

LA CELLULE ET LA DIVISION **CELLULAIRE**

LA CELLULE VIVANTE

1. Les unités

Préfixe	Abréviation	Valeur	Décimales
Téra	T	10^{12}	1000.000.000.000
Giga	G	10^9	1.000.000.000
Méga	M	10^6	1.000.000
Kilo	k	10^3	1.000
Hecto	h	10^2	100
Déca	da	10^1	10
Déci	d	10^{-1}	0.1
Centi	c	10^{-2}	0.01
Milli	m	10^{-3}	0.001
Micro	μ	10^{-6}	0.000001
Nano	n	10^{-9}	0.000000001
Pico	p	10^{-12}	0.000000000001

N. B. On emploie également une unité qui correspond à 10^{-10} m ; il s'agit de l'Angström

Les unités employées en biologie sont le mm, le micron, et le nanomètre, parfois l'Angstrom lorsque on fait appel à des molécules

2. Définition d'une cellule

La cellule est l'unité structurale d'organisation des systèmes vivants

3. Types de cellules et taille des cellules

La taille des cellules est très variable , on distingue environ 70 types de cellules vivantes différents.

Toutefois on peut classer les cellules suivant plusieurs critères dont un est le **NOYAU**

3.1. Les Cellules sans noyau (procaryotes)

3.1.1. Les virus

Ce sont des cellules sans noyau , de taille variant de 20 à 300 nanomètres (nm) (100 à 1000 inférieure à une cellule), qui sont des « parasites » des cellules, en effet, ils ne peuvent se reproduire qu'en utilisant des cellules vivantes



Fig 1 Schémas de virus

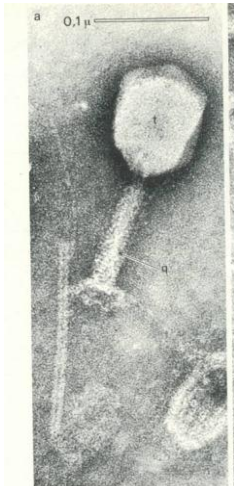


Fig 2 Virus du type « bactériophage » T2 , le trait au-dessus représente 0, 1 μ

3.1.2. Les procaryotes sensu stricto

Ce sont des cellules rudimentaires capables de vivre seule mais ne possédant pas de noyau au sens propre , elles ont en général des tailles inférieures à 10 μ , parmi ce type de cellules on trouve les bactéries et les algues bleues dont vous avez un schéma figure 3.

Vous avez pu également avoir une vue de l'ultrastructure de ce type de cellule dans le labo 1

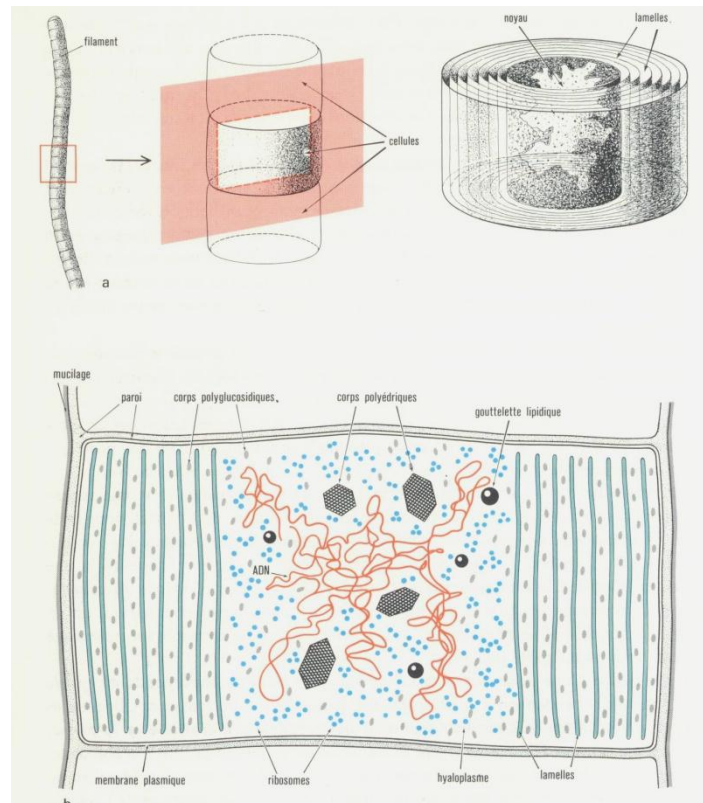


Fig. 3 . Schéma d'une cellule d'algue bleue

3 . Les Cellules avec noyau (eucaryotes)

Ces cellules sont les **cellules les plus « évoluées »** , elles possèdent un noyau bien délimité par une membrane , elles ont des rôles bien précis et on des tailles allant de 10 à 100 μ

Les deux types de cellules que vous avez vues au cours sont les cellules animales et végétales

Leurs schémas sont présentés respectivement dans les figures 4 et 5

Leurs caractéristiques ont été vues au cours théorique et ne seront pas passées en revue ici

Ces cellules possèdent en leur sein des organites (structures) possédant des rôles bien définis, ces rôles sont par exemple

- Pour les **mitochondries** , d'assurer le rôle de **destruction des sucres et la production d'énergie pour la cellule**
- Pour le **noyau**, d'assurer la division cellulaire, la régulation de la synthèse des protéines, c'est en quelque sorte, le cerveau de notre cellule
- Pour la membrane d'assurer le passage de certaines substances nécessaires par pinocytose ou endocytose

- Pour les **chloroplastes** d'assurer le rôle de photosynthèse source de toute notre énergie sur terre,

Fig 4 : Schéma d'une cellule animale

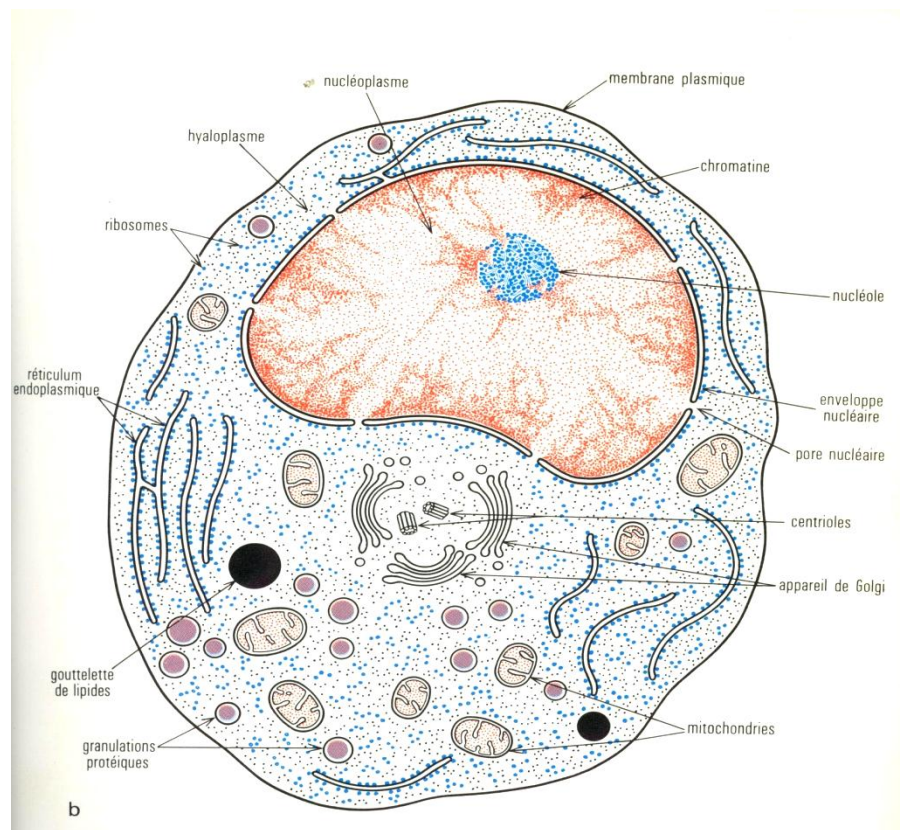
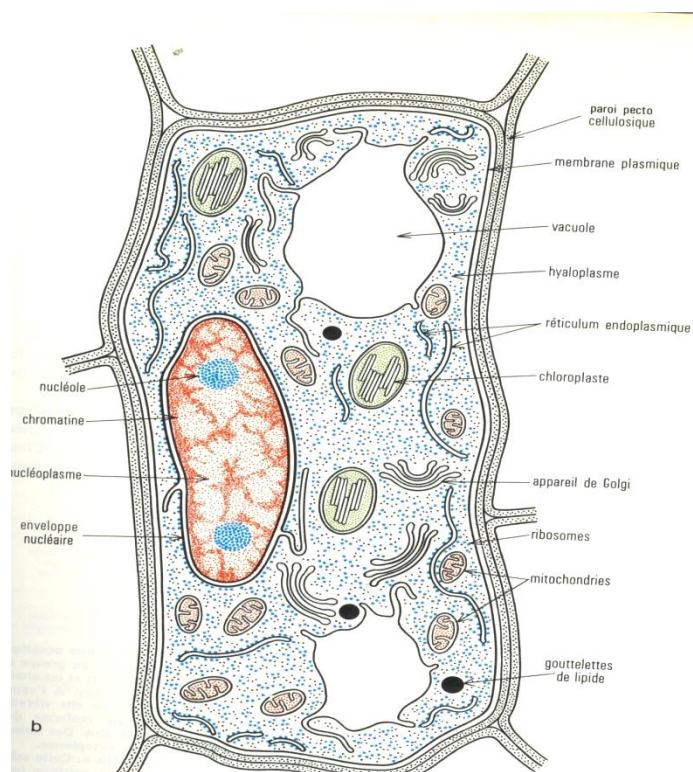
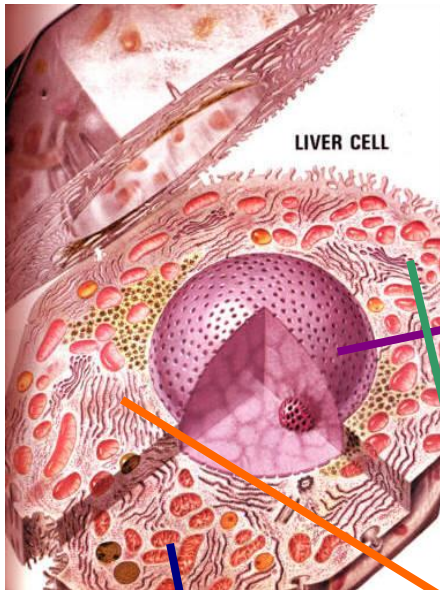


