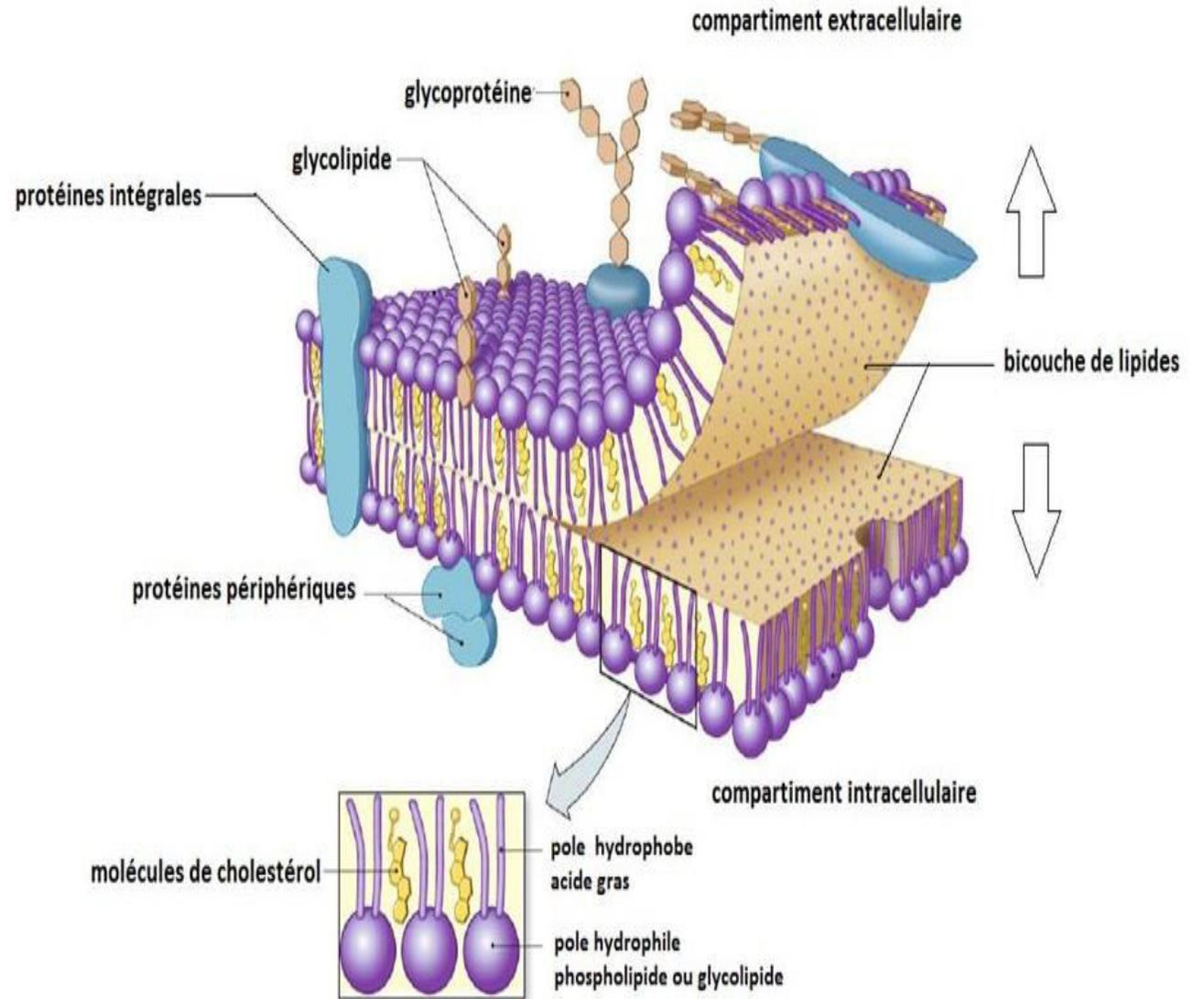
Tous les lipides membranaires sont amphiphiles:

➤ Ils possèdent une **région polaire hydrophile** (contenant des groupements carboxyles COOH ayant une forte affinité pour l'eau) et une **région hydrophobe apolaire** qui n'établit pas de relation avec l'eau.



## a. Les lipides membranaires

- Les molécules lipidiques sont organisées en double couche continue d'environ 5nm d'épaisseur.
- Il existe trois principaux types de lipides dans les membranes cellulaires: les **phospholipides** (les plus abondants), le **cholestérol**, les **glycolipides**.



# Les phospholipides

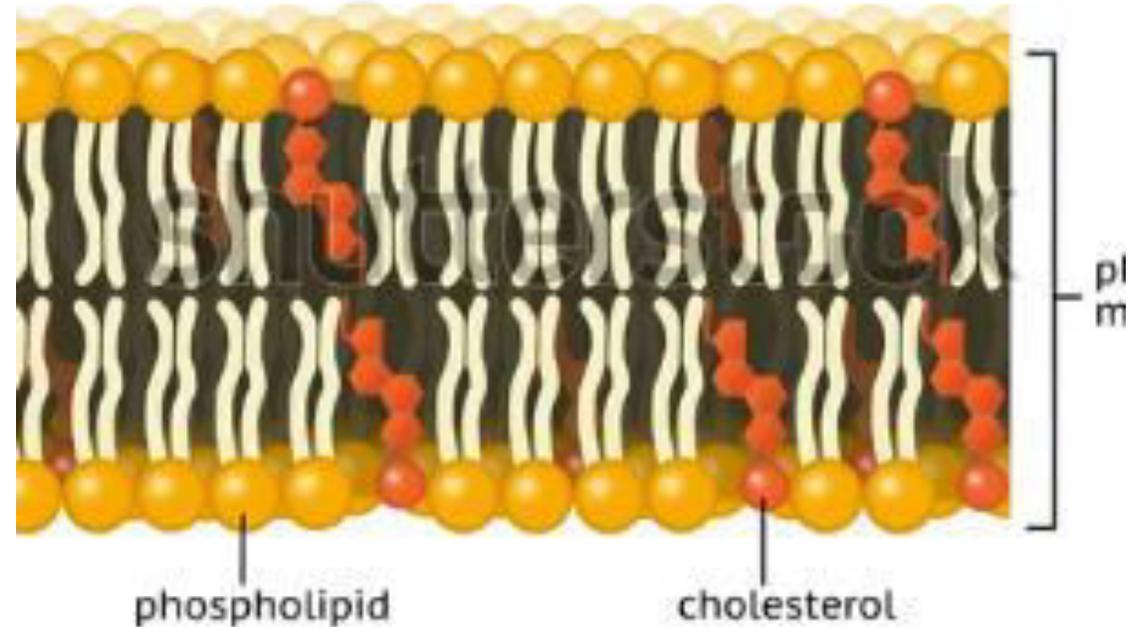
Les principaux phospholipides membranaires sont:

- la phosphatidylcholine (PC),
- la phosphatidyléthanolamine (PE),
- le phosphatidylglycérol (PG),
- le phosphatidylinositol (PI),
- la phosphatidylsérine (PS).

La répartition inégale de ces principaux phospholipides entre les deux couches lipidiques est responsable de l'asymétrie de la double couche lipidique.

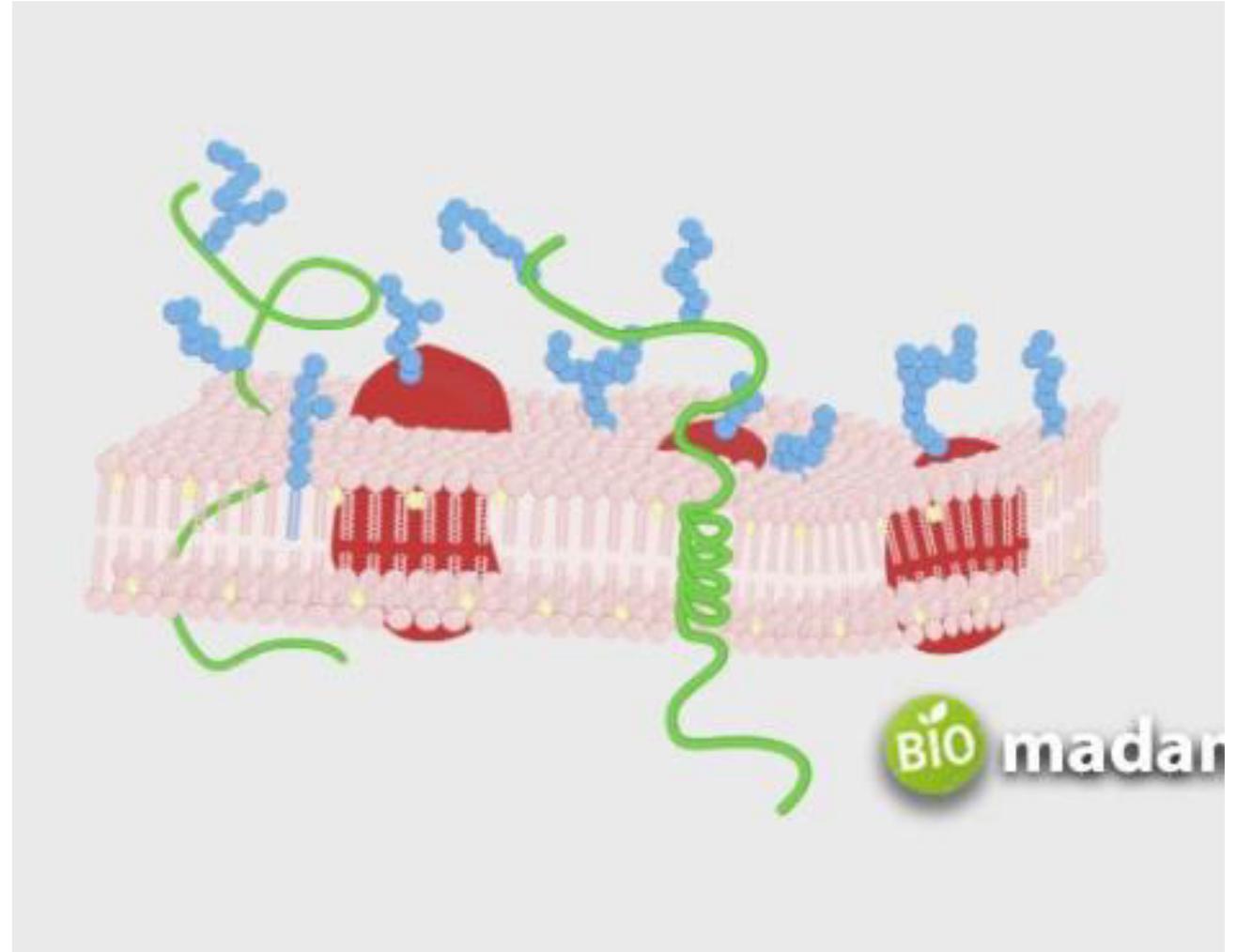
## Le cholestérol

- Très abondante dans les M.P. des eucaryotes
- Il se trouve principalement dans la demi membrane extracellulaire
- Le cholestérol s'intercale entre les molécules de phospholipides.
- Il empêche la gélification de la membrane.
- Il est synthétisé par le R.E.L.



## Les glycolipides

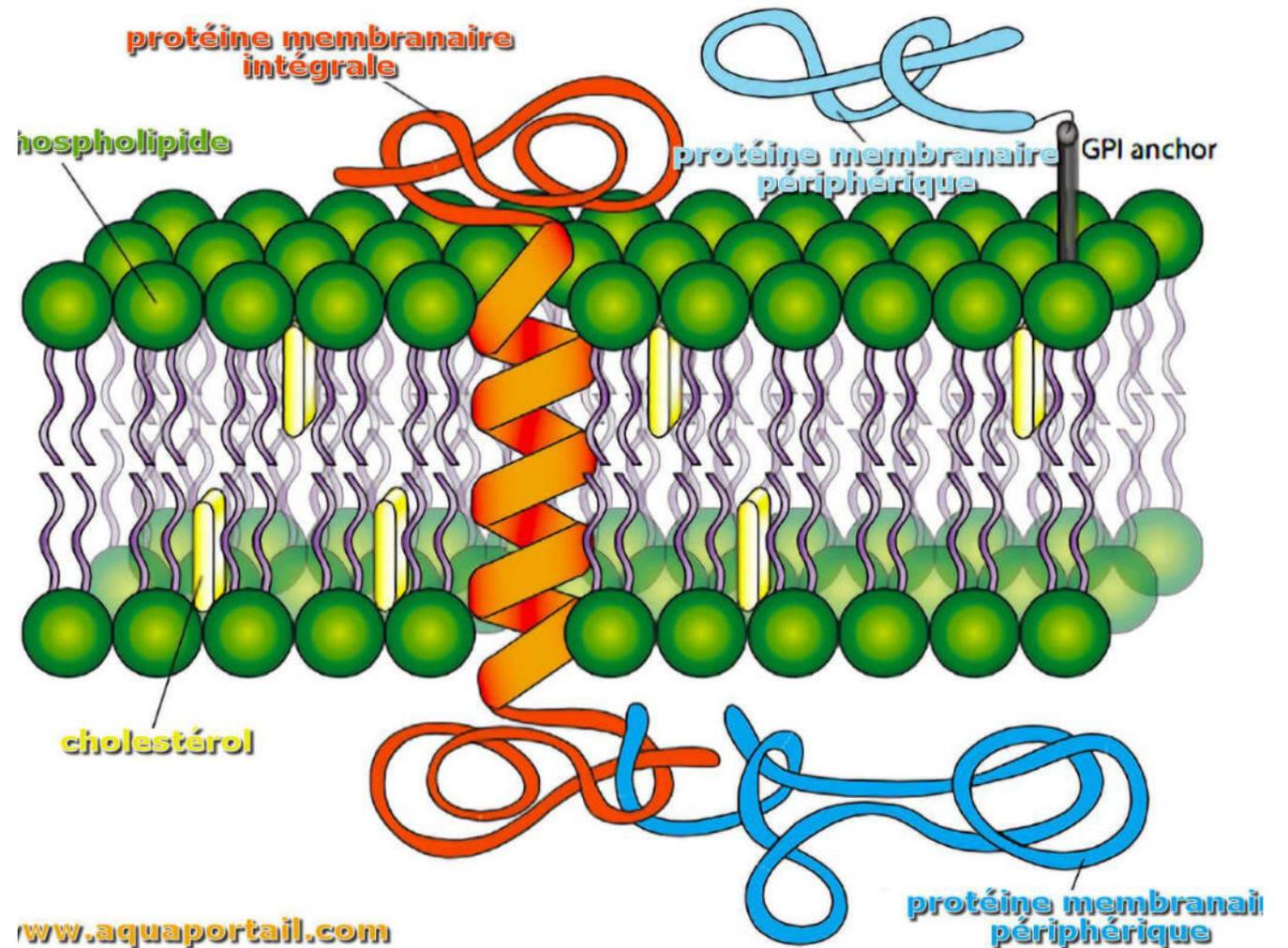
- Sont toujours associés au feuillet membranaire externe « **Le glycocalyx = Cell coat** »
- Ils sont synthétisés par l'appareil de golgi.
- Ils interviennent dans les interactions cellule-cellule.
- Ils peuvent être des récepteurs.



## b. Les protéines membranaires

Il y a environ une molécule de protéine pour 50 molécules de lipides. Elles sont classées en deux catégories:

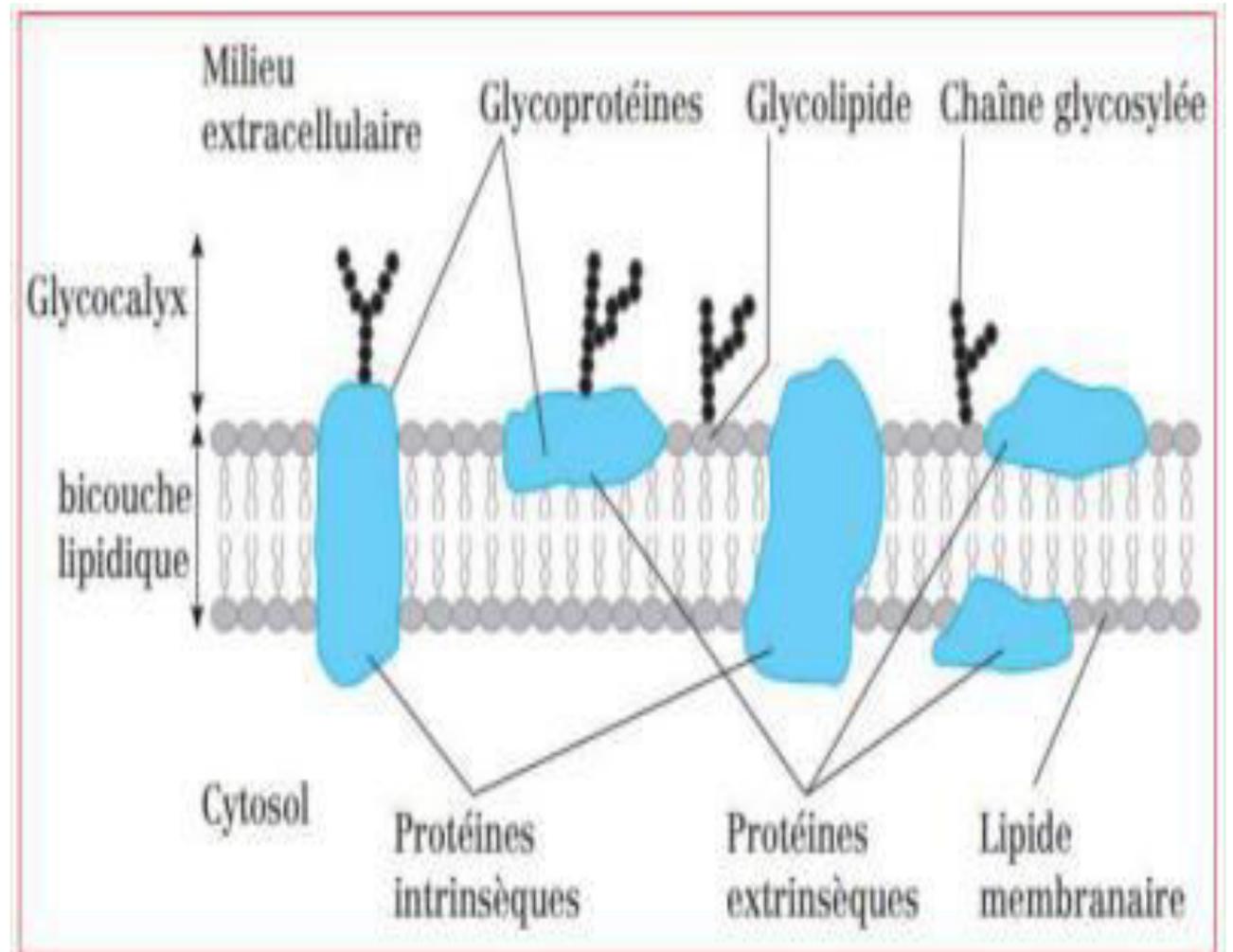
- Protéines intrinsèques (transmembranaires)
- Protéines extrinsèques (périphérique)