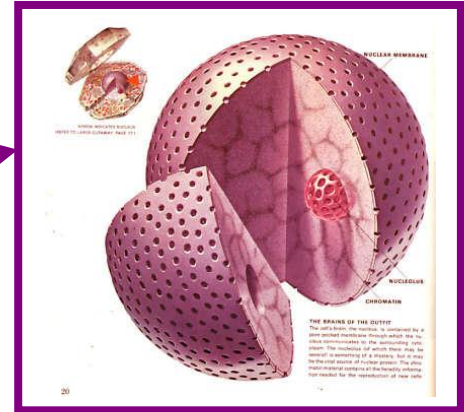
Fig.5. Schéma d'une cellule végétale



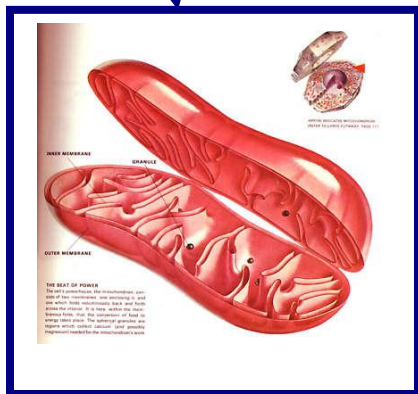
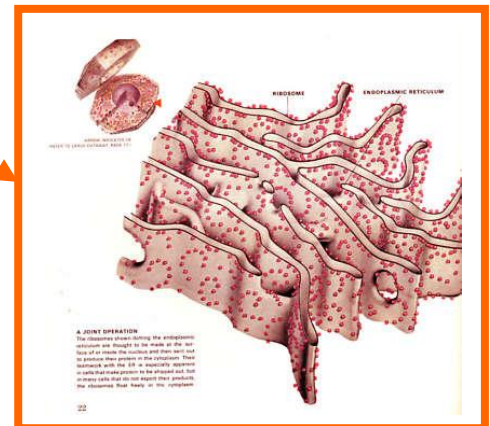
Cellule de foie (cell. An.) en 3D et ses différents organites



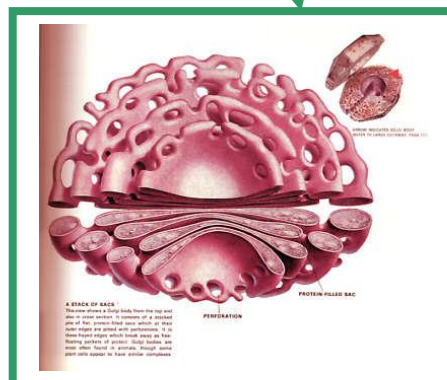
Noyau



Ret. Endoplasmique



Mitochondries



App. de Golgi

3.1) Différences principales entre une cellule animale et une cellule végétale

<u>Cellule animale</u>	<u>Cellule végétale</u>
1) -----	1) Présence d'une paroi cellulosique semi-rigide
2) Membrane (cyto)plasmique	2) Membrane (cyto)plasmique
3) -----	3) Chloroplastes (assurent la photosynthèse : transformation du CO ₂ et l'eau en sucres et O ₂ à la lumière)
4) Mitochondries	4) Mitochondries (sièges de la respiration : transformation des sucres et de l'O ₂ en eau et CO ₂ en absence de lumière)
5) Autres organites cellulaires	5) Autres organites cellulaires
6) Présence d'un centriole (siège du mouvement)	6) -----

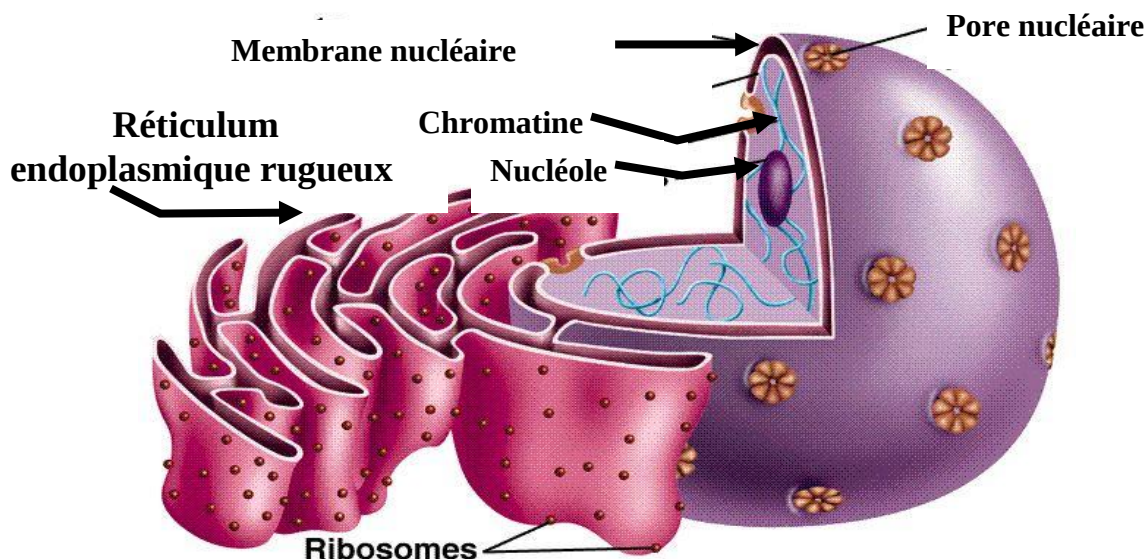
3.2) Les différents organites cellulaires et leurs rôles

En partant du centre vers l'extérieur , nous avons

3.2.1. Le Noyau

Fig 6. Structure du noyau

Randy Moore, Dennis Clark, Darrel Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



Le noyau délimité par une **membrane nucléaire** double est perforé de « trous » (**les pores nucléaires**) , à l'intérieur du noyau se trouve **un nucléole** et de **la chromatine** .

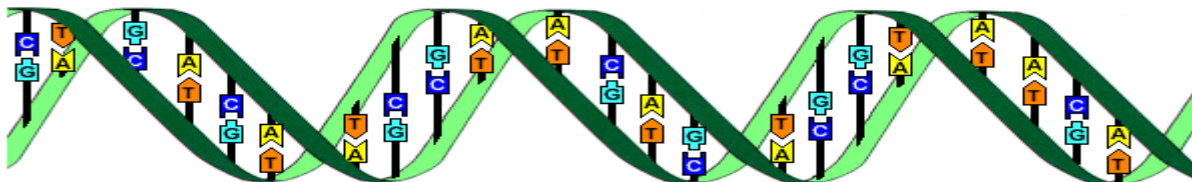
La Chromatine est formée d' **ADN** (**A**cide **D**ésoxyribo**N**ucléique) qui contient le **patrimoine (ou code) génétique** .

L'aspect de l'ADN est caractéristique : il s'agit d'une double hélice dont les « branches » sont reliées entre-elles par des bases , ces bases sont au nombre de 4 et sont appariées (ex A-T , C-G , ou T-A ,G-C)

[pour mémoire, A= Adénine, T= Thymine, C= Cytosine et G=Guanine.