## Protéines intrinsèques (transmembranaires)

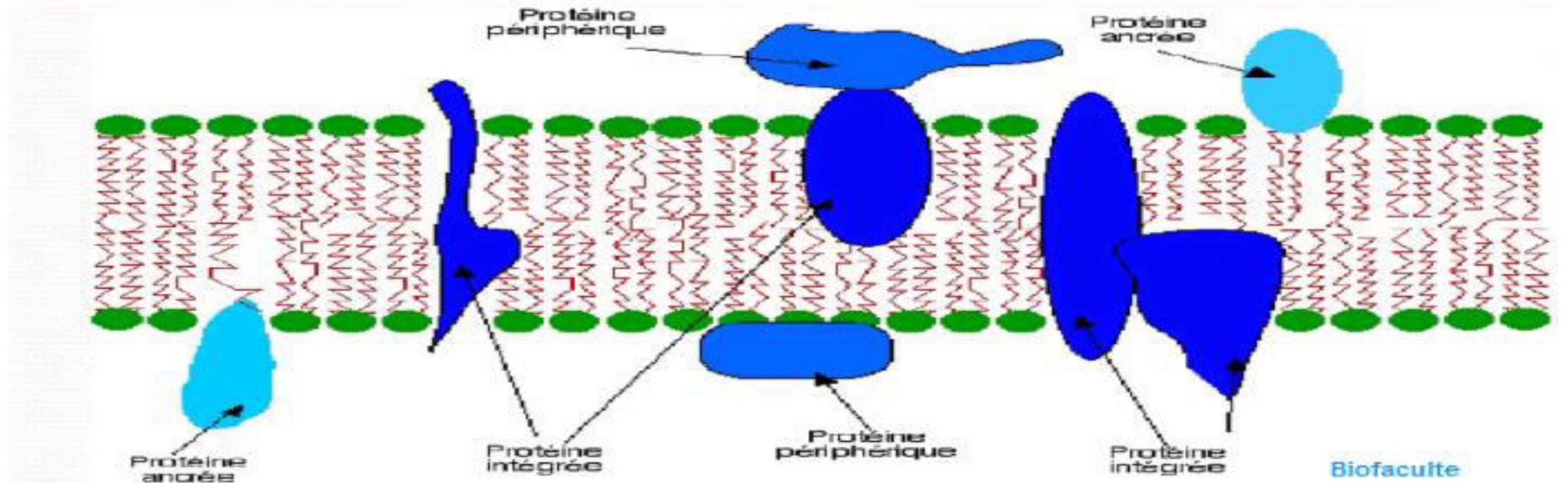
Elles sont enchâssées ou intégrées dans la membrane et possèdent deux parties :

- Une partie apolaire (hydrophobe) en contact avec la partie apolaire des lipides.
- Une partie polaire (hydrophile) située en dehors de la bicouche lipidique (vers le milieu aqueux)



# Protéines extrinsèques (périphérique)

- Ceux sont des protéines polaires qui se trouvent à la surface de la membrane plasmique du côté extracellulaire ou intracellulaire.
- Elles sont en contact avec les parties polaires des lipides membranaires.



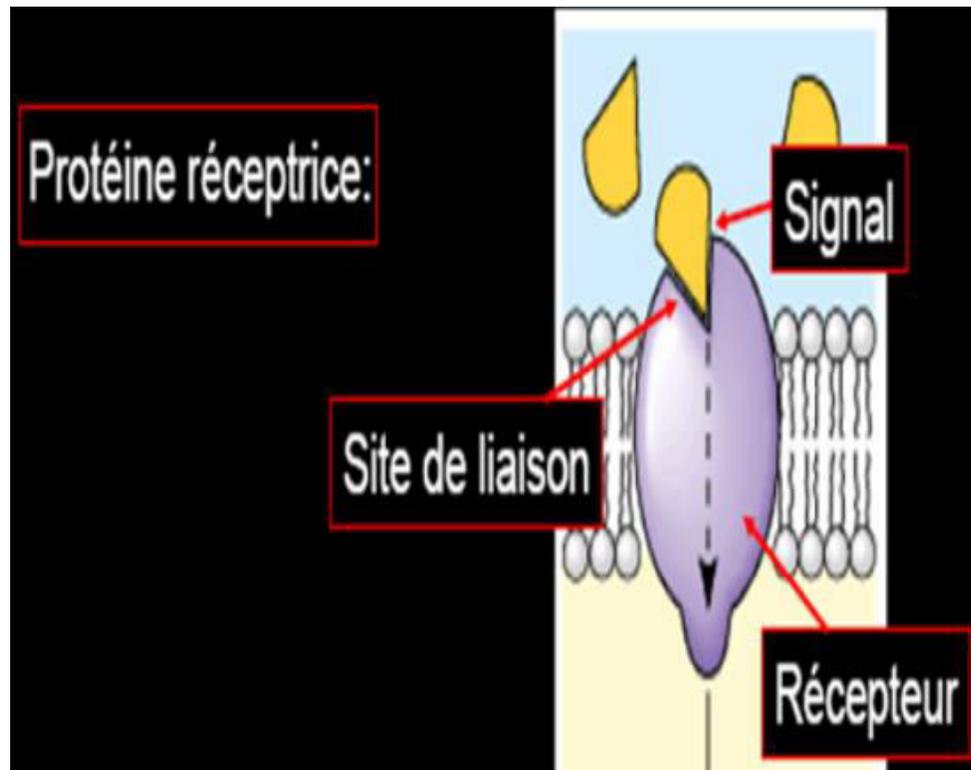
# Fonctions des protéines membranaires

Les protéines membranaires ont des rôles bien spécifiques au sein de la double couche phospholipidique :

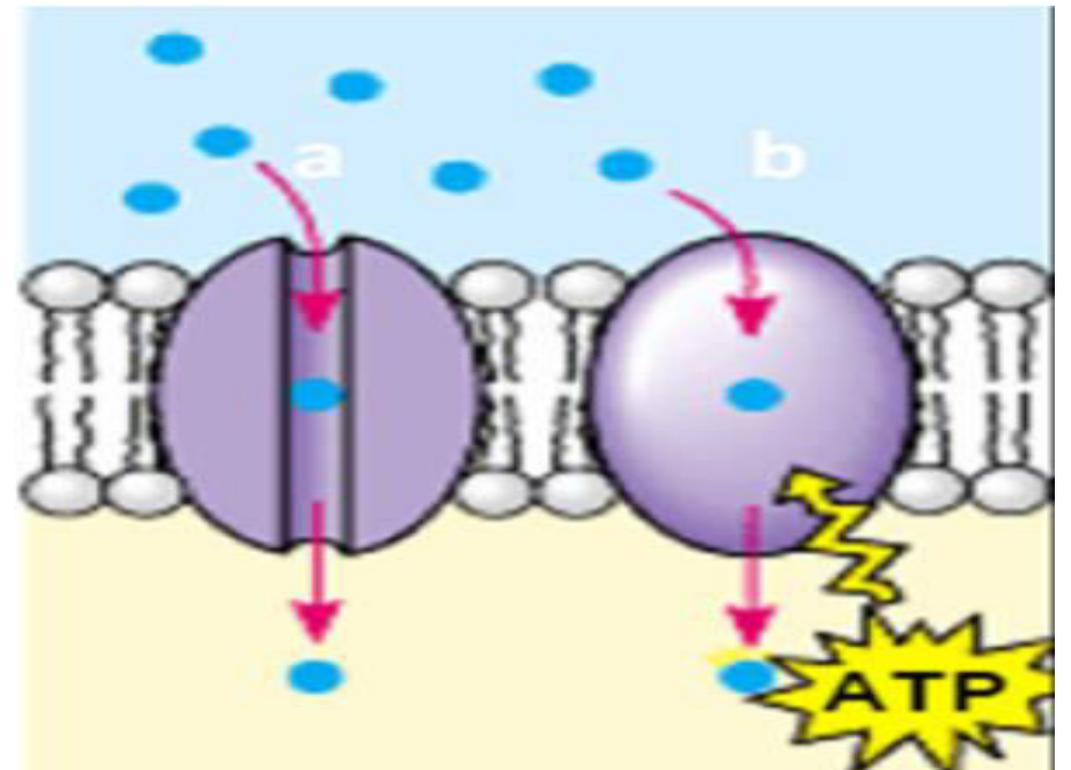
- Récepteurs de stimuli chimiques,
- Transporteurs de substances,
- Adhérence cellulaire,
- Activité enzymatique,
- Reconnaissance intercellulaire et fixation au cytosquelette et à la matrice extracellulaire.

# Fonctions des protéines membranaires

## Récepteurs de stimuli chimiques

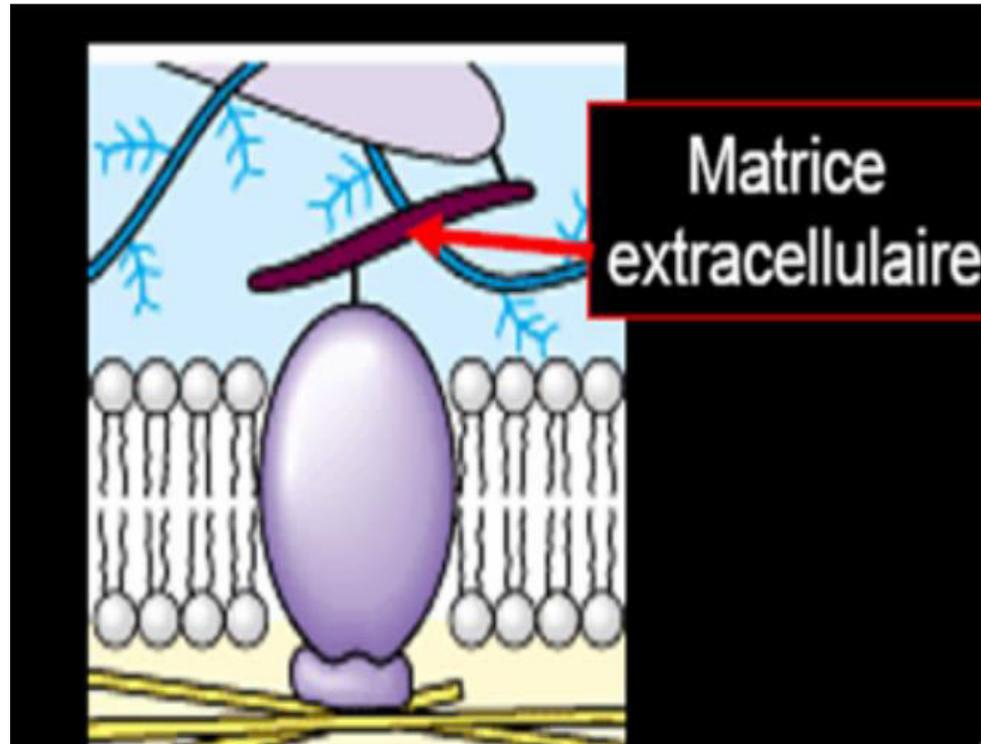


## Transporteurs de substances

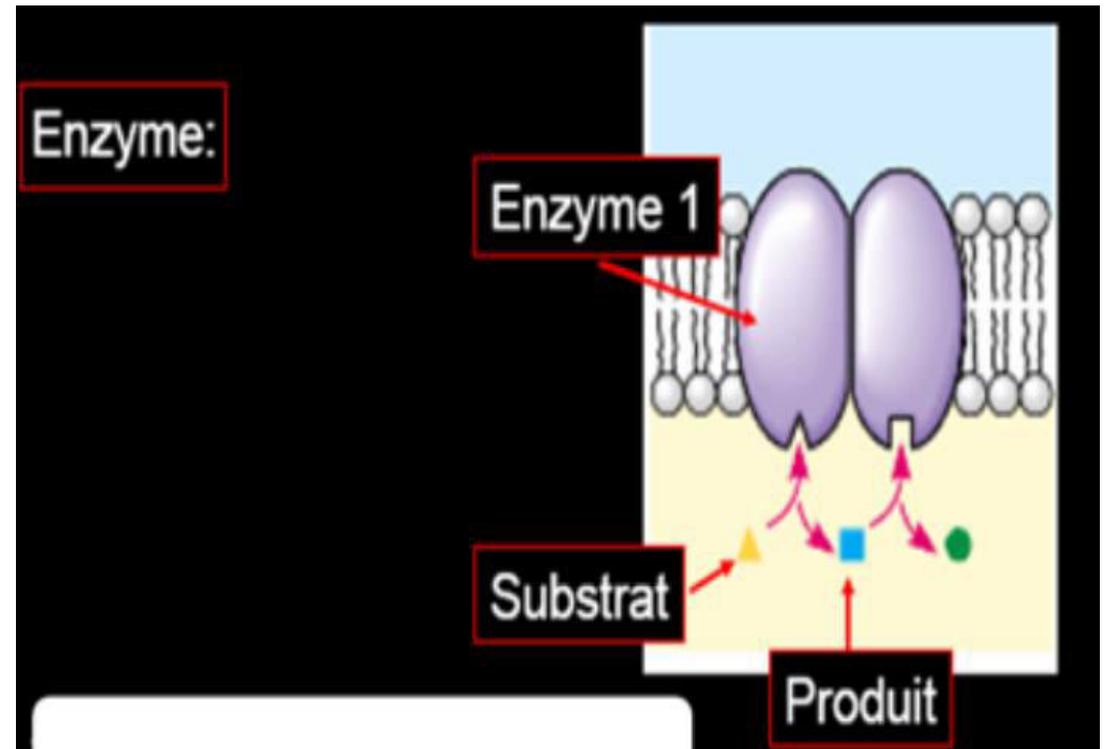


# Fonctions des protéines membranaires

## Adhérence cellulaire

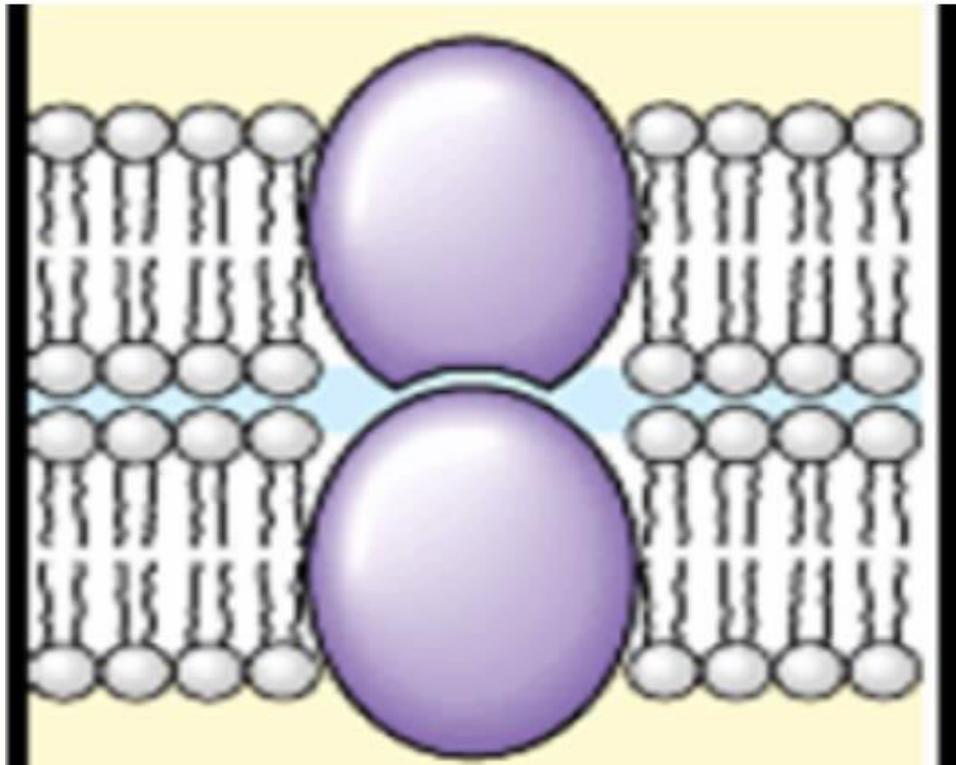


## Activité enzymatique

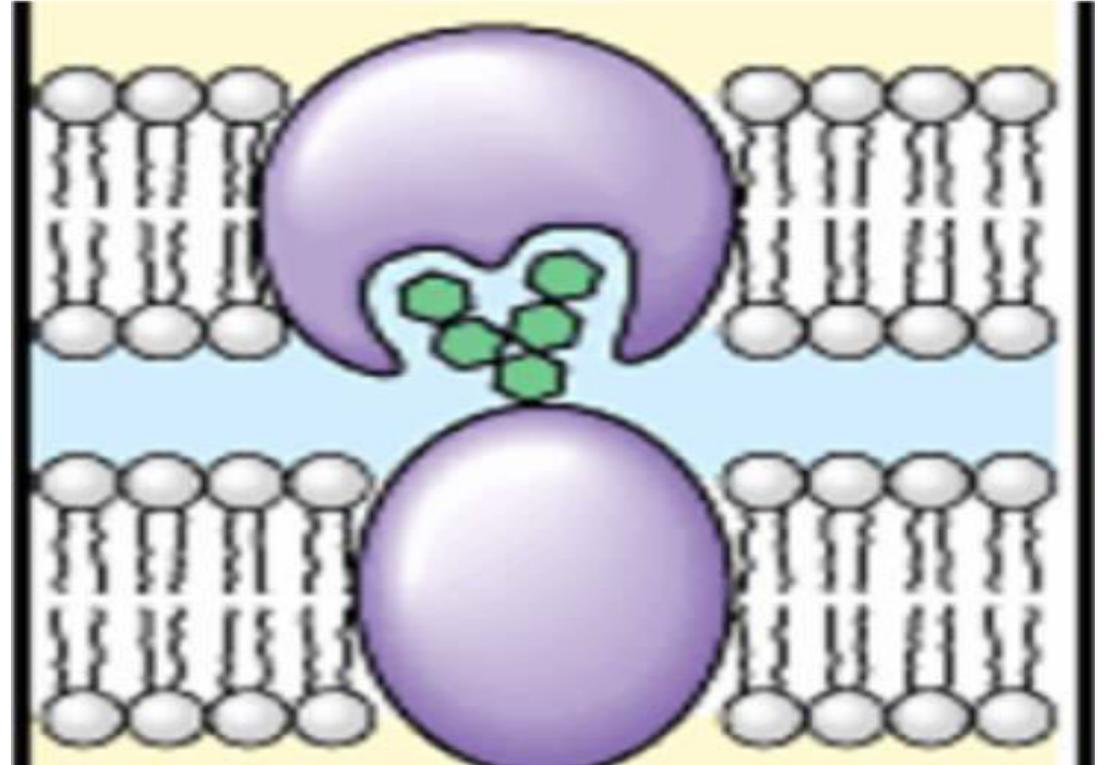


# Fonctions des protéines membranaires

Liaison intercellulaire



Marqueur de l'identité cellulaire



# C. Les glucides membranaires

Les glucides membranaires sont présents dans les membranes sous forme des:

- Glycoprotéines (Glucides + protéines)
- Glycolipides (Glucides + lipides)

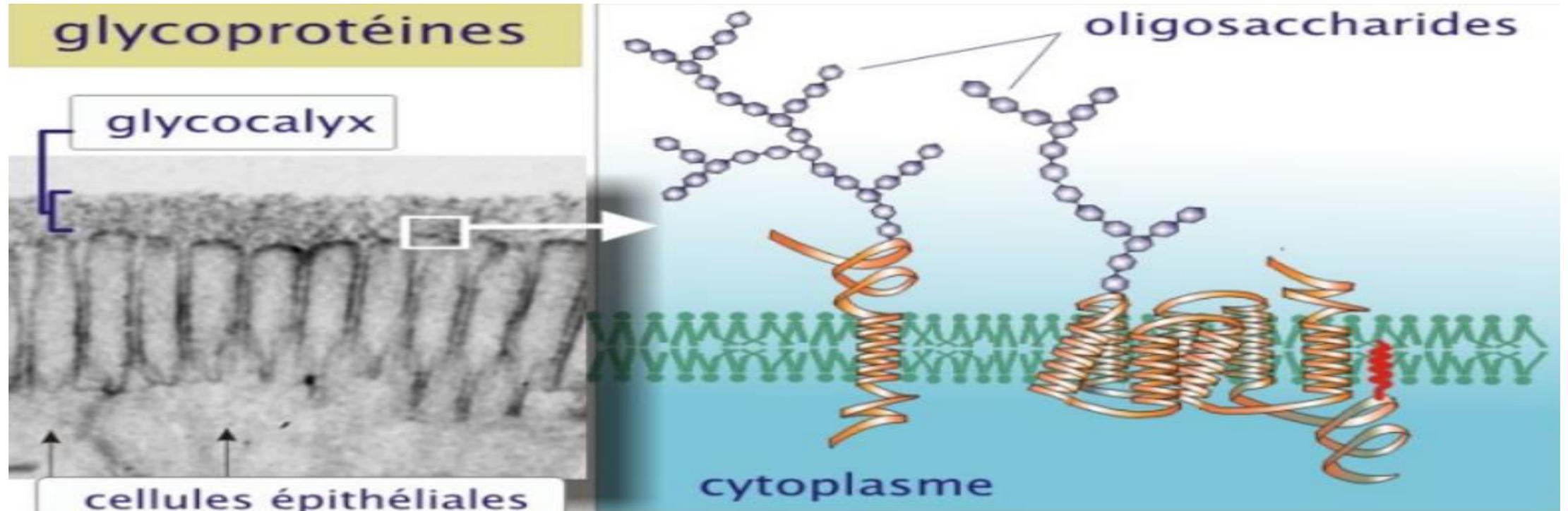
Ces résidus glucidiques sont toujours situés sur le versant extracellulaire de la membrane: Ils constituent le cell coat ou **glycocalyx** qui est une couche localisée à la surface de la membrane plasmique, Glucides liés soit à des lipides, soit à des protéines. Il intervient dans la protection membranaire et l'absorption (grâce à ses enzymes) et dans perméabilité cellulaire

# Rôle de glycocalyx

Il intervient dans:

- Les processus de **reconnaissance** cellulaire par les antigènes de surface
- Les processus de **protection** des cellules contre les agressions mécaniques (flux sanguins), chimiques comme l'acidité gastrique , enzymatiques (tel que les protéases)

# C. Les glucides membranaires



# 3. Rôles Biologiques de la membrane plasmique

## 1. La perméabilité membranaire

- La perméabilité est la propriété que possède la surface cellulaire d'**absorber** directement des substances du milieu extracellulaire et d'y **éliminer** d'autres substances. Elle correspond donc au **Transport Membranaire**. Il y'a deux type de transports membranaire:
  - *Le transport membranaire **sans déformation** de la membrane plasmique et se déroulant à l'échelle moléculaire*
  - *Le transport membranaire **nécessitant une déformation** de la membrane plasmique ce sont les échanges cytotiques*
- La perméabilité peut prendre deux formes:
  - *La forme passive: sans consommation de l'énergie*
  - *La forme active: Transporteurs + consommation de l'énergie*

# 3. Rôles Biologiques de la membrane plasmique

## 2. Echange cytotique

- Les macromolécules (protéines, glucides, lipides) sont trop grosses pour traverser la membrane.
- Leur transport se fait par l'intermédiaire de vésicules membranaires et leur passage provoque la déformation de la membrane cellulaire;
- Ce sont les phénomènes d'**exocytose** (qui assure la sortie des macromolécules enfermées à l'intérieur de la cellule) et d'**endocytose** (entrée des macromolécules).
- Ces deux phénomènes sont aussi observés au cours de la nutrition cellulaire (la **pinocytose** et la **phagocytose**) mais aussi, lors de l'élimination des déchets par la cellule.

# 3. Rôles Biologiques de la membrane plasmique

## 3. La communication cellulaire

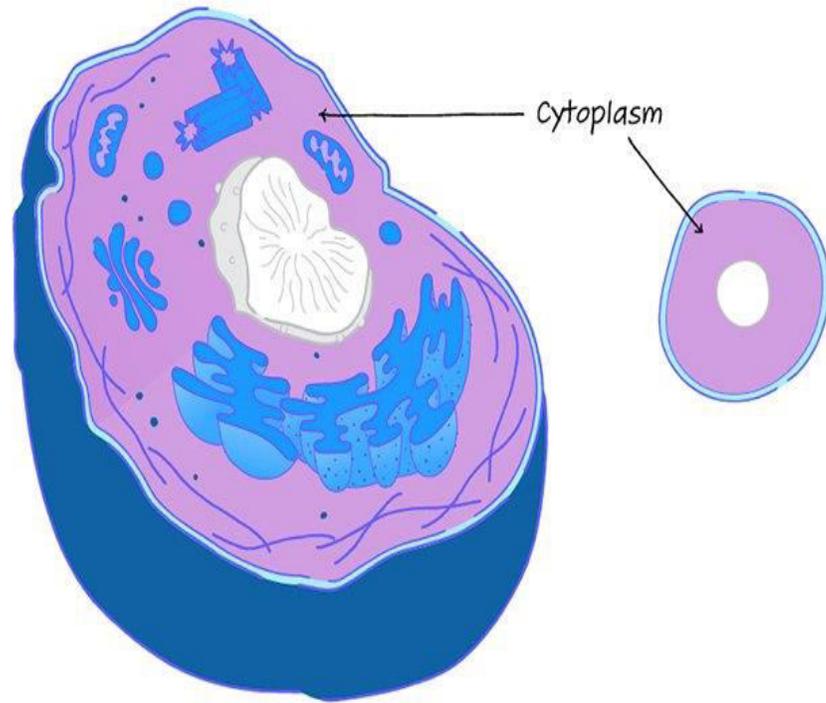
- Les systèmes de communications cellulaires mettent en jeu des **récepteurs** insérés dans la membrane cellulaire sur lesquels des molécules « **signaux** » se fixent, induisant une réponse intracellulaire (le plus souvent une cascade de réactions biochimiques).
- Parmi ces molécules figurent notamment les **neurotransmetteurs** (ou neuromédiateurs) et les **hormones**.
- Pour former un organisme pluricellulaire fonctionnel, les cellules, réunies en tissus spécialisés, doivent être jointes les unes aux autres et communiquer entre elles.

# 3. Rôles Biologiques de la membrane plasmique

## 3. La communication cellulaire

- Chez les plantes supérieures, les cellules sont reliées entre elles par des **ponts cytoplasmiques** (appelés plasmodesmes) qui traversent la paroi cellulosique et autorisent le passage de diverses molécules, dont les hormones végétales.
- Les cellules de la plupart des animaux sont liées par un réseau de grandes molécules organiques (appelé matrice extracellulaire) et par adhésion entre les membranes plasmiques.

## II.2. LE CYTOPLASME



# 1. Définition et organisation Générale

- Le cytoplasme c'est cette **matière transparente**, un peu visqueuse et d'aspect granuleux qui remplit la cellule.
- Il contient un **liquide fondamental**, le **Hyaloplasme** traversé par un ensemble complexe des membranes et tenant en suspension une multitude de granulations.
- Chez les eucaryotes, c'est également le compartiment qui renferme les organites.

## 2. Rôle Biologique

- Cette partie de la cellule facilite le bon **déroulement de la majorité de réactions biochimique** suite à la présence de l'eau abondamment retrouvée ici et qui dicte le nom de « **Hyaloplasme** ».

## II.3. SYSTÈME ENDOMEMBRANAIRE

- Le système endomembranaire est **l'ensemble des cavités** cytoplasmiques limités par des membranes intercommuniquantes entre elles par intermédiaire des vésicules
- Il est composé des différentes des différentes membranes intracellulaires qui sont en suspension dans le cytoplasme d'une cellule à l'exception des **peroxysomes**, des **mitochondries** et des **chloroplastes** pour les cellules végétales.

## II.3. SYSTÈME ENDOMEMBRANAIRE

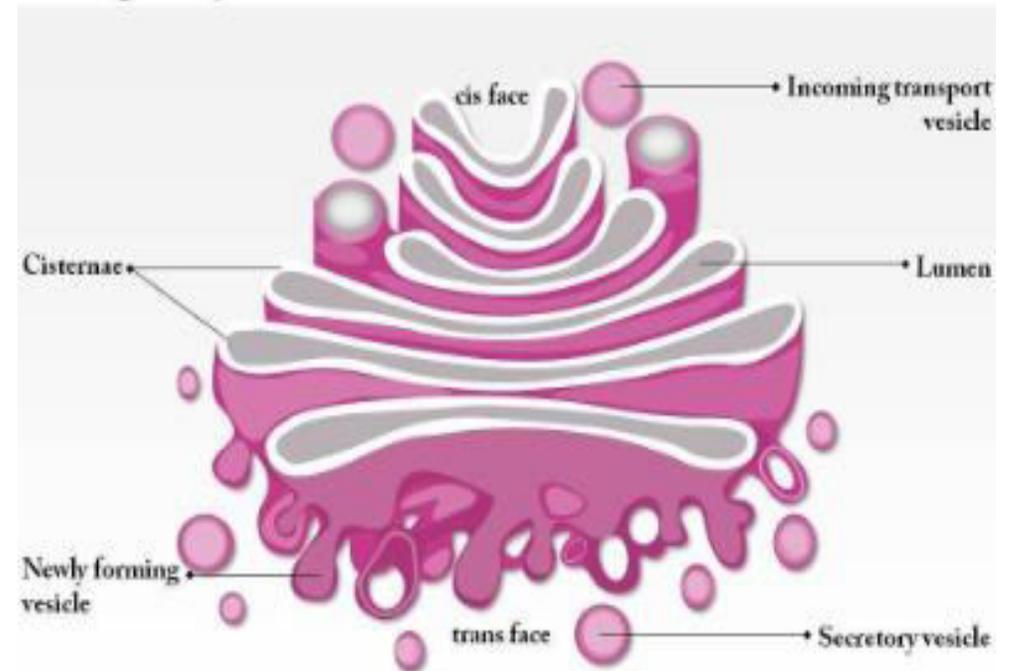
- Le système endomembranaire est **l'ensemble des cavités** cytoplasmiques limités par des membranes intercommuniquantes entre elles par intermédiaire des vésicules
- Il est composé des différentes des différentes membranes intracellulaires qui sont en suspension dans le cytoplasme d'une cellule à l'exception des **peroxysomes**, des **mitochondries** et des **chloroplastes** pour les cellules végétales.

# 1. Appareil de Golgie

Ensemble des saccules empilés avec des bourgeonnements des vésicules

## Rôle Biologique:

- Il est le lieu de stockage des macromolécules synthétisées par les ribosomes
- Il est le récepteur des lipides et protéines du RE et les réexpédie après transformation et trie vers les destinataires intra & extra cellulaire
- C'est le siège de la formation des lysosomes

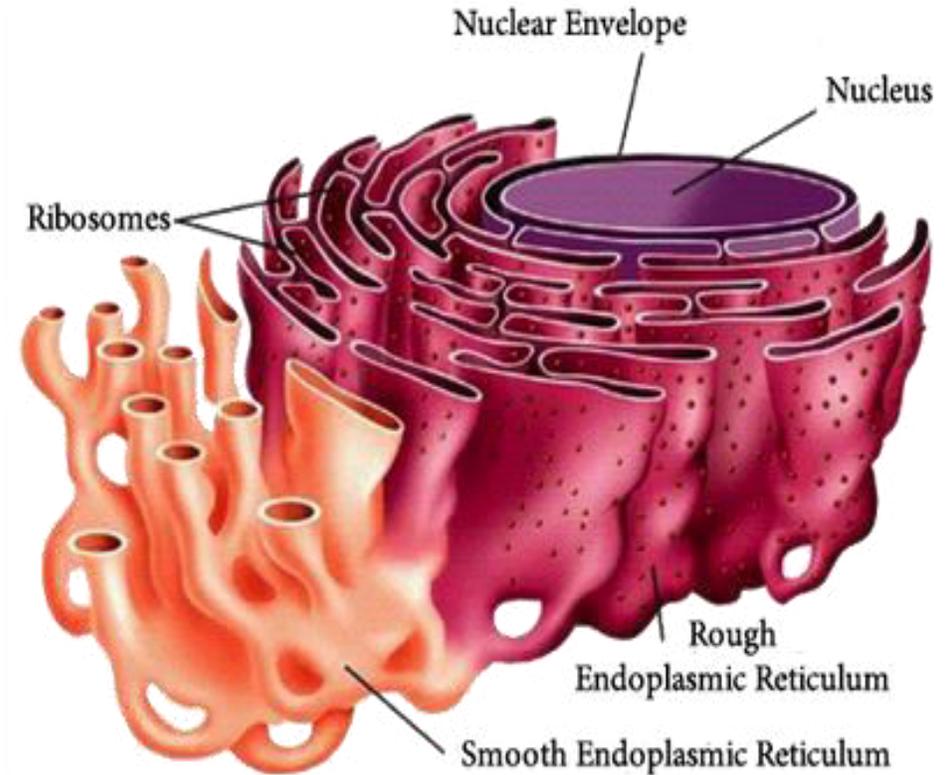


## 2. Réticulum Endoplasmique

Sont des canaux suspendus empruntés par des molécules et les substances élaborées du noyau vers le milieu extra cellulaire, nous en distinguons le REL & REG

### Rôle Biologiques:

- Transporteur des molécules synthétisées au niveau du noyau
- Lieu de synthèse des lipides membranaires
- Régulateur des ions  $\text{Ca}^{2+}$  intra cellulaires
- REG est le siège de maturation des protéines synthétisées par les ribosomes

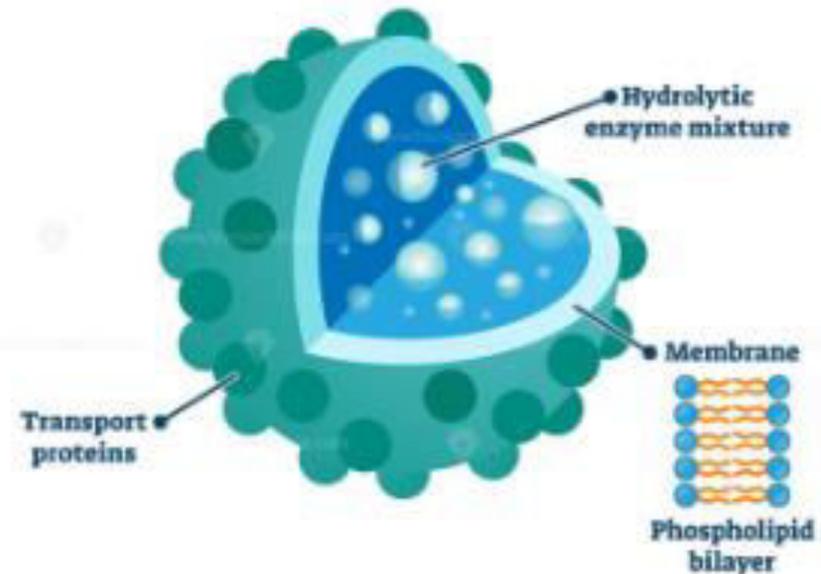


### 3. Lysosomes

Petit sac contenant des enzymes digestives (hydrolases acides) qui digèrent les molécules

#### Rôle Biologique:

- Responsable de la digestion des substances nutritives, des substances étrangères (bactéries), des composantes endommagées de cellule
- C'est l'estomac de la cellule

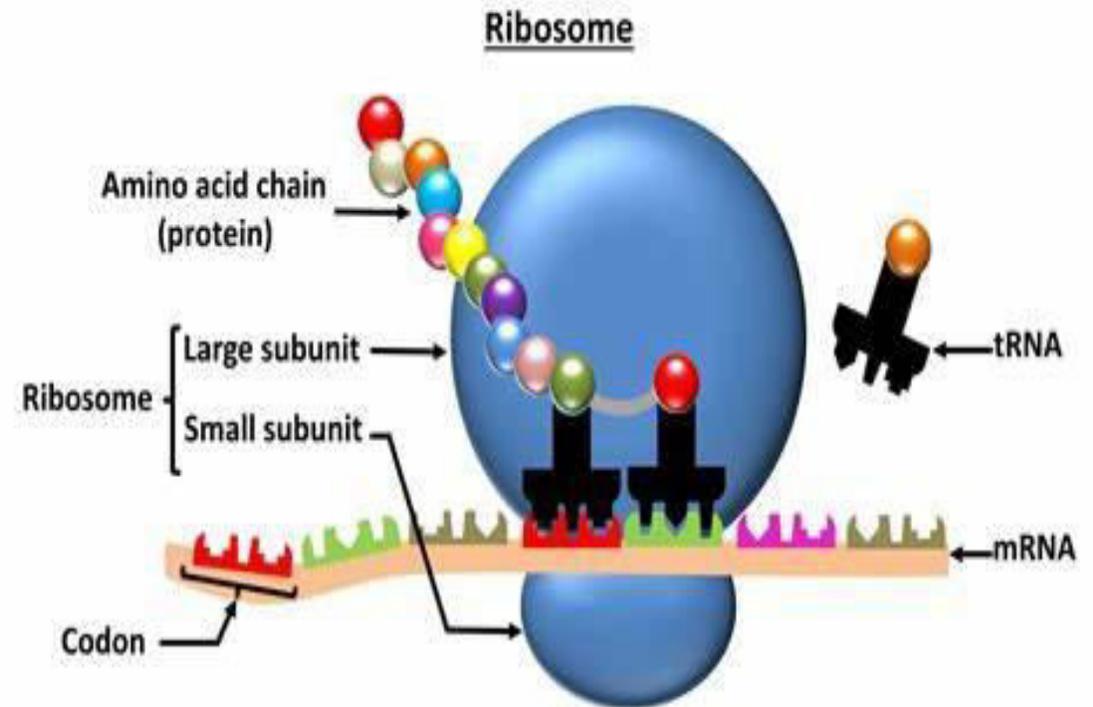


## 4. Ribosomes

Formés de deux sous unités: une grosse et une petite qui ne s'unissent qu'à l'état fonctionnel