Ces bases appariées sont groupées par 3 --> ex. A-A-A : ce triplet de bases appelé CODON , code pour un acide aminé donné : ici la Lysine]

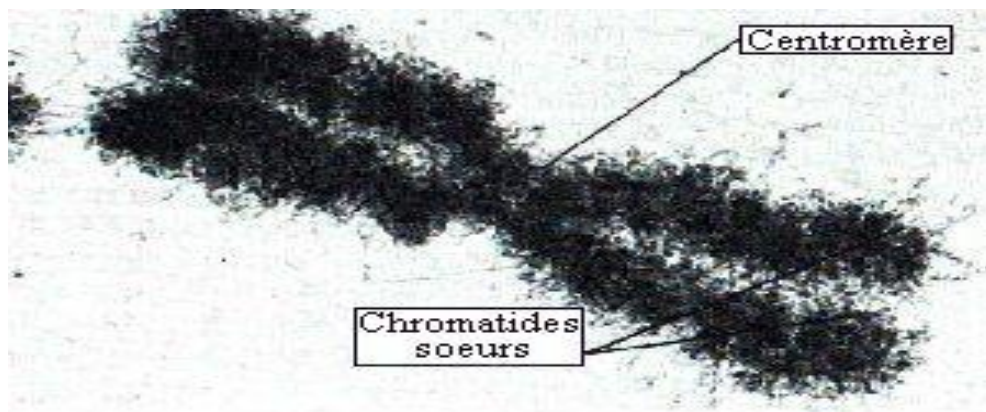
Fig. 7 . Structure de l'ADN



Cet ADN est protégé par des protéines appelées **HISTONES** .

Au cours de la vie cellulaire, la chromatine peut se condenser et former des structures appelées **CHROMOSOMES**

Fig 8 . Structure d'un chromosome



En conclusion : ADN= molécule de base du code génétique
 CHROMATINE = ADN+ HISTONES
 CHROMATINE condensée = chromosomes

Les chromosomes sont très importants chez l'être humain (ou tout être vivant) car ils déterminent toute une série de propriétés du corps humain : ex le sexe de l'individu, les caractères physiologiques et l'aspect extérieur , la présence de certaines maladies graves ou non,...

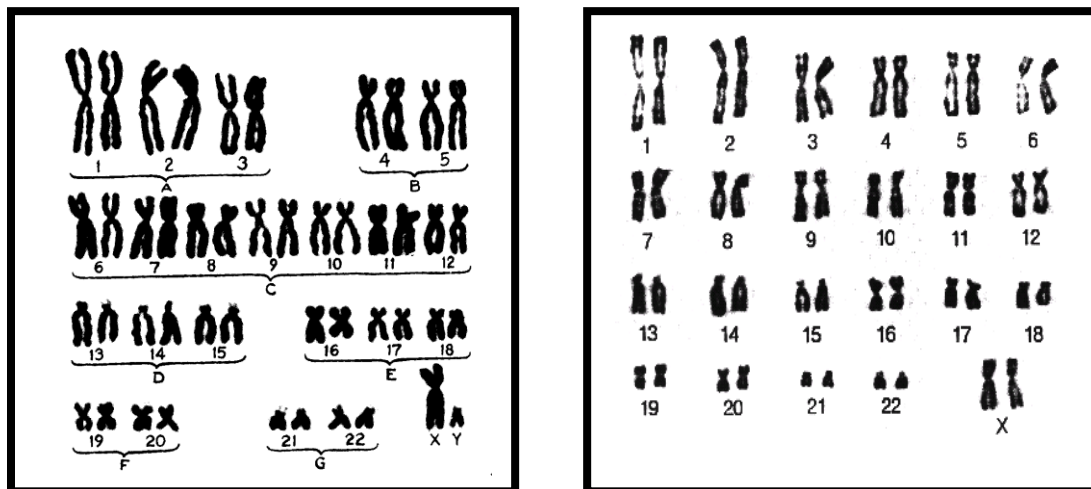
3.2.2) Les chromosomes

Chez l'être humain, il y a 23 paires de chromosomes :

- Dont 22 PAIRES DE CHROMOSOMES
- + 1 paire de XX pour le sexe femelle (♀)
- + 1 paire de XY pour le sexe mâle (♂)

L'ensemble des chromosomes est appelé **le caryotype**

Voici les caryotypes d'individus humains normaux mâle et femelle,



Notez la présence d'une paire de chromosomes XY chez le mâle et une paire de chromosomes XX chez la femelle.

Le caryotype peut parfois être « anormal », ceci se traduit alors par des maladies graves se traduisant soit par la mort de l'individu , soit par des handicaps graves .

Nous allons examiner certaines anomalies du caryotype et essayer d'illustrer cela par des exemples .

[Il est donc important de repérer ces anomalies au cours de la grossesse notamment (**amniocentèse**) Cet examen est possible à partir de 13/14 semaines d'aménorrhée jusqu'au terme de la grossesse. Le prélèvement se fait à l'hôpital, de manière stérile, dans une salle spécifique. Le médecin repère le placenta et l'embryon par échographie et introduit une aiguille très fine (sans anesthésie : l'anesthésie est plus douloureuse que la ponction elle-même) au travers du ventre maternel, sous contrôle échographique permanent. 15 à 20 ml de liquide sont prélevés et envoyés dans un laboratoire spécialisé. Les résultats sont connus en deux semaines environ.]

3.2.3.) Les anomalies du caryotype

1) Trisomie 21 (mongolisme)

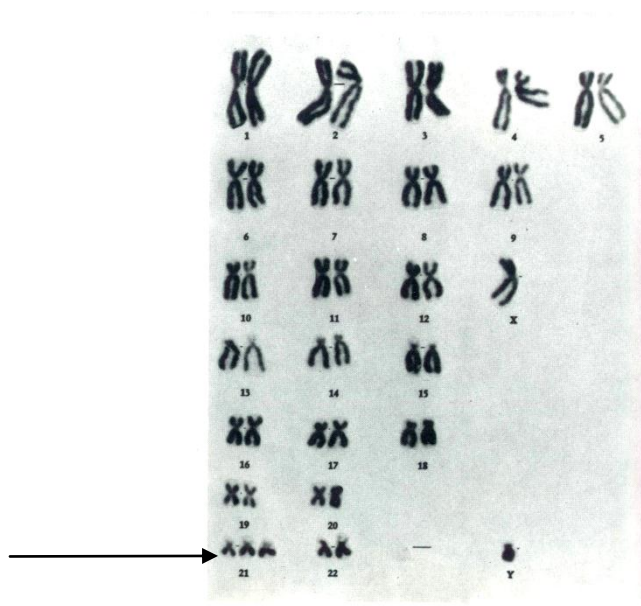
Aspect extérieur du trisomique 21



Un trisomique 21 présente un aspect tel que ci-dessus, il présente également une déficience « mentale » grave.

Aspect du caryotype

Un trisomique 21 présente trois paires de chromosomes 21 comme présenté ci-dessous



2) Trisomies 13 et 18

Les **trisomies 13 et 18** se traduisent par des malformations très graves des systèmes digestif, cardiaque ou cérébral et une espérance de vie à la naissance de moins de trois ans.

Cette anomalie chromosomique grave est héréditaire et/ou est fréquente chez les femmes enceintes âgées , il est important pour tous qu' elle soit décelée avant la naissance .

3) Le syndrome de Turner

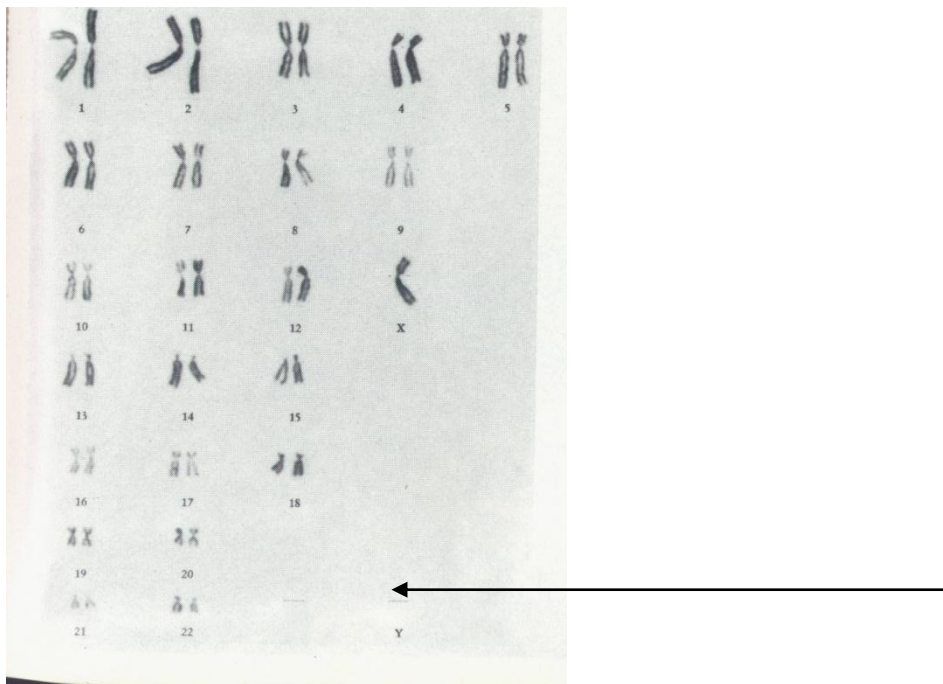
1) Aspect extérieur

En 1938, le Dr. Henry Turner, qui a donné son nom à l'affection, a été le premier à identifier ses caractéristiques et à leurs réunir en un syndrome commun.