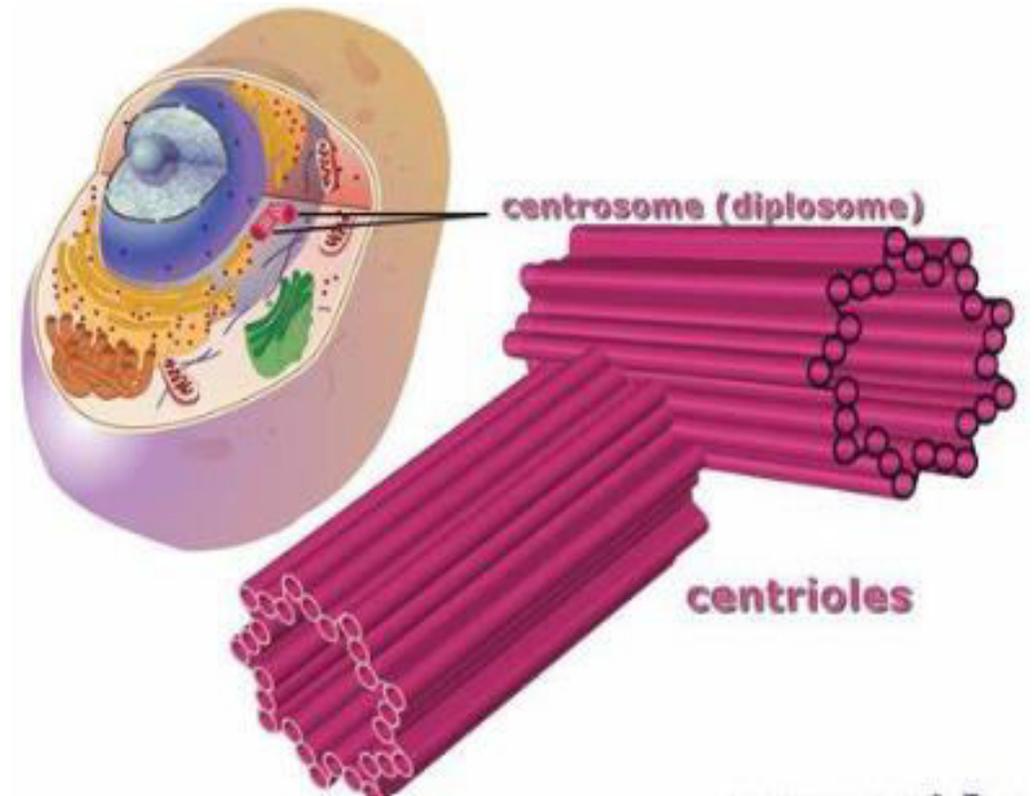
### Rôle Biologique:

- Ils assurent la lecture des codon de l'ARNm



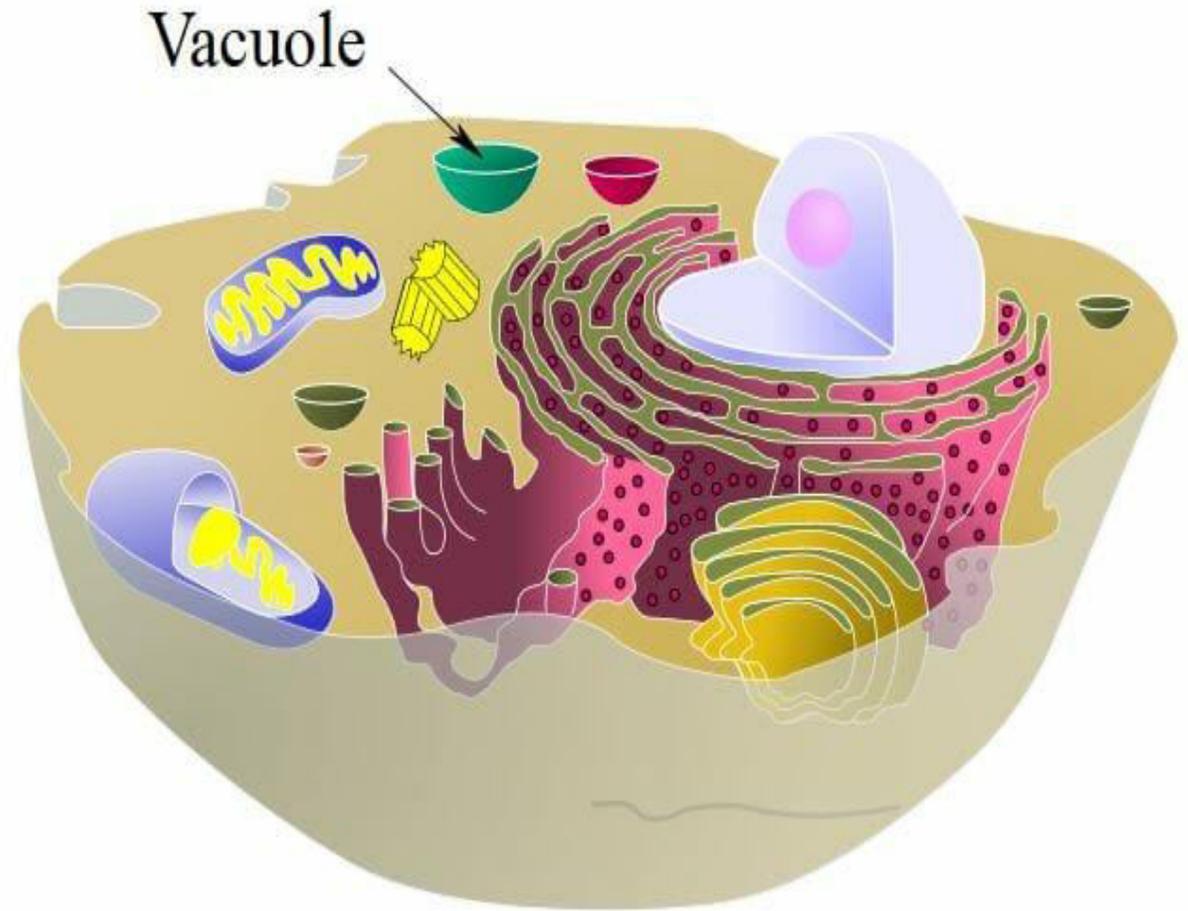
## 5. Centrosomes

- Intervient dans la formation des fuseaux achromatiques lors de la division cellulaire
- Il est responsable de la formation des cils vibratiles des flagelles chez les cellules mobiles



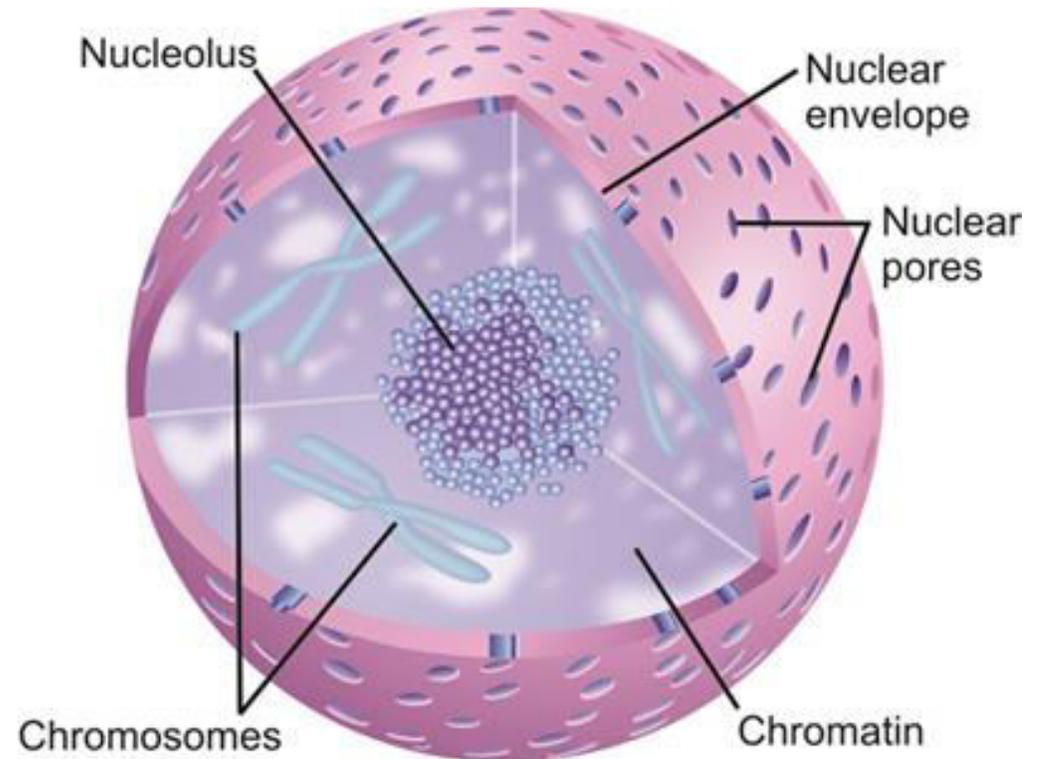
## 6. Vacuoles

- Elle constitue le réservoir d'eau de la cellule
- C'est le lieu de stockage de solutés
- Elle est responsable des échanges cellulaires



# Le noyau cellulaire

- Le noyau se localise au centre de la cellule
- lieu de résidence de la molécule contenant l'information génétique
- Siège de la division cellulaire.
- Il est entouré d'une double membrane nucléaire percées de pores permettant des échanges avec le cytoplasme.



# Le noyau cellulaire

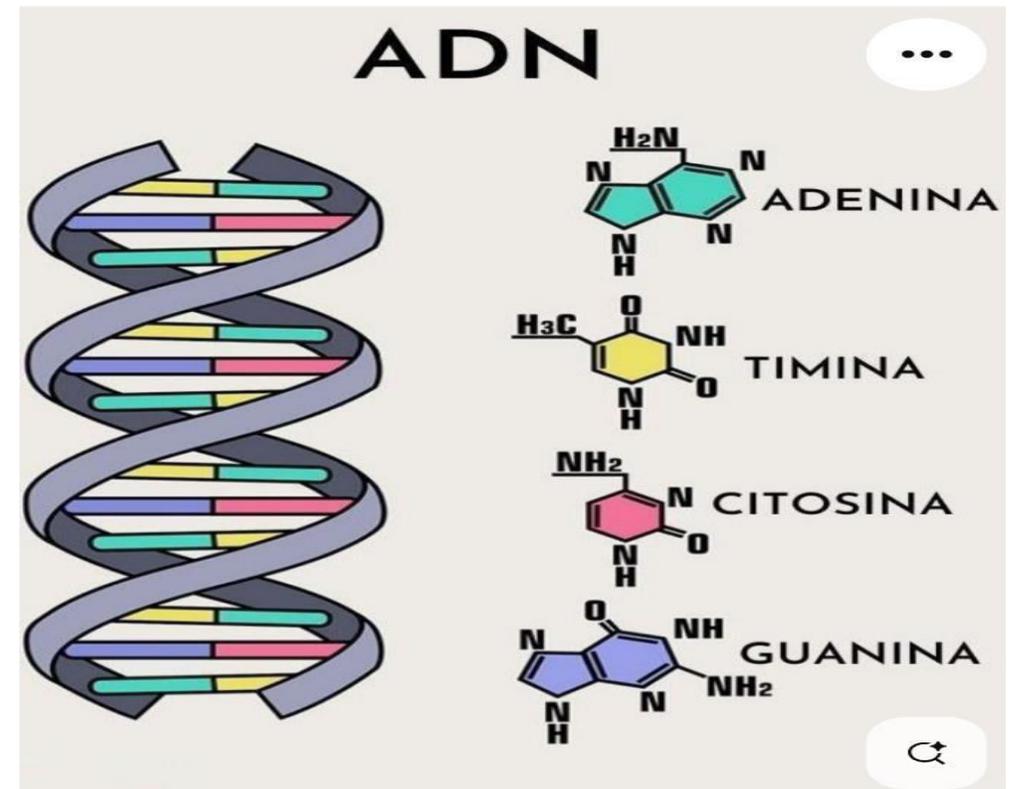
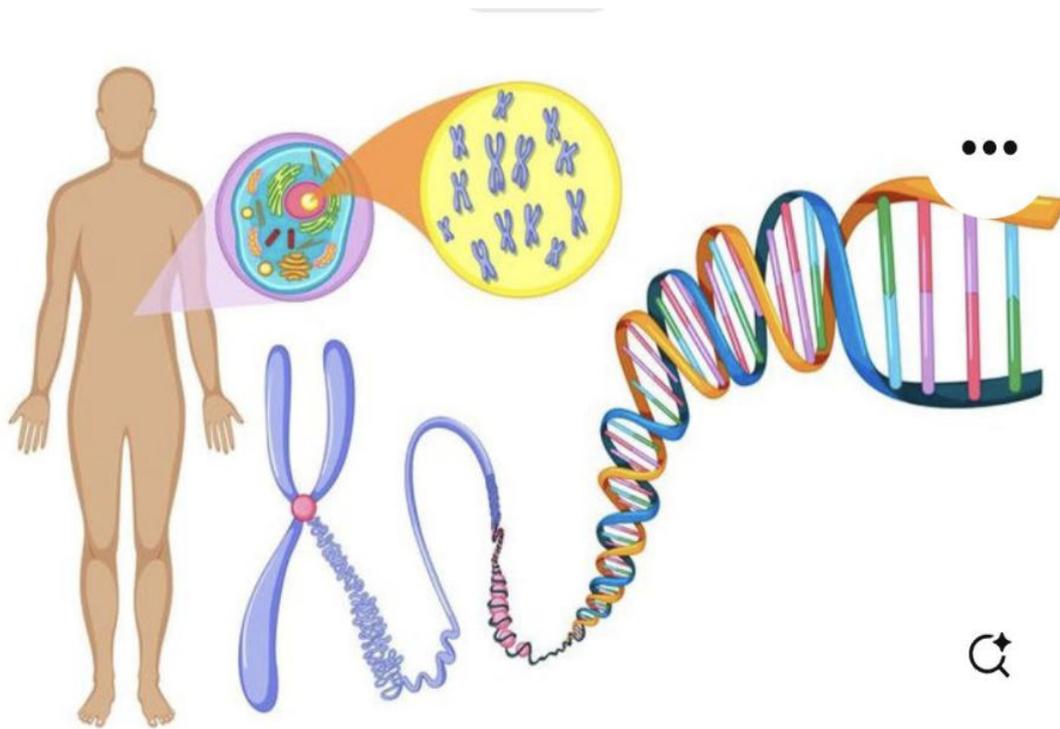
- La membrane nucléaire sépare le noyau du cytoplasme et est en connexion avec le réticulum endoplasmique.
- Tous les êtres vivants possèdent un patrimoine génétique (génome) « écrit » dans le même langage et porté par une même molécule : l'**ADN**. C'est pourquoi on dit que l'ADN (Acide Désoxyribo Nucléique) **est la molécule universelle du vivant**.
- L'ADN est **présent dans toutes** les cellules et est le constituant principal des chromosomes (une molécule d'ADN forme un chromosome).
- Il est le **support de l'hérédité** c'est :grâce à lui que les caractères des êtres sont transmis de génération en génération

# Les caractéristiques de l'ADN

L'ADN est une molécule de grande taille et d'une grande complexité. Elle possède deux propriétés fondamentales :

- *Elle contient toutes les instructions nécessaires à la fabrication des protéines qui permettent aux cellules (et à l'organisme tout entier) de fonctionner,*
- *Elle est capable de se dédoubler à l'identique au cours des divisions des cellules (on dit qu'elle se duplique ou qu'elle se réplique).*

# Présentation de la molécule d'ADN



# Description de l'ADN

- La molécule d'ADN est constituée de deux « **rubans** », appelés **brins**.
- Ces brins sont complémentaires et placés face à face dans la molécule, comme les montants d'une échelle.
- Ils sont enroulés en hélice l'un autour de l'autre : on dit que l'ADN a **une structure en double hélice**.
- Chaque brin d'ADN est constitué de « **briques élémentaires** », appelées **bases azotées**.

# Description de l'ADN

- Il existe 4 sortes de ces briques, qui portent des noms de lettres : **A, T, C** et **G**. qui sont les initiales des 4 bases azotées (Adénine, Thymine, Cytosine et Guanine).
  - Quand elles sont face à face, ces briques peuvent s'associer entre elles (s'apparier), mais pas n'importe comment : **A se lie avec T** et **G s'apparie avec C** (toutes les autres combinaisons sont impossibles).
  - Les liaisons A-T et G-C entre les deux brins d'ADN permettent de les maintenir associés : elles forment les barreaux de l'échelle.
- NB** : Pour l'ARN, l'Uracile remplace la Thymine et se lie à l'Adénine.

## Description de l'ADN

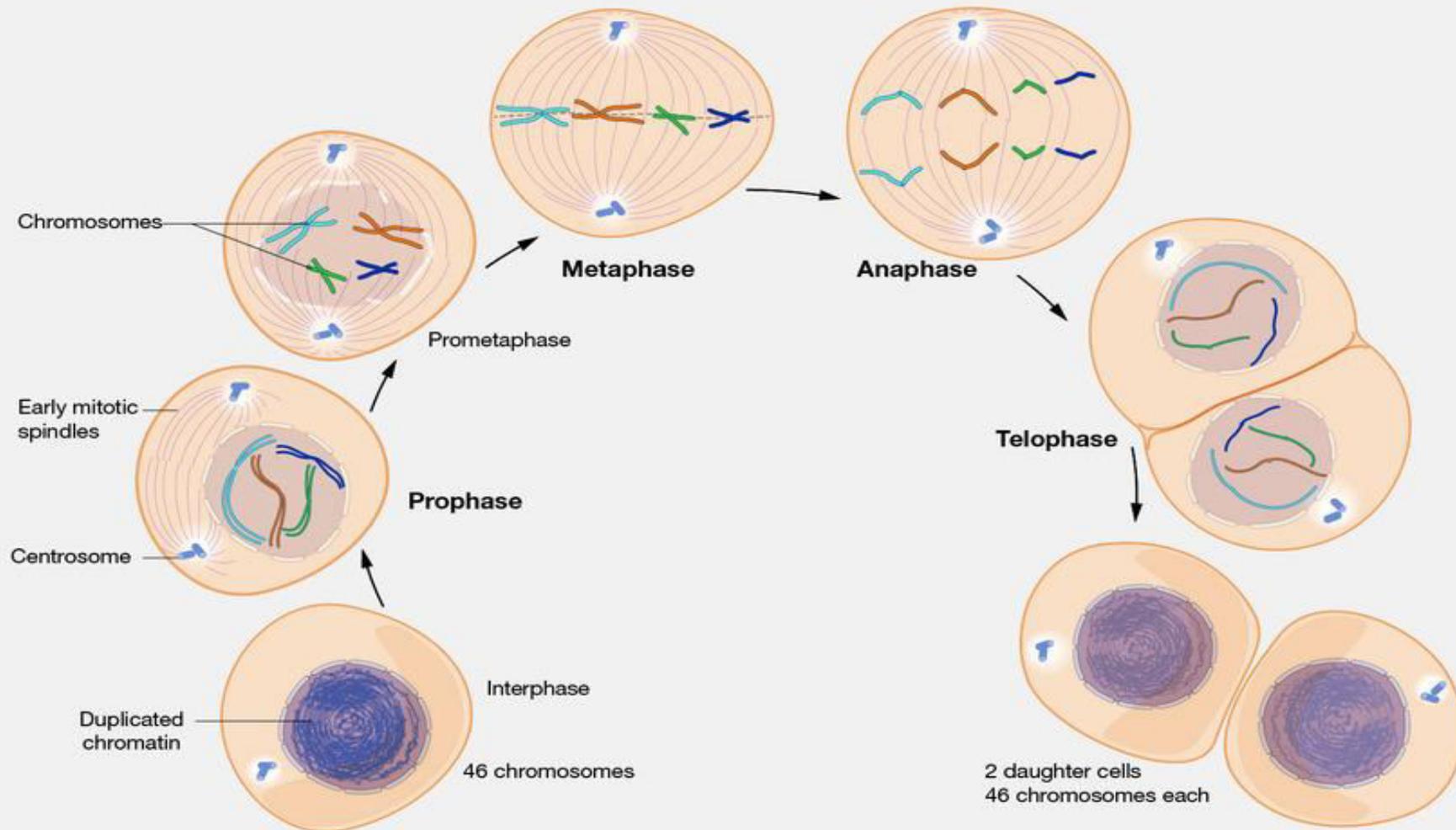
- L'ADN reste cantonné dans le noyau de la cellule,
- La cellule pour se répliquer doit copier cet ADN en une molécule appelée ARN messenger (ARNm); ce mécanisme est appelé la **transcription**.
- Ce sont les ARN messagers qui, après avoir quitté le noyau vont s'associer aux ribosomes du cytoplasme, synthétiser les protéines c'est la **traduction**.
- L'ADN & les protéines constituent le chromosome



# Chapitre III

## **LE CYCLE CELLULAIRE**

# III.1. PRESENTATION ET GENERALITE



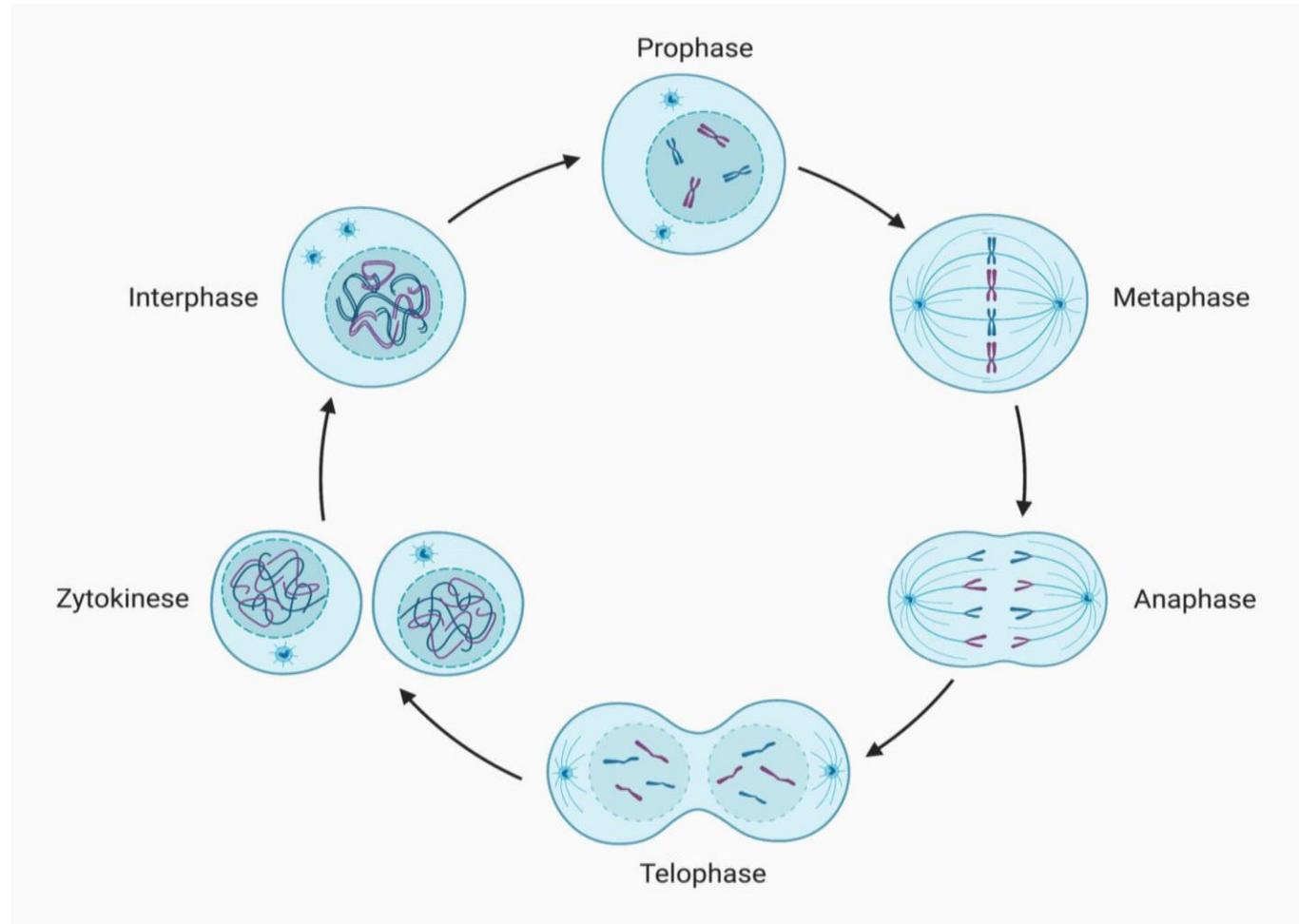
## III.2.GENERALITE

- Au premier stade de son existence, l'être vivant n'est qu'une petite cellule (la cellule œuf).
- Mais celle-ci se multiplie rapidement par des divisions successives et il en résulte les milliards des cellules qui forment l'individu adulte
- Des cellules usagées meurent et des nouvelles cellules sont fabriquées.
- Le **cycle cellulaire** est l'ensemble des étapes qui constituent et délimitent la vie d'une cellule.
- Ce cycle est composé de plusieurs phases de croissance dans lesquelles la cellule grossit et duplique son matériel génétique et d'une phase où celle-ci se divise pour donner naissance à deux cellules filles identiques à la cellule mère.
- Les cellules filles reproduiront ce cycle, et ainsi de suite

## III.2.GENERALITE

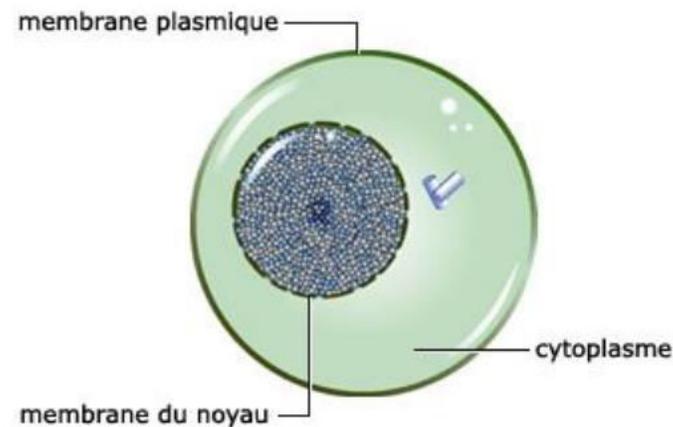
- Quand un être vivant a atteint son âge adulte, les **divisions des cellules sont moins nombreuses**, mais elles ne s'arrêtent pas : elles permettent d'entretenir l'organisme. Par exemple, les cellules de la peau ne vivent que quelques jours ; elles sont sans cesse remplacées par des nouvelles cellules.
- Il existe deux types de divisions cellulaires dans le monde vivant : la **mitose** qui assure la naissance de cellules identiques à la cellule mère lors de la multiplication asexuée et la **méiose** qui aboutit à la production de cellules sexuelles ou gamètes pour la reproduction.

# III.3. . LA MITOSE

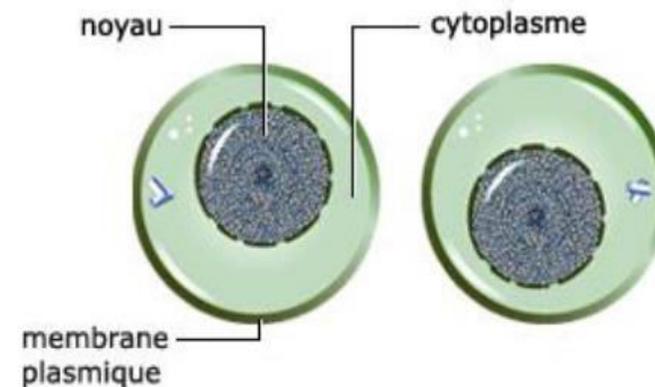


## III.3.A. Organisation Générale

- la mitose désigne les événements chromosomiques de la division cellulaire. Il s'agit d'une duplication « **non sexuée** »
- C'est la division d'une « **cellule-mère** » en deux « **cellules-fille** » et elle se déroule chez les eucaryotes.
- A la fin de la mitose, la cellule-mère n'existe plus et chaque « **noyau-enfant** » reçoit une copie complète du génome de l'organisme « **mère** »



au départ : une cellule mère



à l'arrivée : deux cellules filles identiques

## III.3.A. Organisation Générale

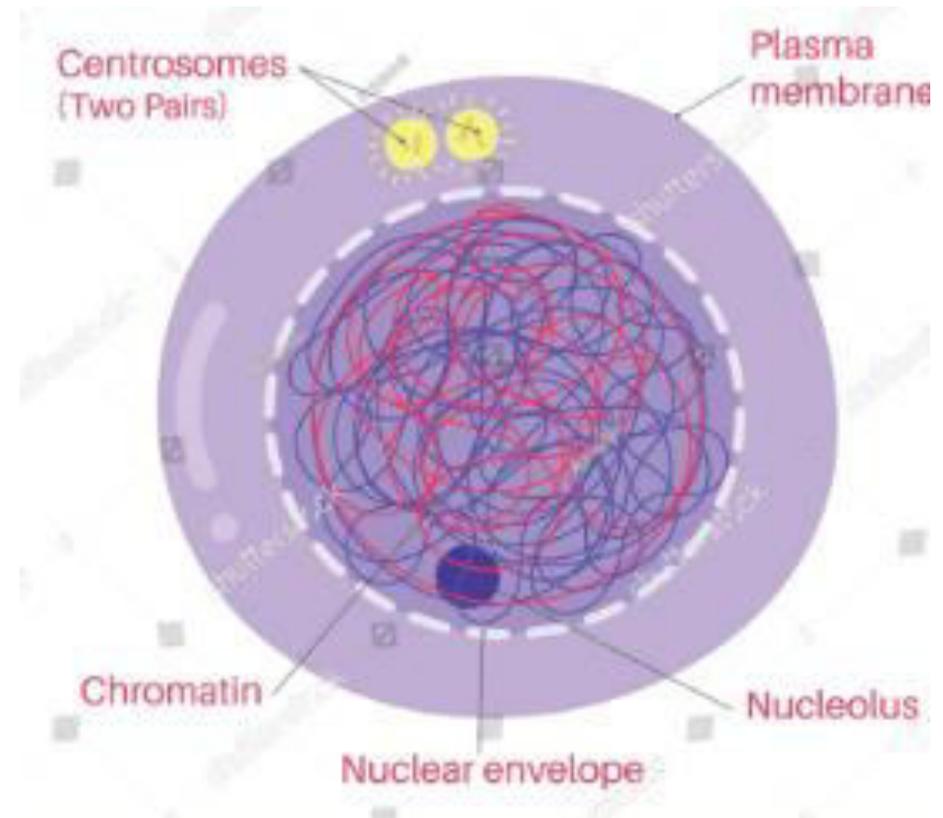
- La mitose permet aux êtres vivants de **fabriquer de nouvelles cellules** pour grandir, et pour permettre aux organes **d'être entretenus**.
- C'est le processus qui se produit au moment de la fécondation, et ensuite pendant toute la vie.
- Toutes les cellules d'un être vivant, à l'exception de la reproduction (les ovules et les spermatozoïdes) sont fabriquées grâce à la mitose.
- Le cycle cellulaire est divisé en plusieurs phases :
  - *la phase G1 et G2 la plus longue et correspondent à l'interphase,*
  - *la phase S durant laquelle le matériel génétique est répliqué,*
  - *la phase M, celle de la mitose proprement dite.*
- Chez les Procaryotes: pas de Mitoses mais scission binaire, tertiaire, multiple, ou par bourgeonnement par ce qu'ils n'ont pas de noyau vrai et leur chromosome est unique sans centromère

## III.3.B. Les Phases de la Mitose

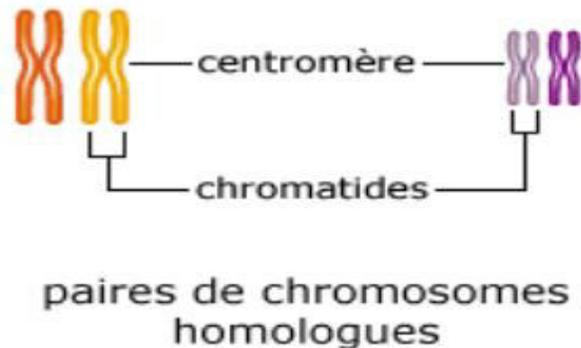
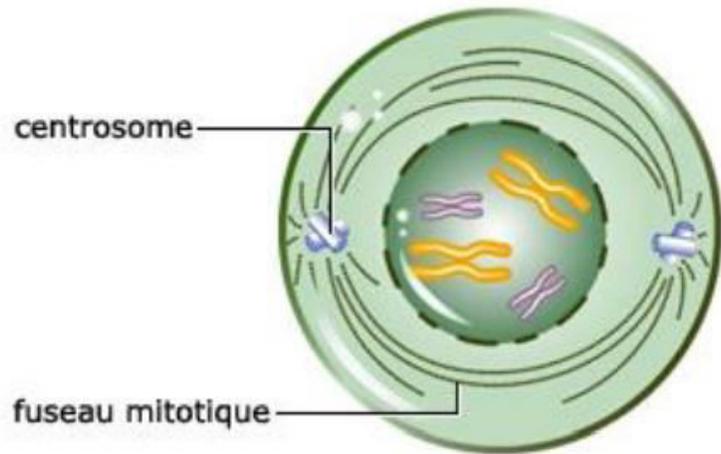
- La mitose est un phénomène continu qui quatre étapes dont:
  - *la prophase,*
  - *la métaphase,*
  - *l'anaphase,*
  - *la télophase*
- Ces quatre phase sont précédés par un temps plus long appelé **interphase.**
- La mitose dure entre 1h et 3h.

# Interphase

- Elle précède la mitose proprement dite et est caractérisée par un accroissement du volume cellulaire
- la cellule transcrit ses gènes et les chromosomes sont répliqués,
- Elle s'effectue en:
  - **Phase G1 & G2:** la cellule croît et détermine la taille finale des cellules et synthétise les macromolécules (protéines,...)
  - **Phase S:** Correspond à la Synthèse de nouvelle molécule d'ADN, dédoublement des chromosomes et formation du Centromère

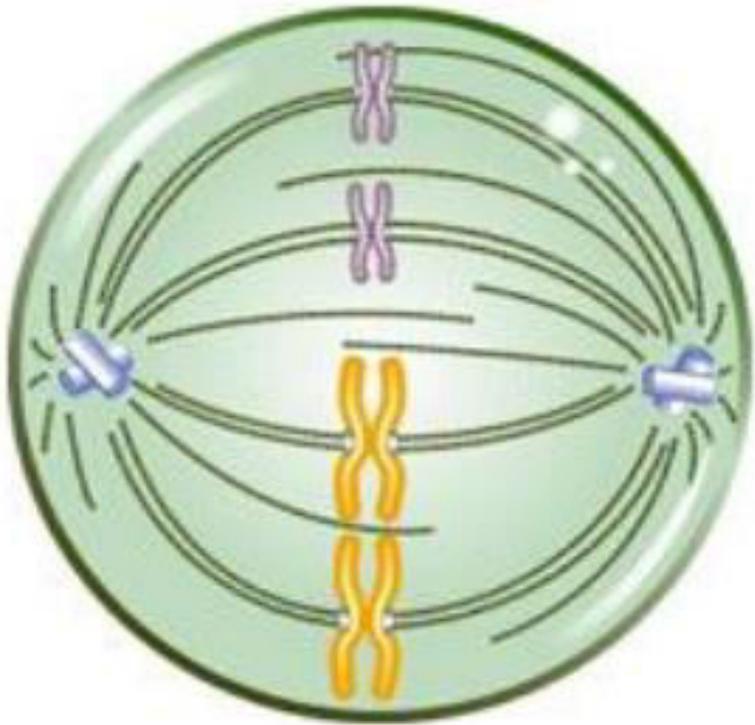


# 1<sup>ère</sup> Phase: Prophase



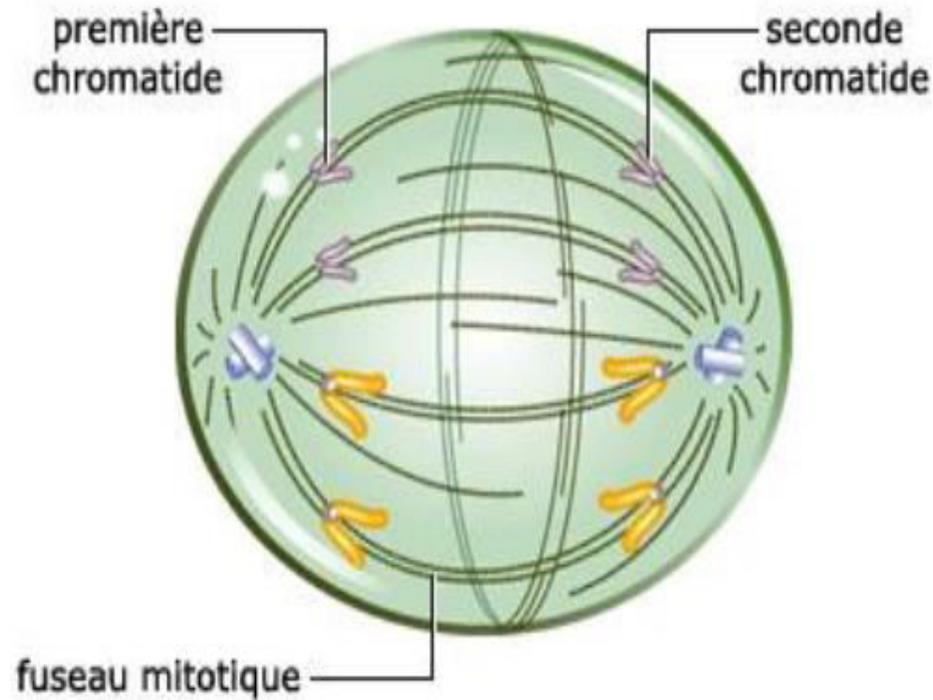
- Condensation de chromatine et formation de Chromosome
- Attachement des **Histones** à l'ADN,
- Formation des **deux chromatides** pour chaque Chromosome qui sont jointes au centromère grâce à la cohésine
- Séparation des **centrosomes** (formés au cours de la prophase) et formation des fuseaux mitotiques (grâce aux microtubules du cytosquelette) formant un rail pour le déplacement des chromosome.