Ce n'est qu'en 1957 que le Dr. C.E. Ford a découvert la base chromosomique de l'affection et l'a identifiée comme une dégénérescence ovarienne chromosomique

Le Syndrome de Turner est une affection qui atteint une femme sur 2500. Il en résulte une petite taille (la taille adulte est d'environ 1m 43), la nécessité de prendre des hormones pour développer les caractères sexuels secondaires (seins, règles, pilosité axillaire et pubienne) et la stérilité. Il y a par ailleurs une large gamme d'autres problèmes associés au syndrome.

2) Aspect du caryotype



4. La maladie du « cri du chat »

4.3.1) Aspect extérieur

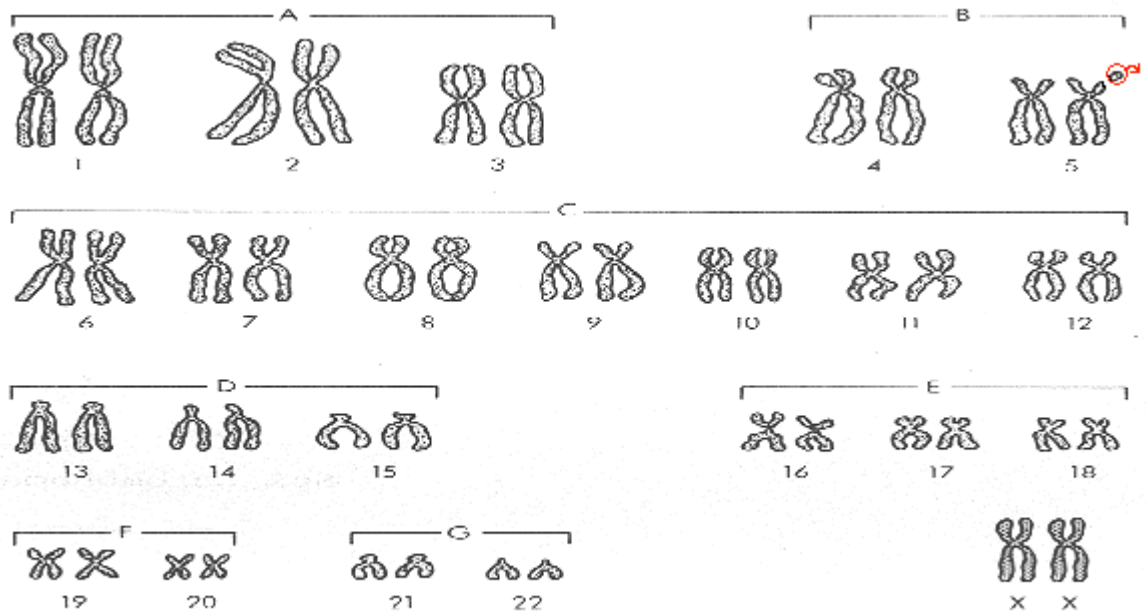
La maladie se traduit par un handicap mental certain comme toute maladie chromosomique , la taille de l'enfant est petite et cela se traduit également par un problème aux cordes vocales
→ cri du chat



CdC Support Group
www.cridchat.u-net.com

2) Aspect du caryotype

Le syndrome du cri du chat se traduit au niveau du caryotype par la perte d'un morceau au niveau du chromosome 5



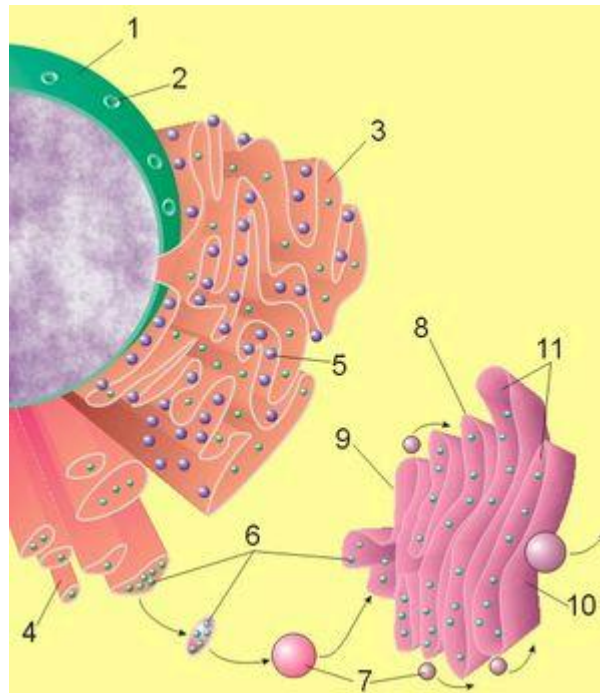
Cri-du-chat Syndrome

On peut ainsi voir que la perte d'un « petit » morceau de chromosomes peut engendrer des effets très graves.

3.2.3) Le Réticulum endoplasmique

Composé d'un ensemble de canalisations et de tubules qui se terminant par des sacs membranaires, appelés **citernes**. Le réticulum est en contact avec la membrane nucléaire (du noyau) et qui permet au contenu des citernes de communiquer avec cette membrane.

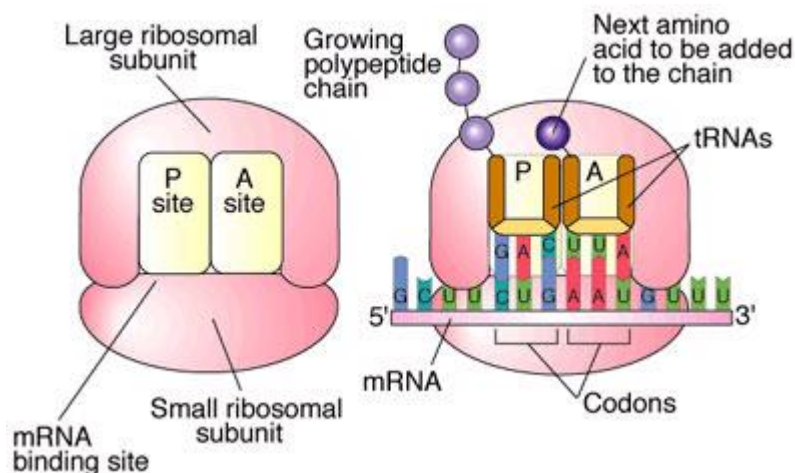
- 1) **rugueux ou granulaire** : Cette distinction est due à la présence le long du réticulum de **ribosomes** synthétisant des protéines à partir d'acides aminés à partir des instructions reçues par l'ARN- messager, ribosomes , qui ont eux-mêmes été synthétisés par le noyau.
- 2) **lisse** : intervient dans plusieurs processus métaboliques. Il participe à la synthèse de lipides (phospholipides membranaires, acides gras, stéroïdes...) et joue un rôle important dans le métabolisme des glucides, la détoxification des cellules et le stockage du calcium. Dans certains types cellulaires le REL spécialisé pour le stockage du calcium sont appelés calciosomes ou, dans les cellules musculaires réticulum sarcoplasmique.

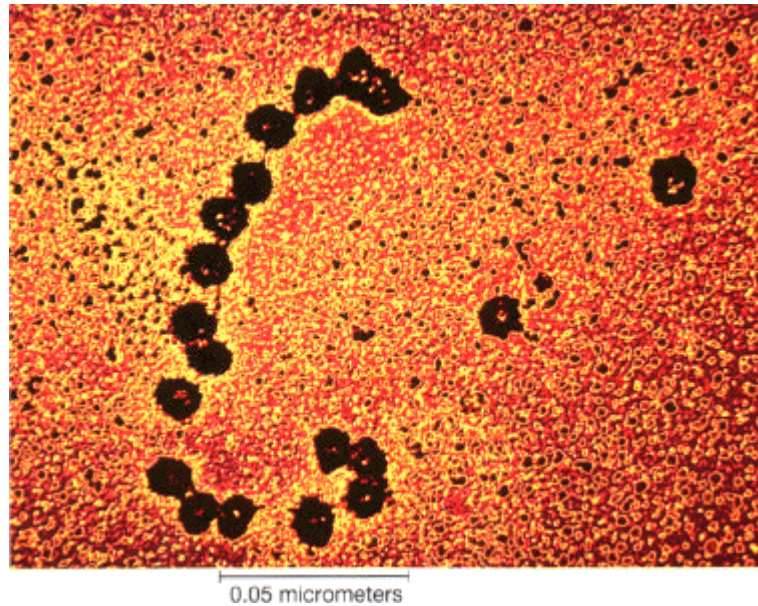


1. Noyau.
2. Pore nucléaire.
3. Réticulum endoplasmique granuleux (REG).
4. Réticulum endoplasmique lisse (REL).
5. Ribosome sur le REG.
6. Protéines transportées.
7. Vésicule golgienne.
8. Appareil de Golgi.
9. Face cis de l'appareil de Golgi.
10. Face trans de l'appareil de Golgi.