## 2<sup>ème</sup> Phase: Métaphase



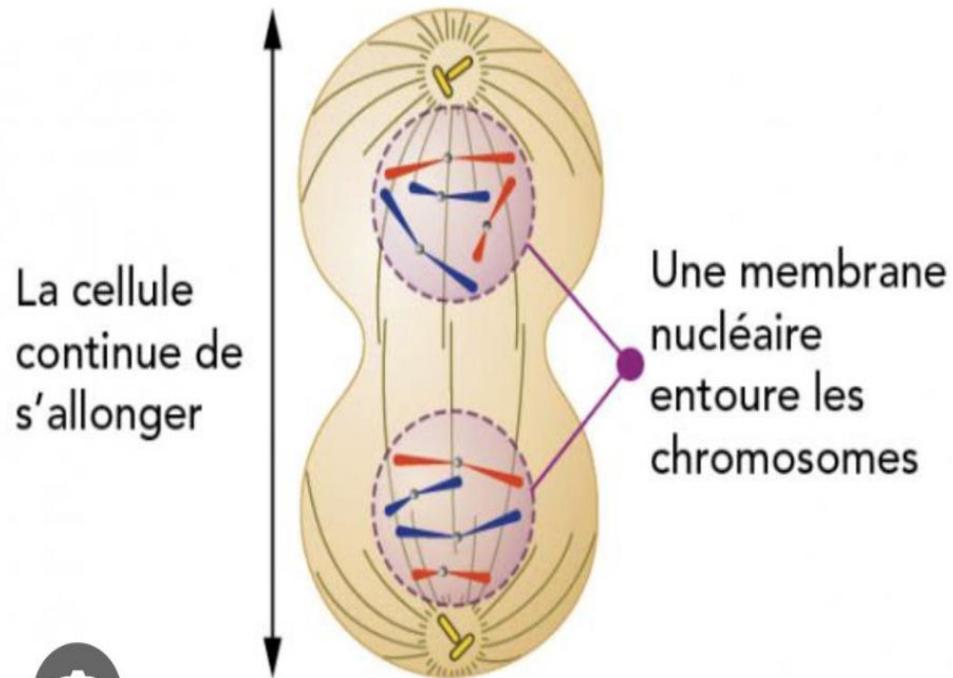
- Les chromosomes sont condensés à **l'équateur de la cellule** pour former la plaque équatoriale,
- Ils sont alignés **selon leur centromère** et se déplacent comme sur des rails, sur **les fibres du fuseau mitotique**.

# 3<sup>ème</sup> Phase: Anaphase



- Les **chromatides se séparent** et migrent vers les pôles opposés de la cellule;
- Ils sont tirés par les microtubules en direction du pôle auquel elles sont rattachées.
- Ils migrent rapidement à une vitesse d'environ  $1 \mu\text{m}/\text{min}$ .

# 4<sup>ème</sup> Phase: Téléphase

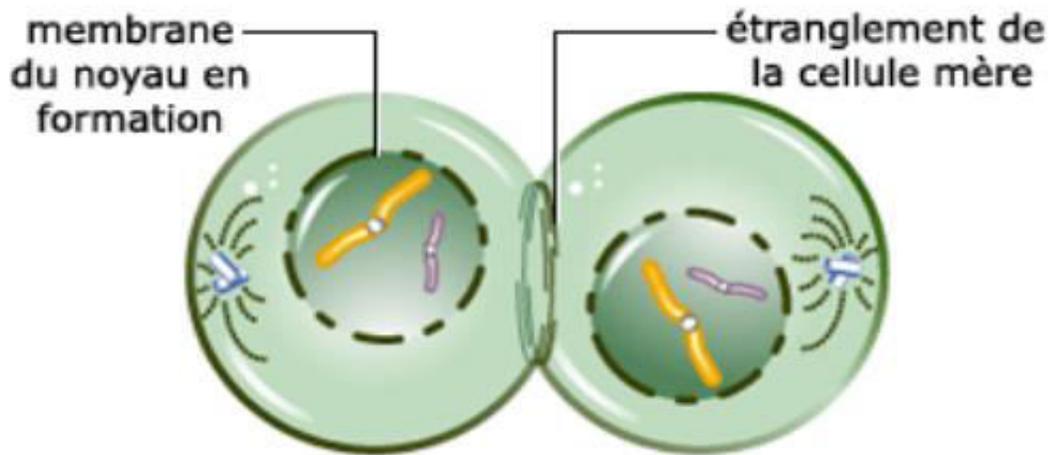


- Chaque **cellule fille contient le même** nombre de chromosomes que l'autre;
- Une **membrane se forme** autour de chaque paquet de chromosomes
- Ils commencent aussi à **perdre leur forme de bâtonnets** (on dit qu'ils se décondensent).
- Enfin, la cellule mère commence à se couper en deux.



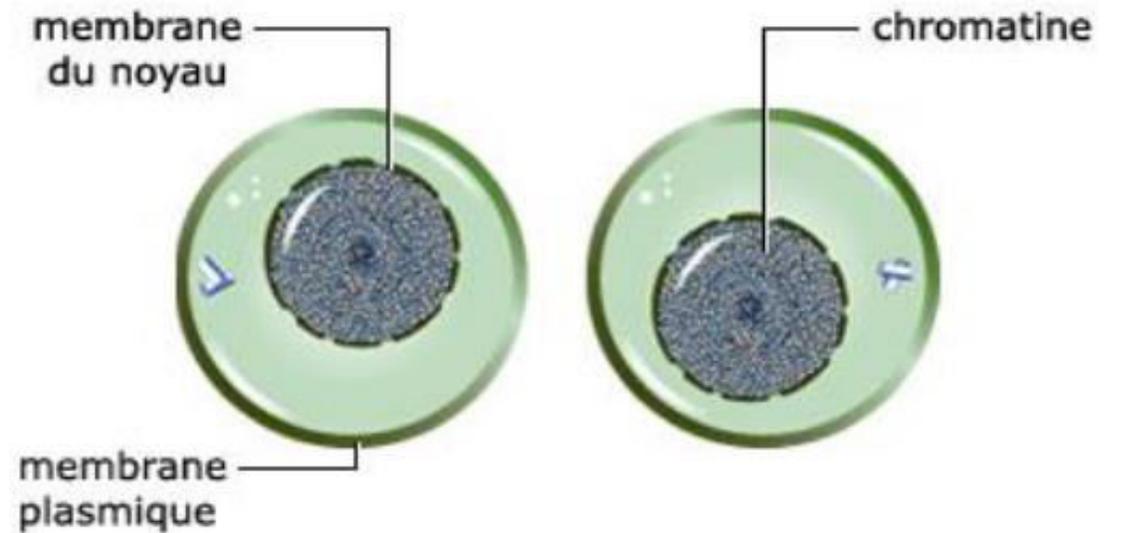
# Chez les animaux: Deux cellules filles identiques à la cellule de départ (cellule mère)

chez les animaux



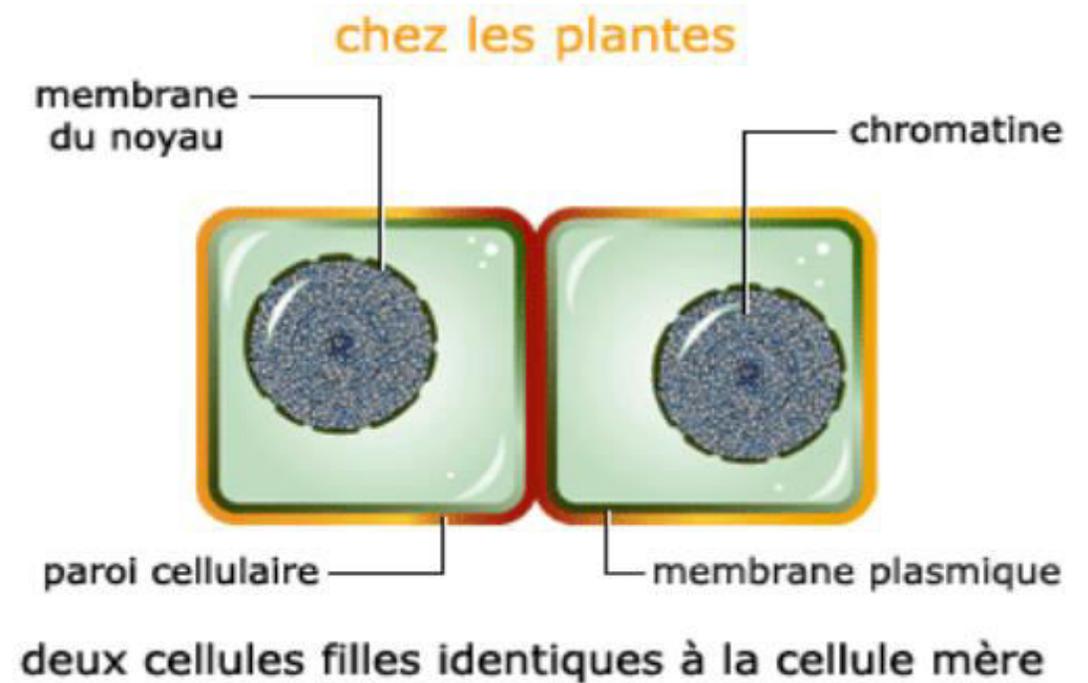
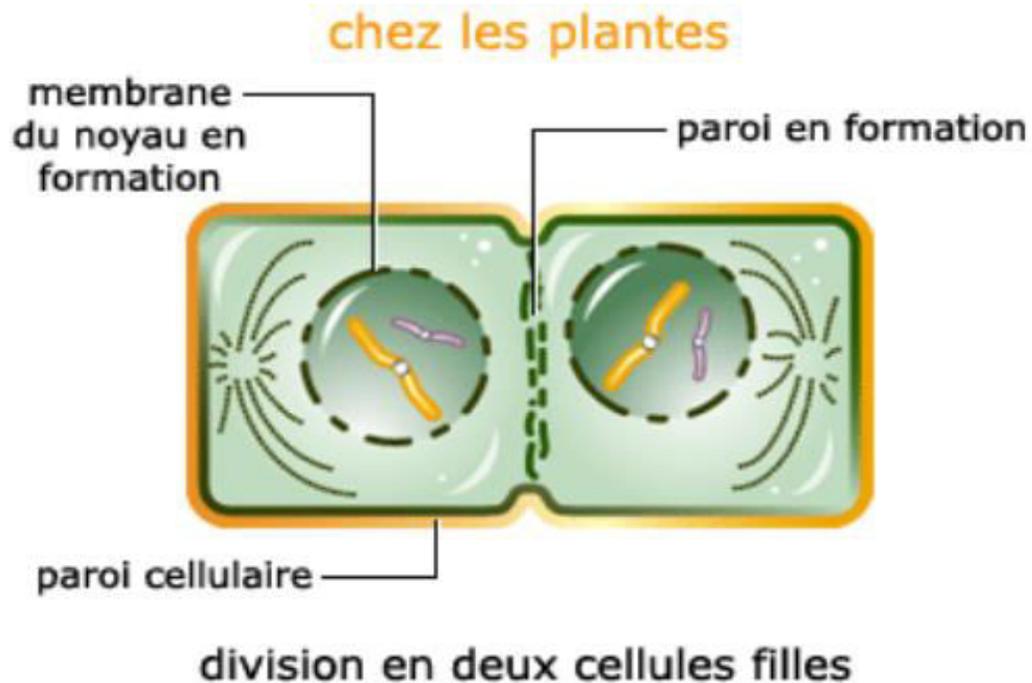
division en deux cellules filles

chez les animaux



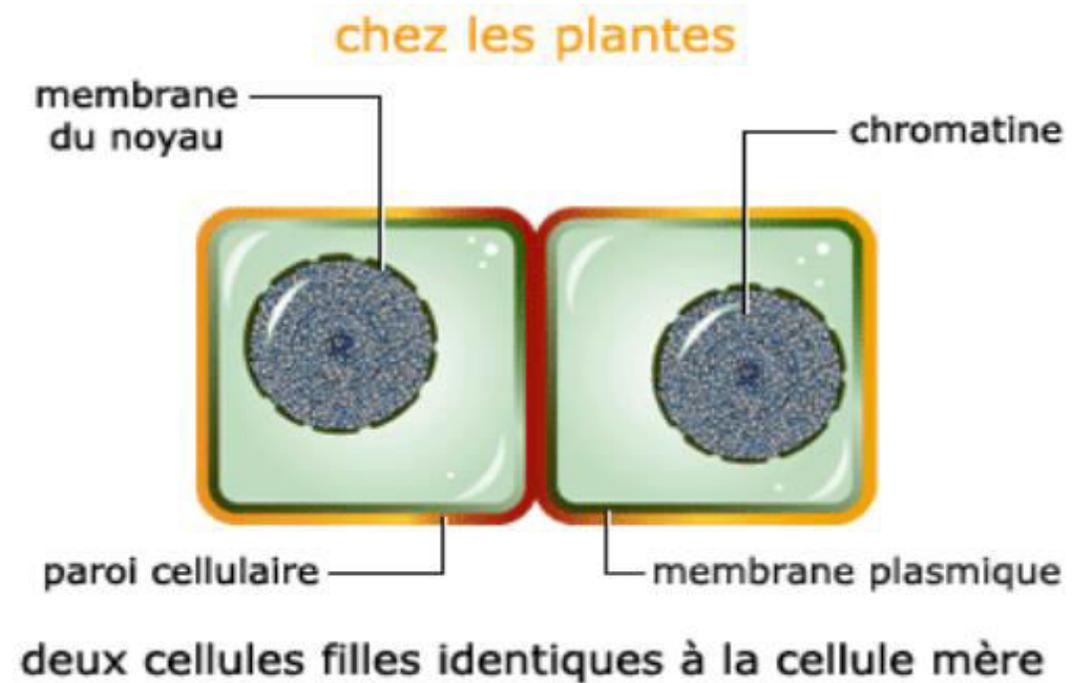
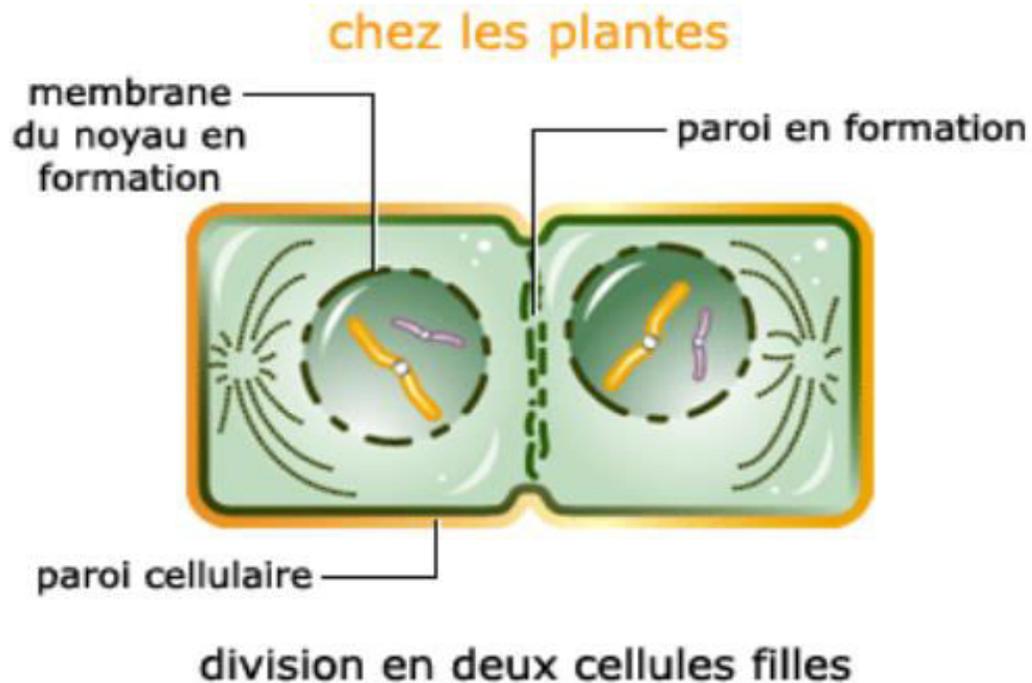
deux cellules filles identiques à la cellule mère

# Formation de deux cellules filles identiques pour la cellule végétale.



- Chez les plantes, on remarque l'absence des **centrioles**, mais il y'a **formation d'une paroi rigide** qui conduit à une cytotodérèse
- Une autre différence est que pour la cellule animale pendant la mitose au niveau des pôles on a les **astères** provenant des centrioles et pour la cellule végétale on a les **calottes** polaires provenant de la condensation du cytoplasme.

# Formation de deux cellules filles identiques pour la cellule végétale.



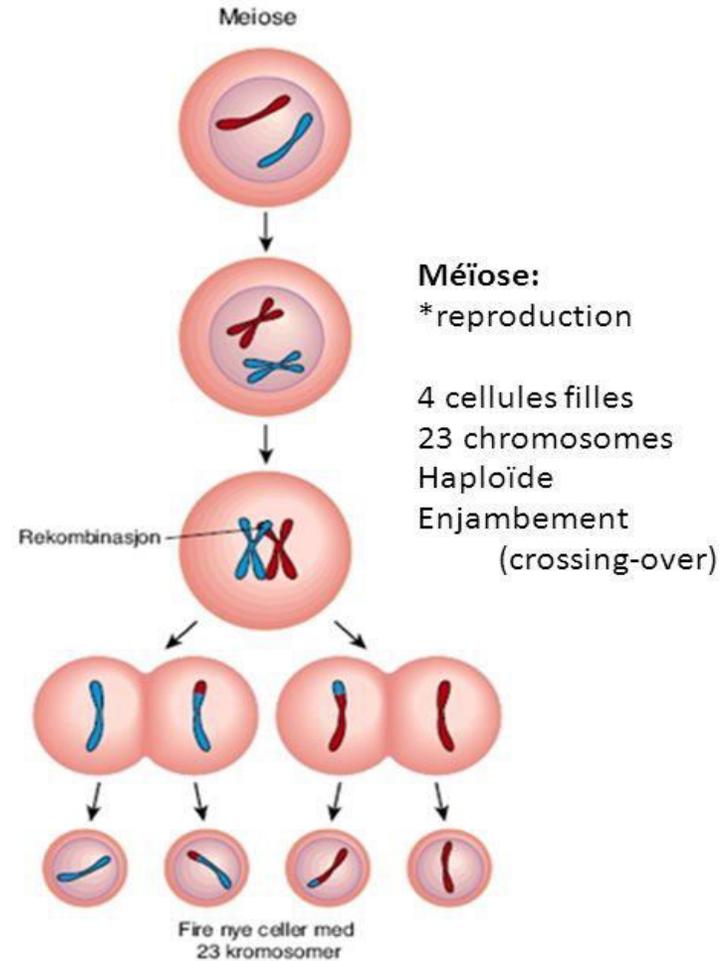
- Chez les plantes, on remarque l'absence des **centrioles**, mais il y'a **formation d'une paroi rigide** qui conduit à une cytotodérèse
- Une autre différence est que pour la cellule animale pendant la mitose au niveau des pôles on a les **astères** provenant des centrioles et pour la cellule végétale on a les **calottes** polaires provenant de la condensation du cytoplasme.