(**Les ribosomes** sont des organites spécialisés dans la fabrication des protéines, en voici un schéma : ce sont les « traducteurs des informations génétiques se trouvant dans le noyau »)

Traduction de la légende : **Large ribosomal unit** : sous-unité « lourde » du ribosome, **Small ribosomal unit** : sous-unité « légère » du ribosome, **m-RNA binding site** : site d'accrochage de l'ARN-m (ARN en provenance du noyau), **codons** : codons, **growing polypeptide chain** : chaîne polypeptidique en croissance, **t-RNA** : ARN de transfert





Ribosomes sous forme de « chaînes » au cours de la synthèse de protéines

3.2.4) L'appareil de Golgi

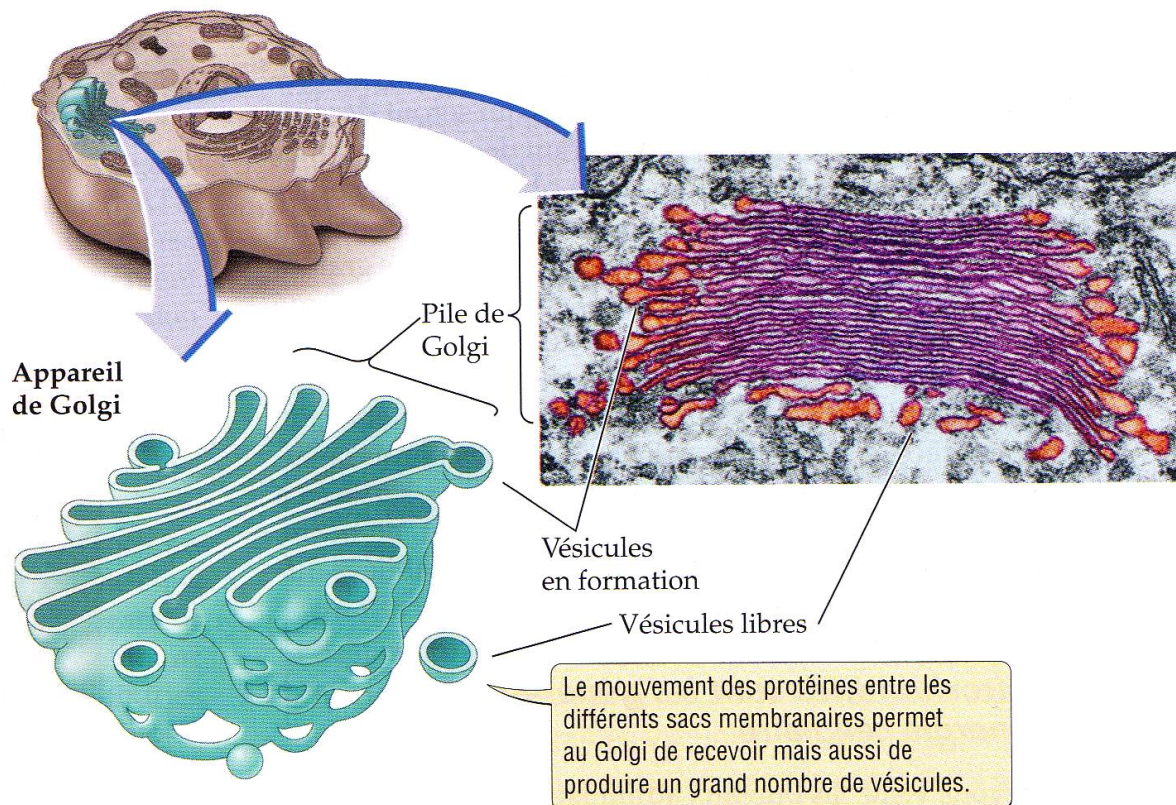
L' appareil de Golgi est l'appareil permettant le transfert des protéines et des lipides dans la cellule , c'est le « centre de distribution » .

Le schéma de l'appareil de Golgi et son fonctionnement se trouve explicité dans la figure ci-après.

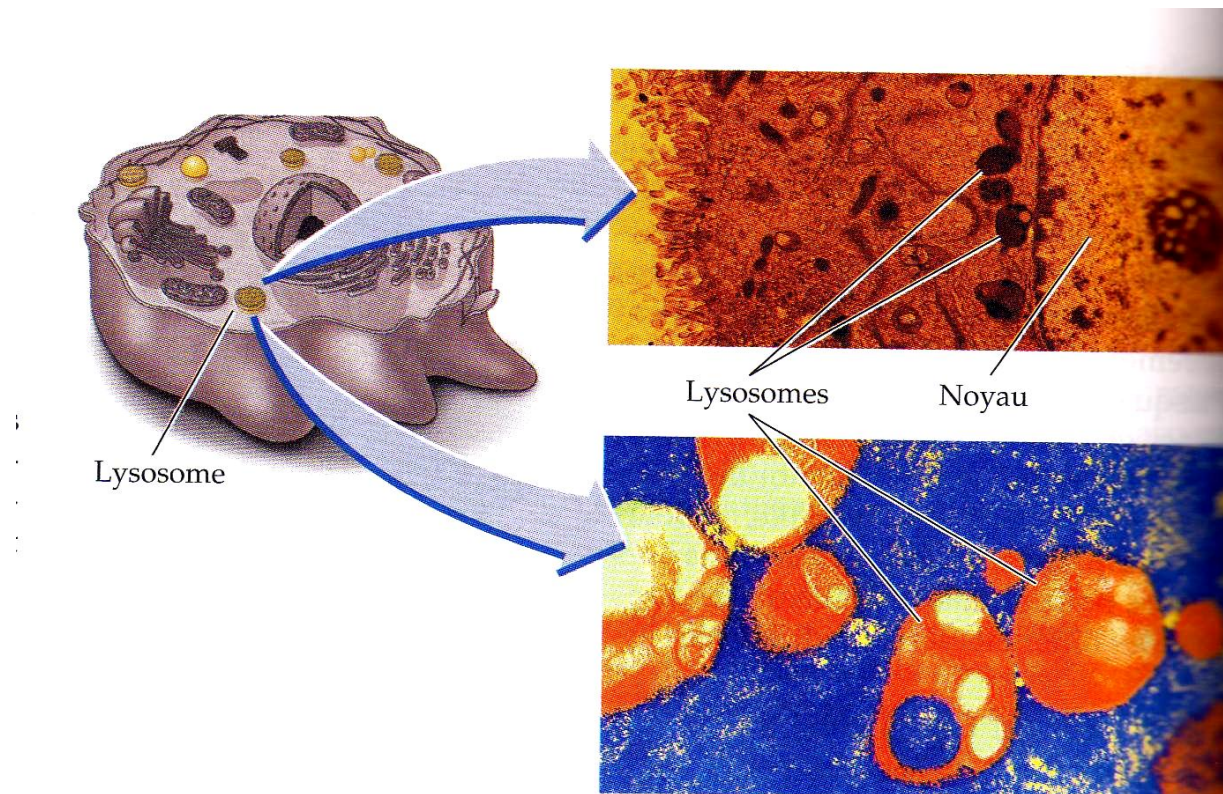
Nous renvoyons le lecteur au bouquin Découvrir La Biologie , De Boeck Editeur, 2006 , p.111 et ssq pour une description plus détaillée)

Figure 6.5 Comment les protéines et les lipides se déplacent au moyen des vésicules

Les protéines et les lipides se déplacent entre le RE et l'appareil de Golgi et entre les différentes citernes du Golgi à l'aide de sacs membranaires de petite taille, appelés les vésicules. Le bourgeonnement et la fusion de vésicules permettent le transport des protéines du RE à travers l'appareil de Golgi et vers d'autres compartiments cellulaires.