# III.4.LA MEIOSE

## La méiose

Division cellulaire  
pour la reproduction

Une cellule-mère  
donne  
4 cellules-filles  
(50% du bagage génétique)



## III.4.A. Organisation Générale

- La méiose est la division cellulaire qui **permet de fabriquer les cellules sexuelles**, appelées aussi **gamètes** (les ovules et les spermatozoïdes).
- Durant l'interphase, le matériel génétique se duplique et il se produit le phénomène d'enjambement (représenté par des chromosomes rouges et bleus qui se recombinent)
- L'Enjambement correspond à un **Crossing Over** et est un échange de segments de segment d'ADN provenant de deux chromosomes distincts.
- Nous en distinguons deux type de Méiose :
  - Réductionnelle et -Equationnelle.

## III.4.A. Organisation Générale

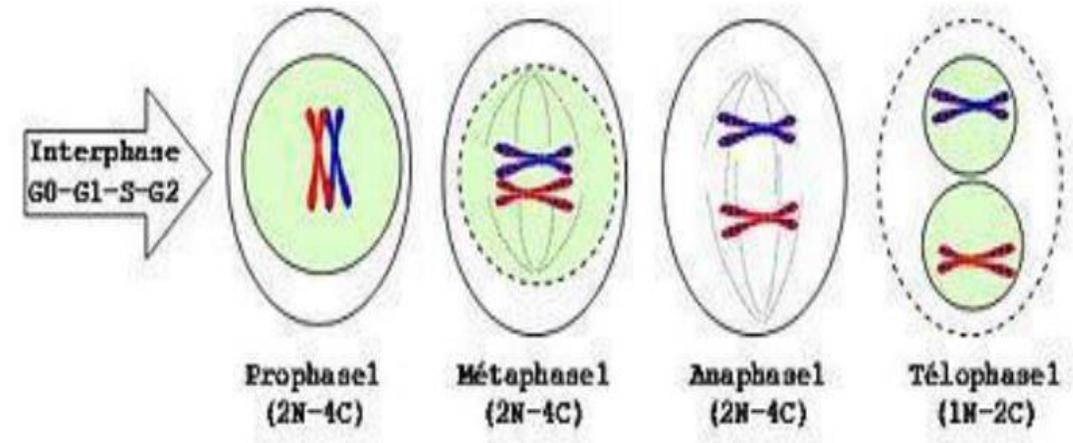
- Durant la **méiose réductionnelle**, les chromosomes homologues se répartissent en deux cellules distinctes.
- Puis durant la méiose **équationnelle**, comme lors d'une mitose, ce sont les chromatides de chaque chromosome qui se séparent. Il en résulte quatre cellules haploïdes ( $n$ ).
- Chez les **animaux**, la méiose est un processus se déroulant durant la **gamétogénèse**, chez les espèces dites **diploïdes**.
- Une cellule normale contient  $2n = 46$  chromosomes (donc 23 paires) alors qu'un gamète contient  $n = 23$  chromosomes au cours de deux divisions.
- Chez les **végétaux**, la méiose produit des **spores**, qui par mitose donneront une génération haploïde (le pollen, le pied feuillé des mousses, etc.)

## III.4.A. Organisation Générale

- Chez les **espèces haploïdes** (comme la *Sordaria macrospora*), la méiose intervient **après la fécondation** pour diviser la cellule-œuf (avec  $2n$  chromosomes).
- En plus de ce rôle de division, la méiose a un rôle important dans le **brassage génétique** (mélange des gènes) et ce, grâce à deux mécanismes de brassage : le brassage inter chromosomique et le brassage intra chromosomique.
- Ainsi, durant la méiose, la quantité d'ADN au sein de la cellule évolue au cours du temps.
- Chaque cellule va donc séparer son patrimoine génétique en deux afin de **ne transmettre que la moitié de ses gènes** aux cellules filles.

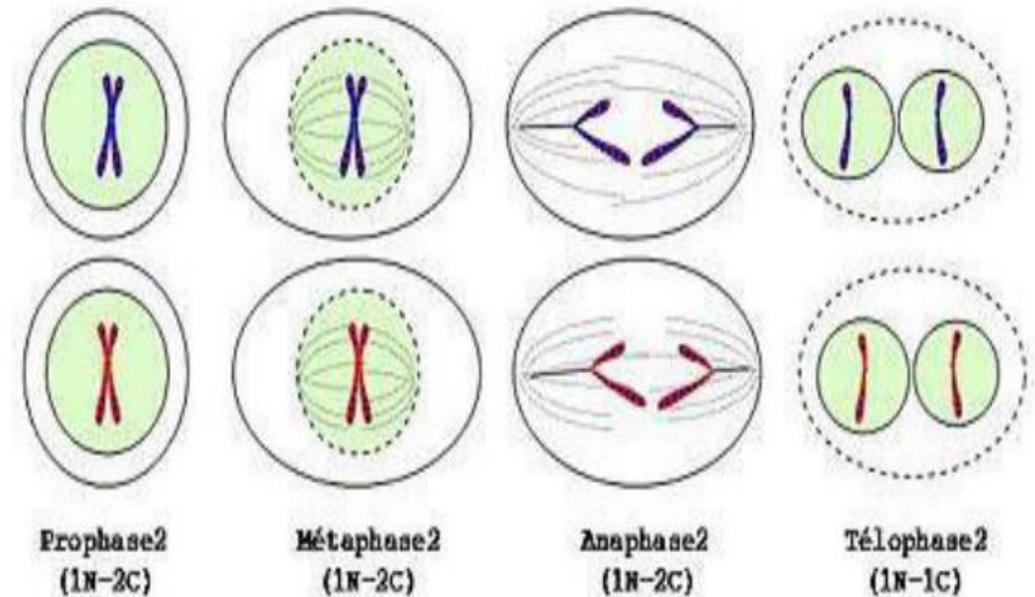
## III.4.B. Première Division: Méiose Réductionnelle

- Cette division réalise la réduction chromatique;
- Elle est dite aussi **hétéro typique** par ce qu'elle modifie le nombre de chromosomes en l'amenant de  $2n$  à  $n$ ;
- Elle se réalise en cinq étapes dont la Prophase I, Métaphase I, Anaphase I et Télaphase I;
- Elle aboutit à la **formation de deux cellules haploïdes** à  $n$  chromosomes à deux chromatides (chromosomes bichromatidiens);
- La cellule se divise en deux, grâce à un anneau contractile fait d'actine et de myosine.



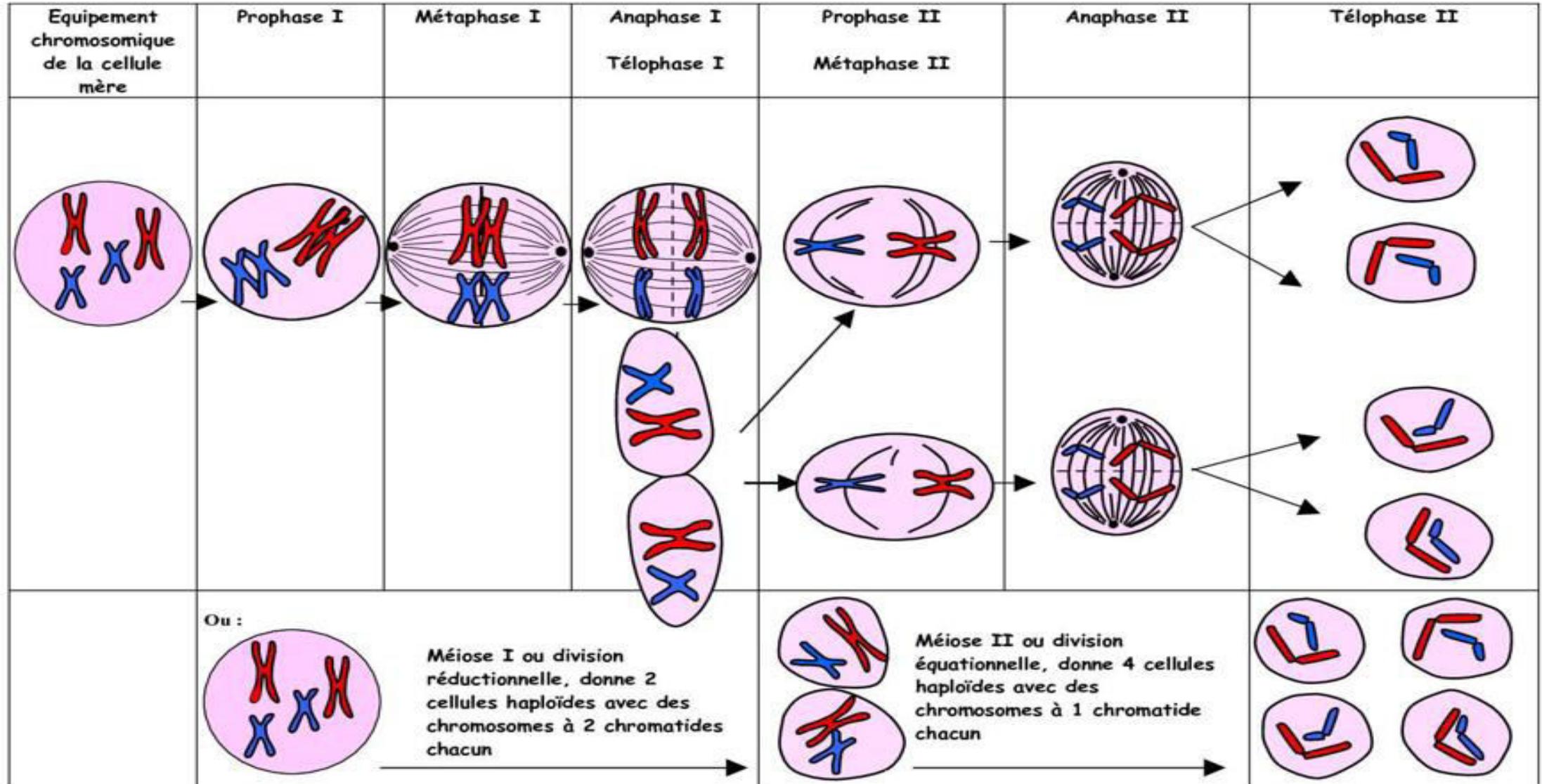
## III.4.B. Deuxième Division: Méiose Equationnelle

- Elle consiste en une simple mitose, à la différence près du nombre de chromosomes qui est de  $n$
- Elle est aussi appelée **homéotypique** puisque chaque noyau contenant  $n$  paires de chromatides a donné deux noyaux à  $n$  chromosomes.
- Elle se réalise en cinq étapes dont la Prophase II, Métaphase II, Anaphase II et Télaphase II
- À l'issue de cette deuxième division de la méiose on passe de **2 cellules mères à  $n$  chromosomes bichromatidiens à 4 cellules filles à  $n$  chromosomes monochromatidiens.**
- Les gamètes créés par la méiose sont différents bien qu'ils descendent de la même cellule.
- Cette différenciation joue un rôle clef dans l'évolution des espèces.



# III.4.C. Méiose Réductionnelle & Méiose Équationnelle

Correction : Schéma bilan des étapes de la méiose pour une cellule à  $2n=4$



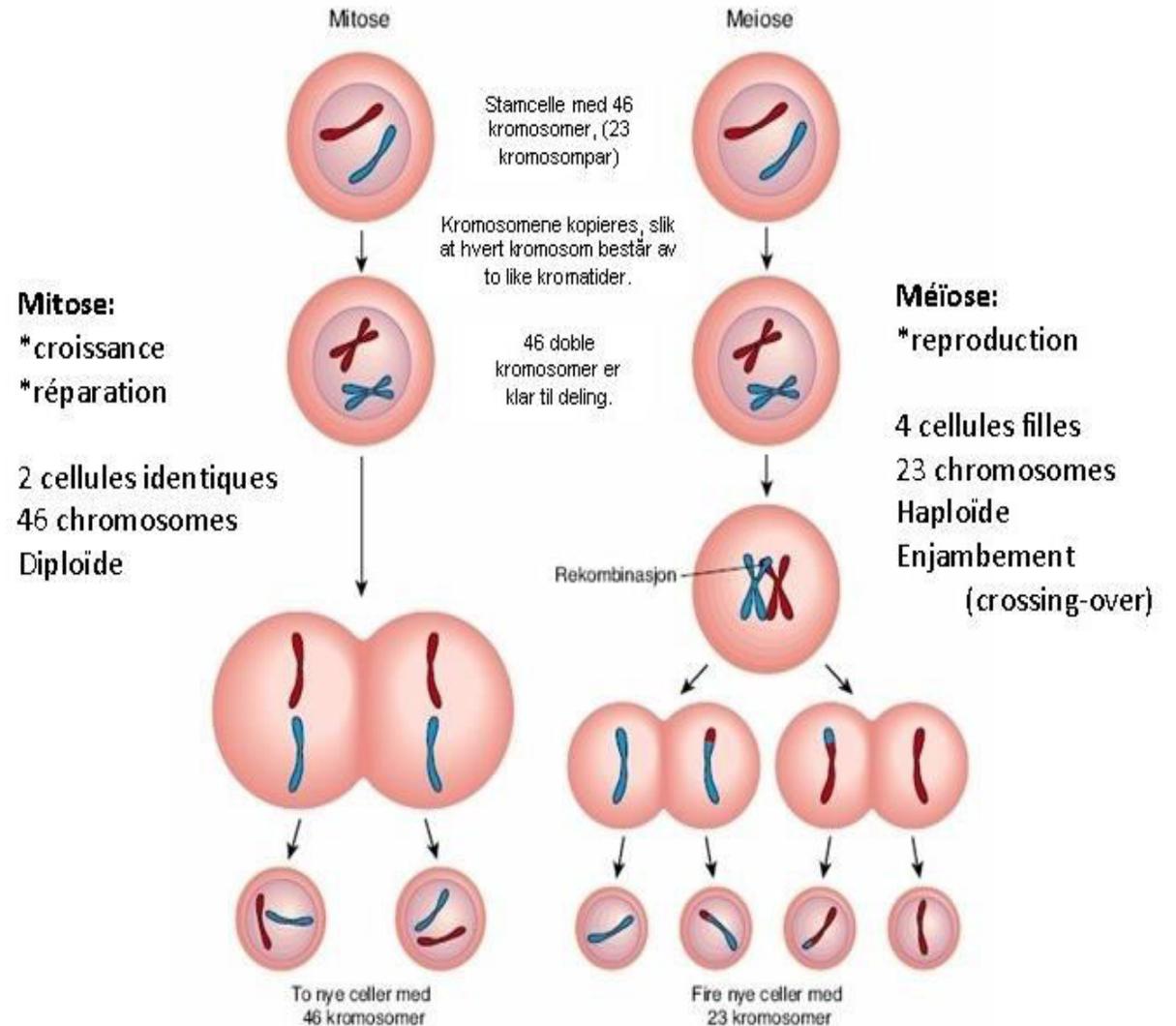
## III.4.D. MEIOSE ET MITOSE

➤ La mitose et la méiose sont différentes en plusieurs points mais elles ont aussi de grandes similitudes (mécanismes de séparation des chromosomes, etc.)

➤ La **mitose** se produit au **cours de la multiplication asexuée** alors que la **méiose** a sa place dans la **reproduction** (Multiplication sexuée).

➤ Presque toutes les cellules peuvent subir une mitose alors que la méiose ne concerne que celles des organes de reproduction chez les espèces diploïdes (les ovogonies et les spermatogonies)

➤ À la fin de la **mitose**, il y a **deux cellules génétiquement identiques** alors qu'à la fin de la **méiose** il y a **quatre cellules** le plus souvent **génétiquement différentes** et **donc uniques**.



# Chapitre IV

## **LE METABOLISME CELLULAIRE**

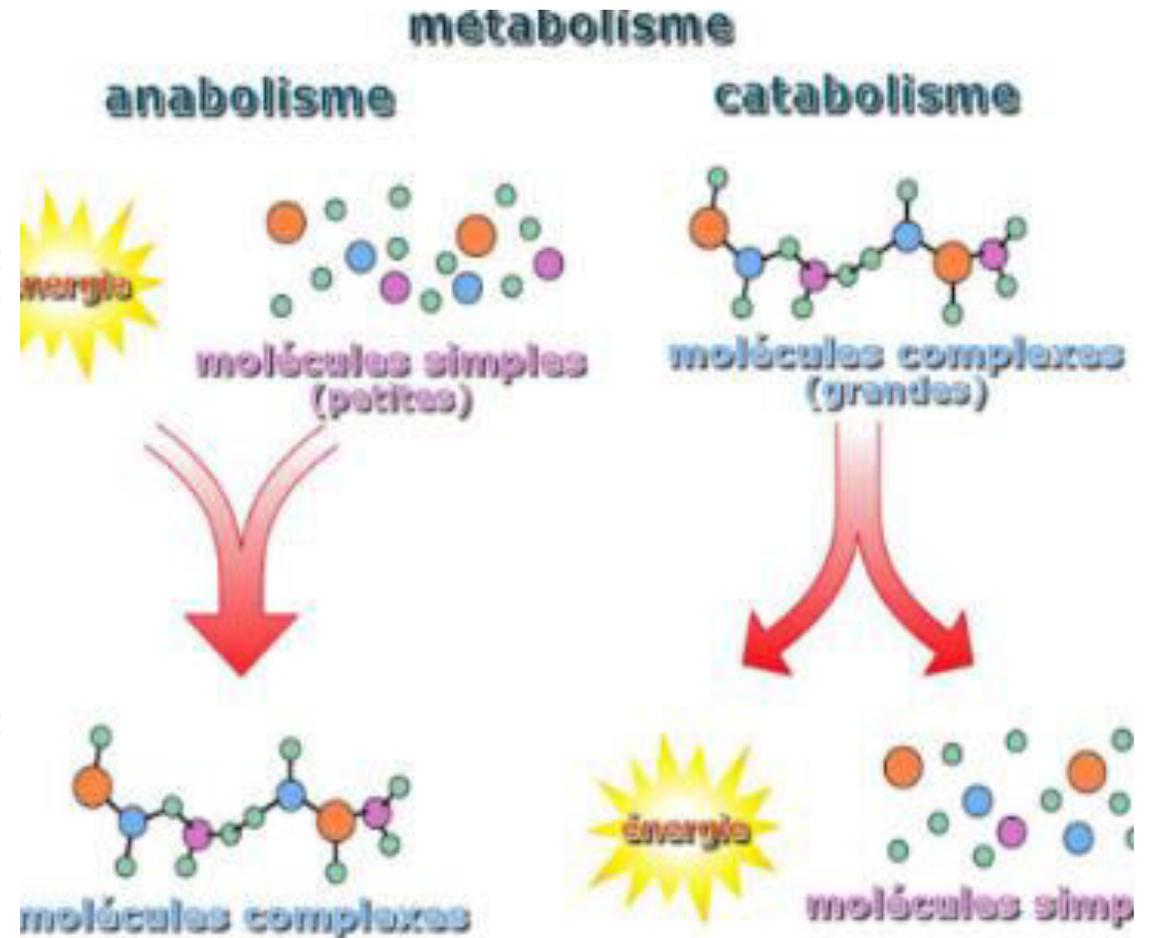
# METABOLISME DE MACROMOLECULES

## IV. A. GENERALITE

➤ Les organismes vivants ne sont pas en équilibre, ils **nécessitent** plutôt un **apport d'énergie libre constant** pour **maintenir un ordre** dans un univers qui tend vers un désordre maximum.