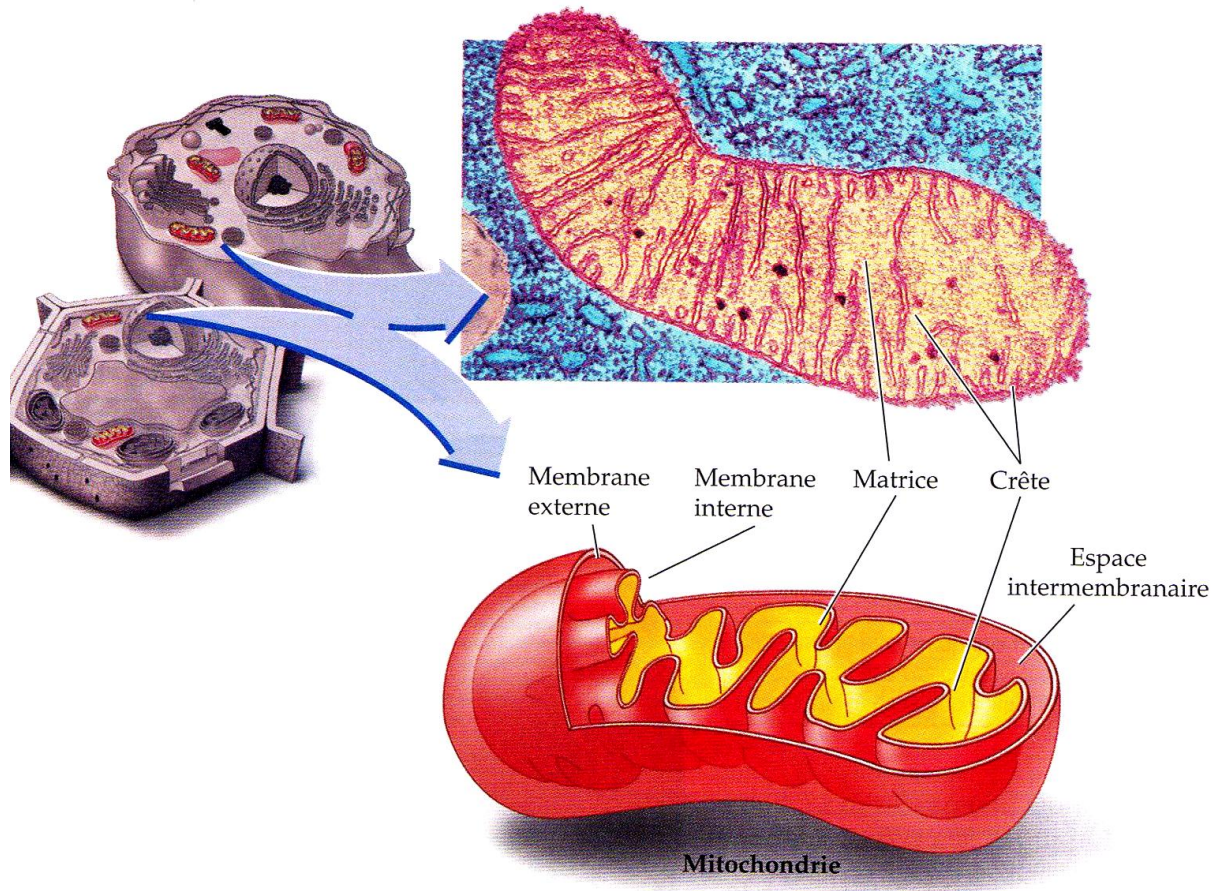
3.2.5) Les lysosomes



Les lysosomes sont des vésicules spécialisées de formes variables contenant des enzymes destinées à la scission de molécules organiques (graisses, protéines, sucres) . Le pH (l'acidité) est de 5 (acidité moyenne).

Ces vésicules sont l'appareil digestif de la cellule . (voir figures ci-dessus)

3.2.6) Les mitochondries



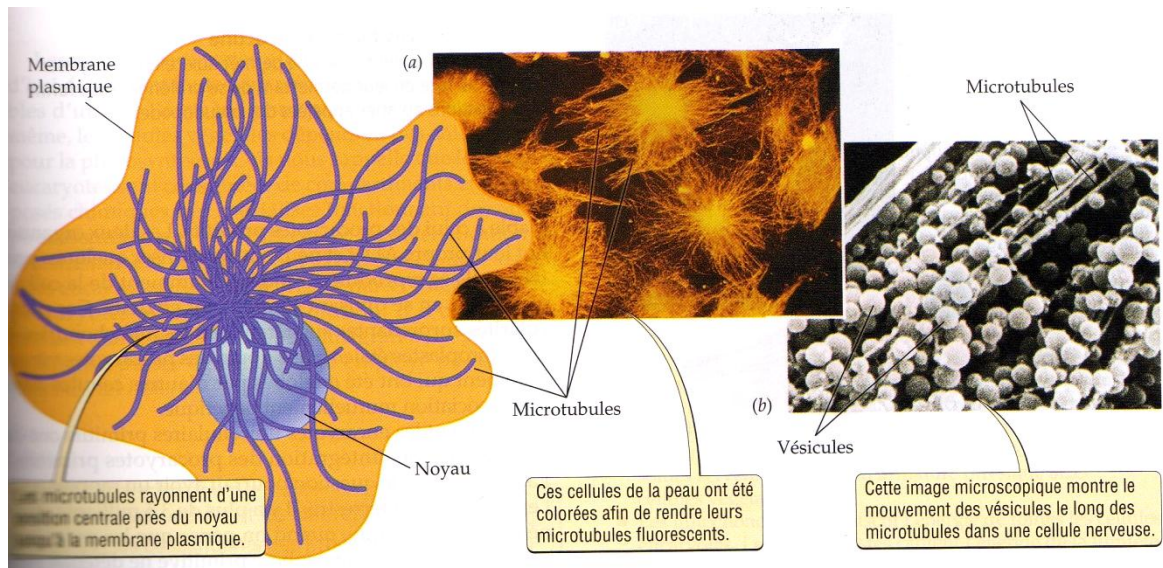
Les mitochondries sont entourées de 2 membranes , la membrane interne présente des invaginations (appelées « crêtes ») , au niveau des crêtes , la mitochondrie transforme les sucres en énergie via le cycle de Krebs , pour former de l'ATP (Adénosine TriPhosphate).

Ceci leur confère le rôle **de centrale énergétique de la cellule.**

A l'intérieur de la mitochondrie se trouve une matière appelée matrice ; de plus, la mitochondrie contient de l'ADN , ce qui tendrait à prouver qu'en fait, la mitochondrie serait un organisme genre bactérie qui se serait intégré aux cellules eucaryotes primitives.

3.2.7) Le cytosquelette

Partant du centrosome , les filaments du cytosquelette jouent un rôle primordial à la fois dans le maintien de la forme cellulaire mais aussi dans les mouvements (soit au cours de la division cellulaire, v. infra, soit lorsque les « cellules se meuvent comme les amibes , par exemple)



3.2.8) La membrane cytoplasmique

Entourant toute cellule (animale ou végétale) , la membrane cytoplasmique est un système permettant les échanges avec l'extérieur .

Plusieurs types de modèles ont été développés par les biochimistes pour essayer de simuler ce composant essentiel de la cellule

Voici un schéma d'une membrane suivant le modèle de la mosaïque fluide

(Tiré de Biologie, RAVEN AND JOHNSON et al..., De Boeck, 2007)

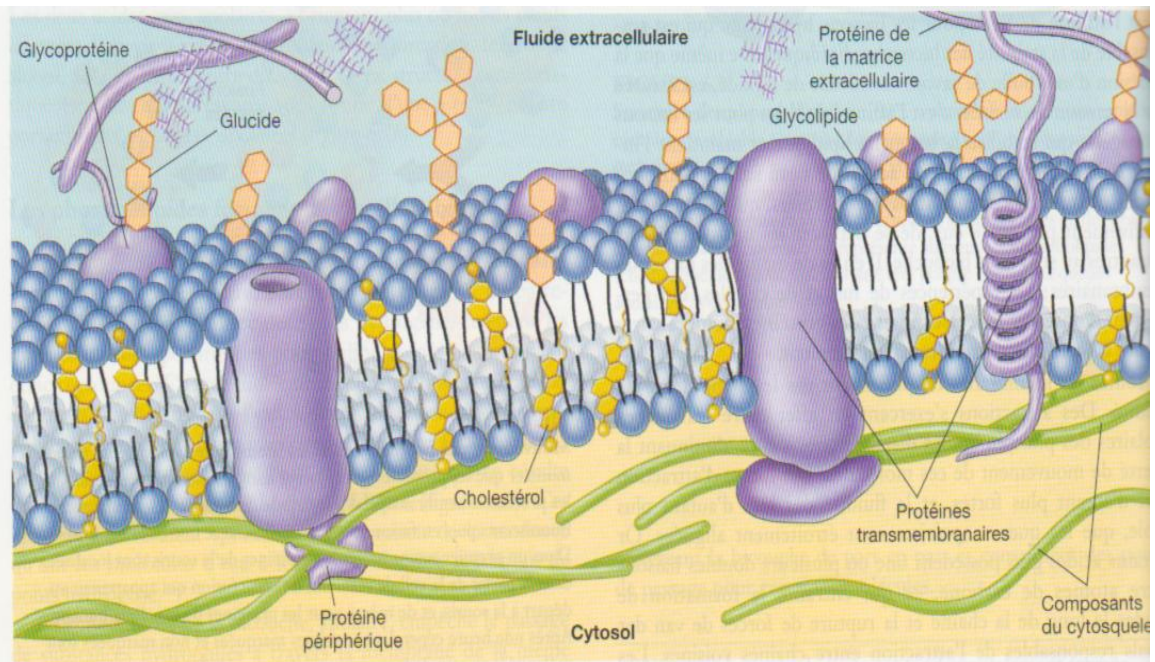


FIGURE 6.5

Le modèle de la mosaïque fluide. Les membranes plasmiques des cellules animales sont hérissées de protéines diverses dont les régions apolaires sont maintenues dans la partie interne apolaire des membranes. On y trouve trois classes importantes de protéines: les transporteurs, les récepteurs et marqueurs de surface. Des chaînes glucidiques sont souvent fixées aux portions externes de ces protéines de même qu'aux phospholipides membranaires. Ces chaînes oligosaccharidiques constituent des signes distinctifs des différents types cellulaires.

Composant	Composition	Fonction	Mode d'action	Exemple
Bicouche de phospholipides	Phospholipides	Constitue une barrière imperméable et une matrice pour des protéines	Empêche le passage de molécules polaires à travers la zone interne apolaire de la bicouche	La bicouche est imperméable aux molécules hydrophiles, par exemple au glucose
Protéines membranaires	Transporteurs	Transport actif et passif de molécules à travers la membrane	Assiste les molécules dans leur traversée de la membrane par des changements de conformation	Glycophorine; pompe sodium-potassium
	Canaux	Transport passif de molécules à travers la membrane	Crée un tunnel à travers la membrane	Canaux sodium et potassium dans les cellules nerveuses
	Récepteurs	Transmission de l'information à la cellule	Des molécules d'adressage se fixent sur la portion externe du récepteur, modifiant ainsi la portion cytoplasmique de celui-ci, ce qui induit une réaction	Des récepteurs spécifiques fixent des hormones peptidiques et des neuromédiateurs
Structure protéique	Spectrines	Contrôle la forme de la cellule	Constitue un échafaudage sous-jacent à la membrane qui relie celle-ci au cytosquelette	Érythrocytes
	Clathrines	Fixe certaines protéines en des sites spécifiques, en particulier à la surface externe de plages de la membrane plasmique impliquées dans l'endocytose médiée par récepteurs	Les protéines bordent les puits recouverts, où elles fixent des molécules spécifiques	Positionnement de lipoprotéines de faible densité dans les puits
Marqueurs de surface	Glycoprotéines	Reconnaissance du soi	Constitue des glycoprotéines caractéristiques des individus	Complexe majeur d'histocompatibilité reconnu par le système immunitaire
	Glycolipide	Reconnaissance tissulaire	Constitue une chaîne de glycolipide spécifique du tissu concerné	Marqueurs des groupes sanguins A, B, O

La membrane a pour rôles essentiels :

- Une « protection » du cytoplasme,
- Certaines molécules (glycolipides, glycoprotéines, notamment) permettent une reconnaissance tissulaire (ex les marqueurs des groupes sanguins des globules rouges)
- Certaines molécules contrôlent la forme de la cellule (spectrines)
- D'assurer une **perméabilité sélective** (certaines molécules peuvent entrer , d'autres pas)

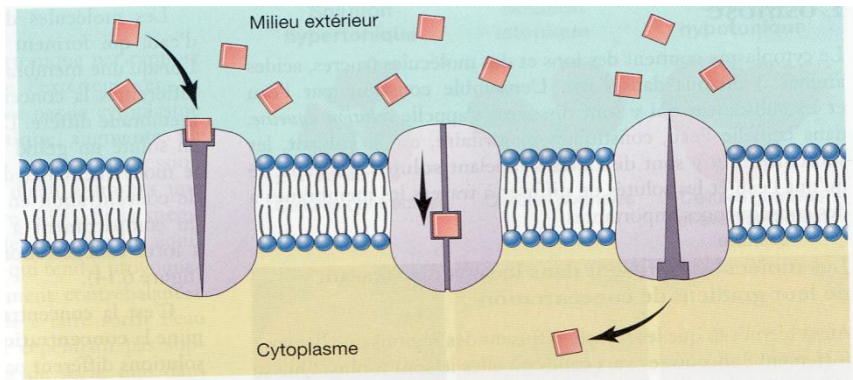
- Le passage peut se faire par **processus passifs (sans énergie)** :

Exemple :

- 1) Le sucre se dissolvant dans l'eau diffuse passivement dans la solution

Cette diffusion passive peut également être facilitée par des protéines traversant la membrane (ce sont des canaux spécifiques à certaines molécules) comme le montre la figure ci-après

- 2) Des molécules diffusent au travers d'un canal protéinique (en général molécules polaires)

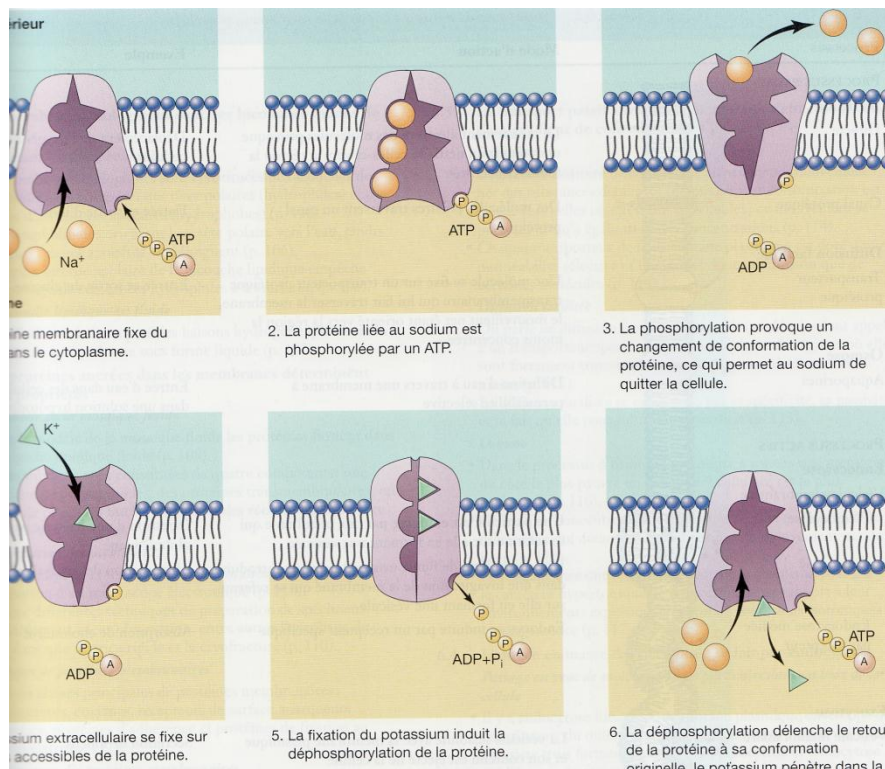


Il existe plusieurs types de processus passifs , nous les résumons , ainsi que les processus actifs , dans le tableau

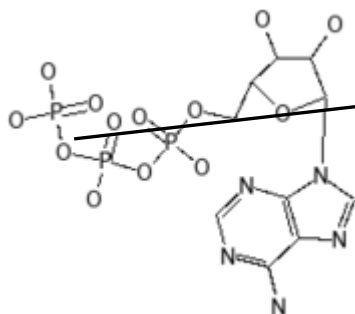
- Le passage peut également se faire par **processus actif (avec énergie)**

1) Les pompes (pompe à Na^+/K^+)

Cette pompe est très importante car elle permet de maintenir une concentration élevée de K^+ à l'intérieur des cellules (les neurones sont riches en ces pompes car le flux électrique est dû à une différence de potentiel entre les ions Na^+ et K^+ , cette différence de potentiel induit un courant électrique)



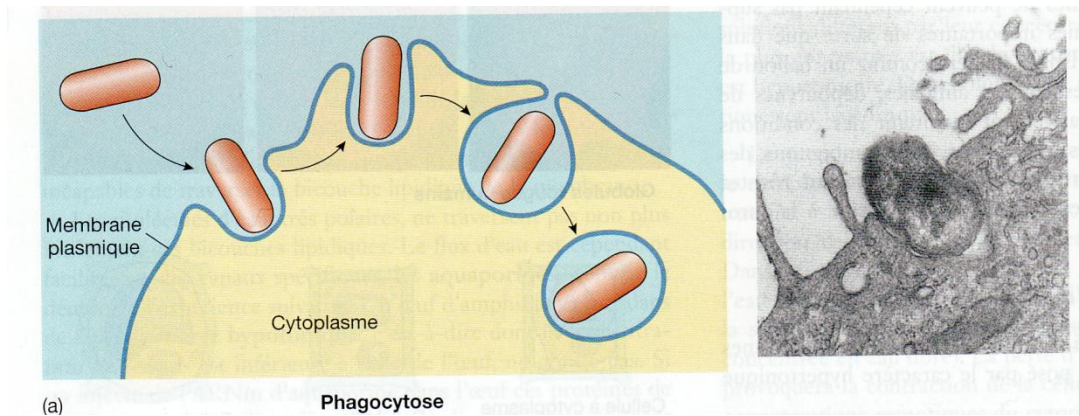
Le schéma ci-dessus montre la « pompe à Na^+/K^+ », cette dernière utilise l'ATP comme source d'énergie (l'hydrolyse de l'ATP en ADP + P fournit de l'énergie)