➤ Le métabolisme est donc le **processus global** qui **assure aux organismes l'apport et l'utilisation de l'énergie libre** dont ils ont besoin pour assurer leurs différentes fonctions.

➤ Il comprend deux divisions distinctes : l'**anabolisme**, grâce auquel **une cellule se sert d'énergie** pour construire des molécules complexes et accomplir d'autres tâches telles que la création de cellules; le **catabolisme**, par lequel une **cellule décompose** des molécules complexes pour obtenir de l'énergie et réduire leur pouvoir.



## IV. A. GENERALITE

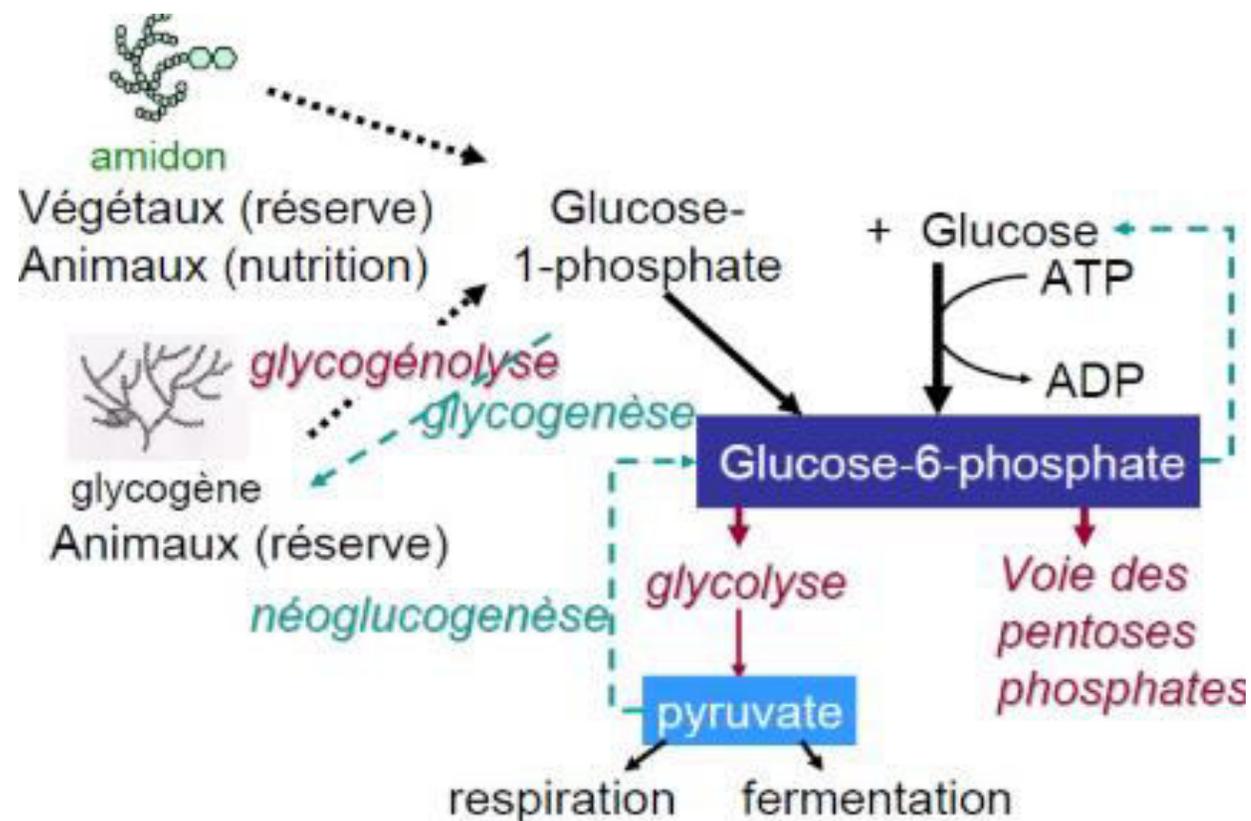
- Le rôle principal du catabolisme est de régénérer l'ATP, première source d'énergie des cellules.
- Sans énergie, les cellules seraient immobiles, rendant la vie impossible
- Pour la **production d'énergie**, les cellules utilisent comme matière première les **matières organiques** notamment les glucides, les protides et les lipides.
- L'Énergie libre libérée au cours de catabolisme est conservée en synthétisant l'ATP à partir d'ADP et de phosphate ou en réduisant du coenzyme NDP+ en NADPH.
- L'ATP et le NADPH **sont les sources principales d'énergie** libre pour les voies anaboliques

## IV. B. LES GLUCIDES

- Composés organiques naturels ou artificiels dans lesquels l'hydrogène et l'oxygène sont combinés avec le carbone
- Ils constituent le groupe des composés organiques les plus abondants dans la nature
- Ils sont produits par les plantes vertes et par certaines bactéries, via le procédé de photosynthèse : les plantes et les bactéries fixent le gaz carbonique de l'air et synthétisent les glucides en utilisant l'énergie solaire
- Les principaux glucides sont le **sucre**, l'**amidon**, la dextrine, la cellulose et le glycogène, substances qui constituent une part importante de l'alimentation de l'homme et de nombreux animaux et qui constituent l'organisme vertébré et invertébré
- Pour stocker l'énergie, les **plantes utilisent l'amidon** et les **animaux le glycogène**.
- Lorsque l'organisme a besoin d'énergie, les glucides sont décomposés par des enzymes.

# Catabolisme de Glucides

- Le catabolisme de glucides consiste en leur décomposition
- Durant le catabolisme, la combustion des glucides permet de recueillir de grandes quantités d'énergie.

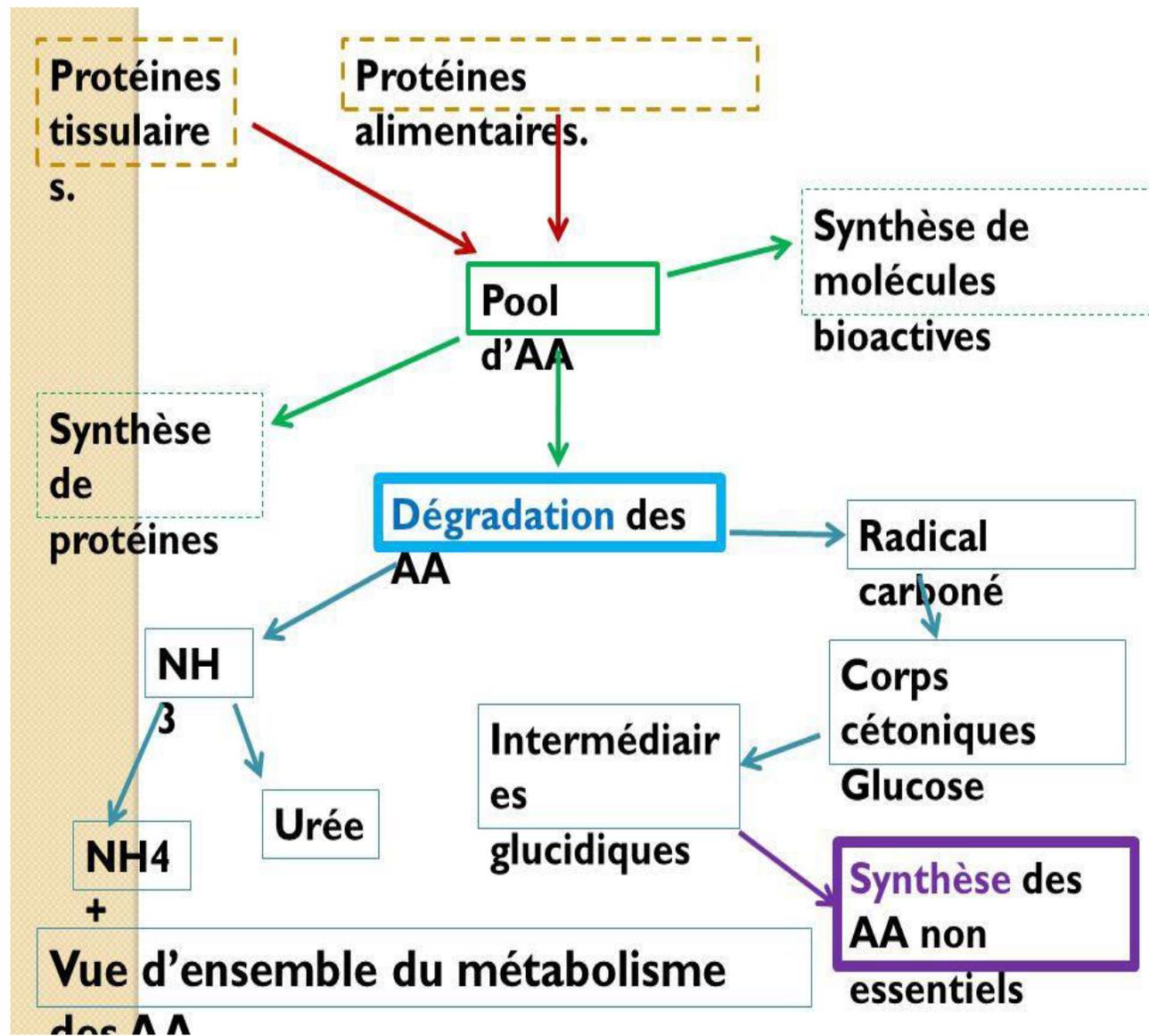


## IV. C. LES PROTEINES

- Macromolécule **composée d'acides aminés** reliés par des liaisons peptidiques, présente chez les organismes vivants et essentiels à leur fonctionnement.
- Découvertes en 1838, les protéines sont le **principal composant** des cellules et représentant plus de 50 % de leur poids sec.
- Elles sont **spécifiques à chaque espèce** vivante et à chaque organe.
- On estime qu'il existe environ trente mille protéines différentes chez l'Homme dont 2 % seulement ont été décrites.
- Elles servent à **construire et à entretenir les cellules et les muscles** et leur dégradation chimique fournit de l'énergie, produisant près de **4 kilocalories par gramme**.

# Catabolisme de Protéines

- Le catabolisme des protéines constitue la **désagrégation de protéines en acides aminés** et **autres dérivés** qui sont ensuite transportés à travers la membrane plasmique pour être polymérisés en nouvelles protéines grâce à l'ARN et aux ribosomes.
- Par **gluconéogenèse**, les acides aminés peuvent également être transformés en glucides et utilisés comme source d'énergie

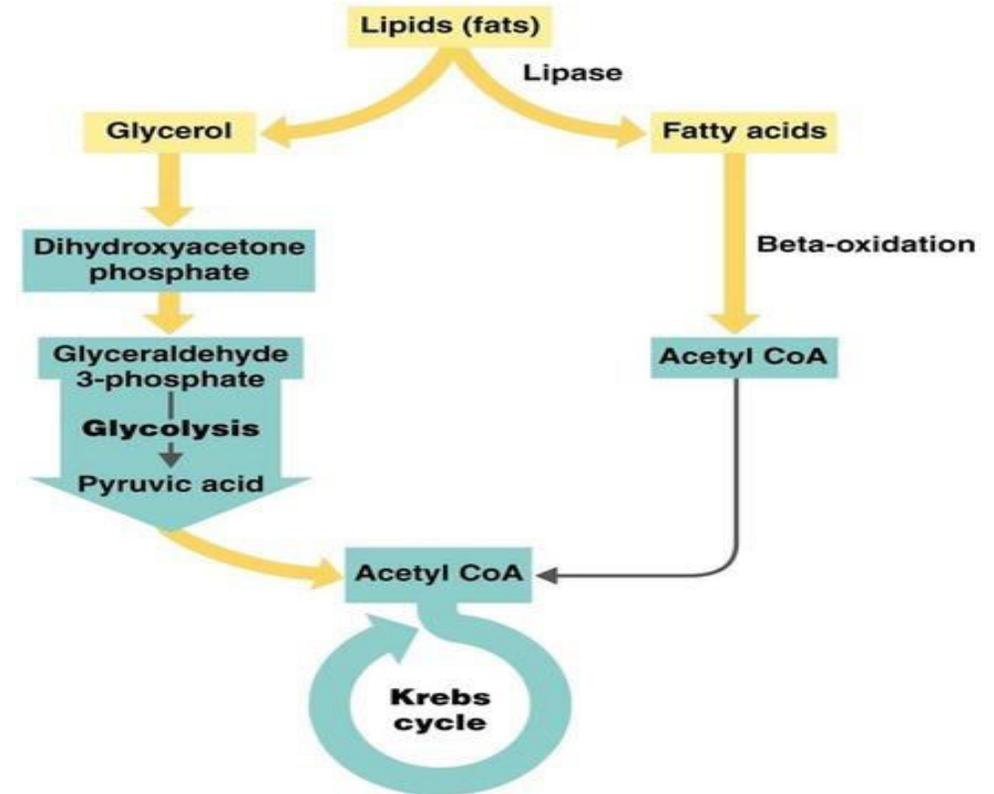


## IV. D. LES LIPIDES

- Sont des substances chimiques présentes dans tous les organismes vivants, **principaux constituants** des **corps gras alimentaires** et du **tissu adipeux** de l'organisme.
- Contrairement aux glucides et, dans une moindre mesure, aux protéines, les lipides **ne sont pas solubles dans l'eau**, mais dans les solvants organiques comme l'alcool ou l'éther.
- Leur combustion libère environ deux fois plus d'énergie que celle des glucides.
- Le terme de lipides couvre les **triglycérides** (présents dans les graisses animales et les huiles végétales), les **phospholipides**, constituants des membranes cellulaires, les **stéroïdes** (notamment la vitamine D et les hormones synthétisées à partir du cholestérol), et les **caroténoïdes** comme le carotène (pigment impliqué, par exemple, dans la photosynthèse).

# Métabolisme de Lipides

- Durant le catabolisme (ou la combustion) des graisses, les **lipases décomposent** les lipides et les phospholipides.
- L'anabolisme des lipides, procédé contraire, comprend **l'accumulation d'énergie** et la construction de membranes.



# Schéma de métabolisme des Lipides, Glucides et Protéines

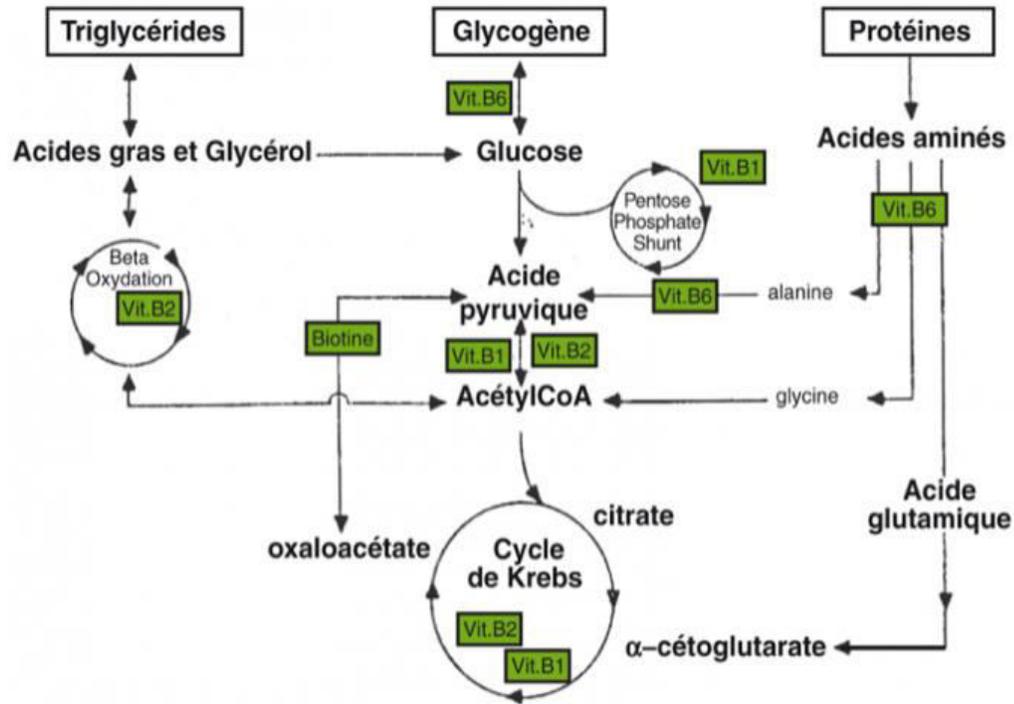
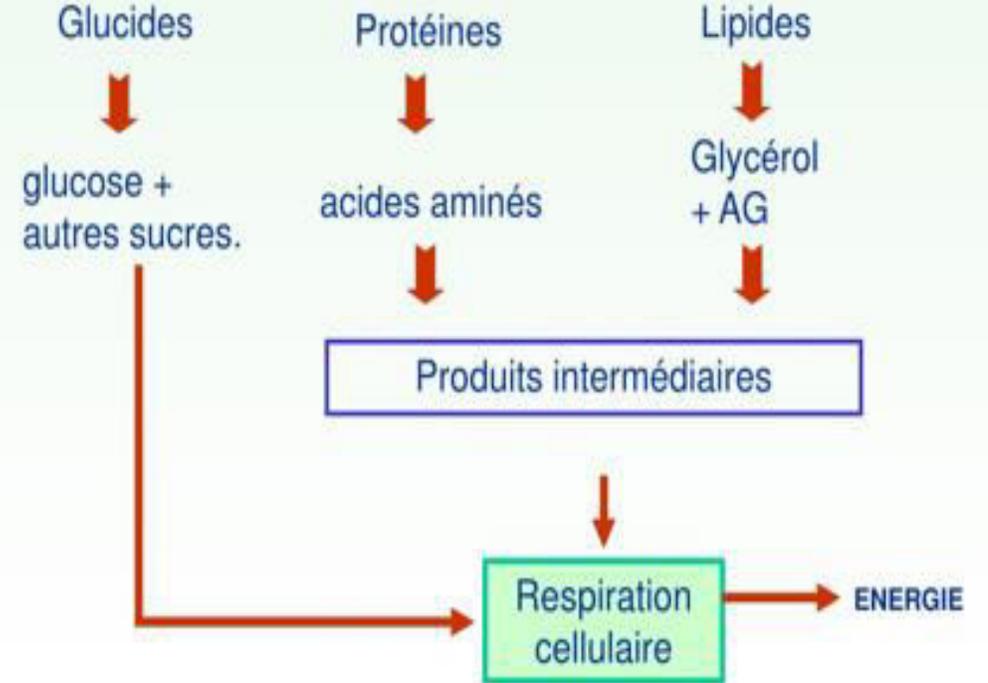


Figure 6.1. Implication des vitamines hydrosolubles du groupe B comme cofacteurs enzymatiques de multiples voies métaboliques.

Source : Xavier Bigard et Charles-Yannick Guezennec, Nutrition du Sportif, Elsevier-Masson

L'alimentation apporte des lipides, protéines, des disaccharides et polysaccharides.



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**