Lien triphosphate
hydrolysé dans l'
ATP

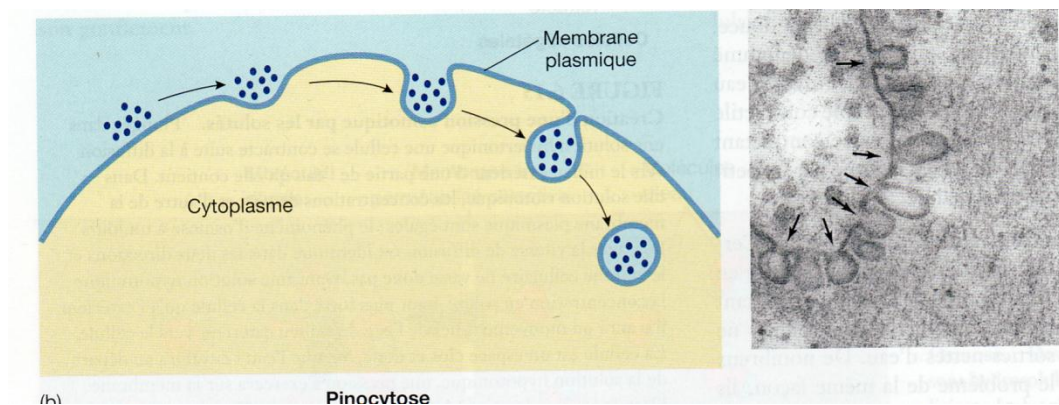
2) Les processus d'entrée et ou de sortie « en vrac » (grosses molécules ou particules)

2.1) Particules solides : ce processus est la **phagocytose**



La membrane se « déforme » et émet des « pseudopodes » qui entourent l'objet à phagocyter (bactérie dans le cas des globules blancs, ...) . La figure ci-dessus représente la phagocytose d'une bactérie par une cellule (schéma et observation au ME).

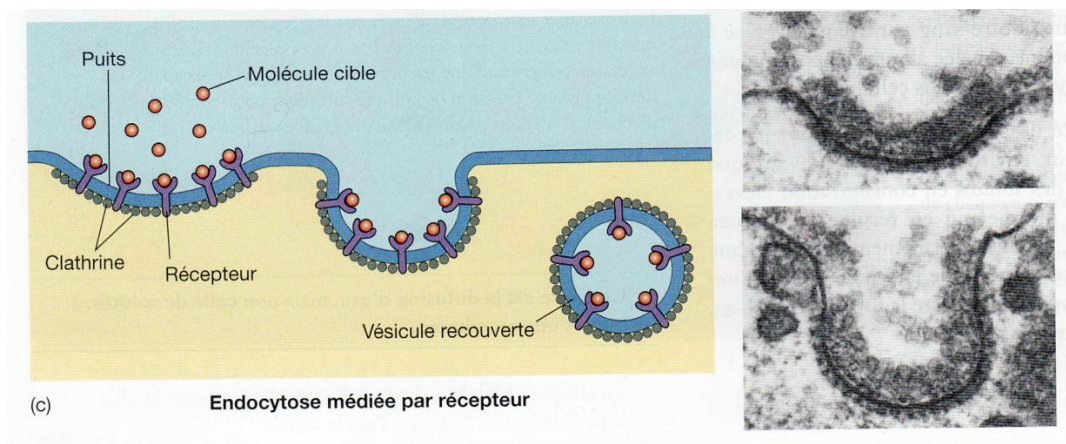
2.2) Particules liquides : la **pinocytose**



Le principe est identique à la phagocytose, à part que la particule est remplacée par un liquide

2.3) L'endocytose modulée par des récepteurs spécifiques

Dans ce cas , les molécules sont « fixées » sur des sites spécifiques , elles sont ensuite reconnues par la cellule et elles sont , alors, incorporées dans cette dernière comme le montre la figure ci-après.



Vues en 3-D de cellules animale –végétale et procaryote (Découvrir La Biologie, De Boeck (2006))

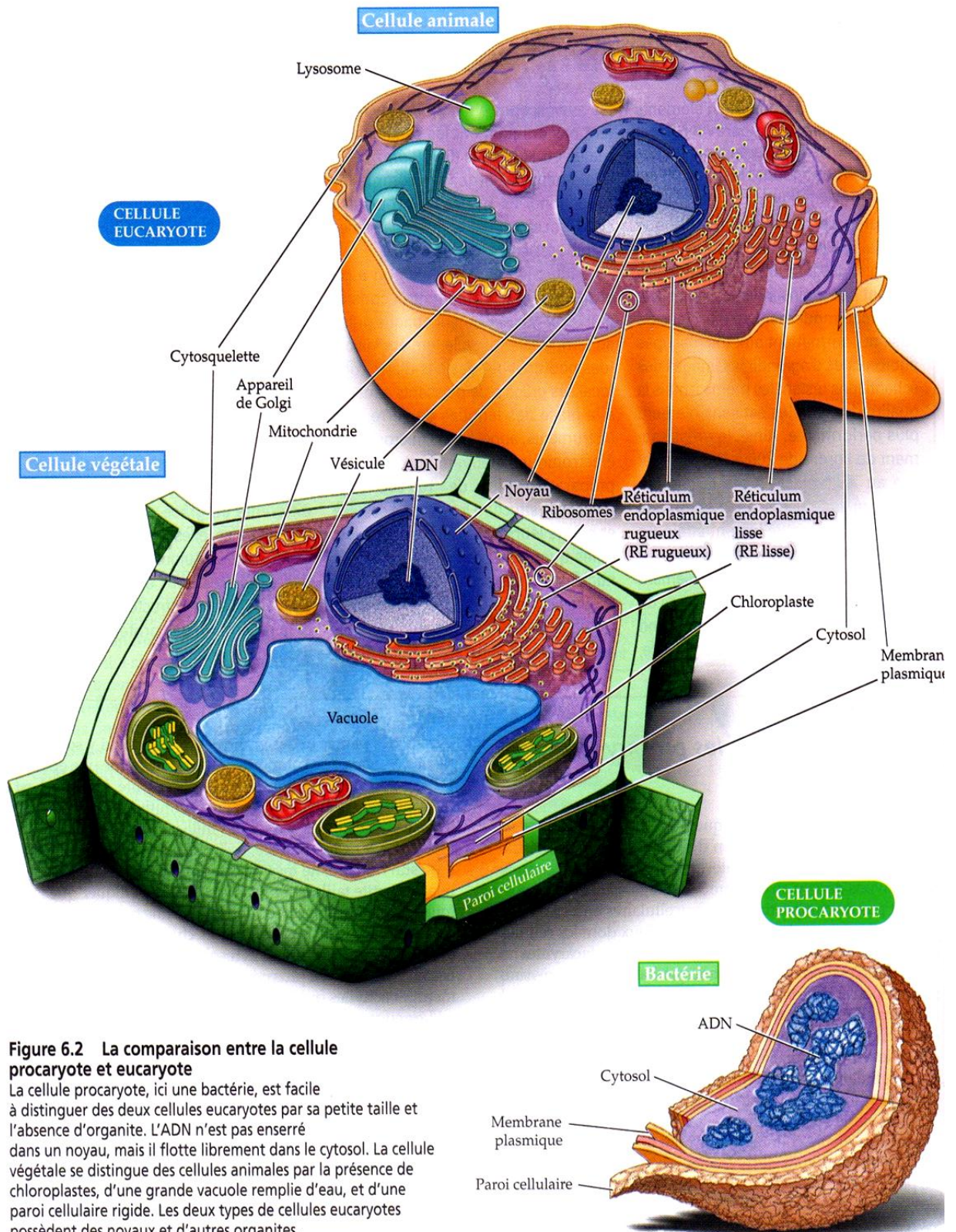


Figure 6.2 La comparaison entre la cellule procaryote et eucaryote

La cellule procaryote, ici une bactérie, est facile à distinguer des deux cellules eucaryotes par sa petite taille et l'absence d'organite. L'ADN n'est pas enserré dans un noyau, mais il flotte librement dans le cytosol. La cellule végétale se distingue des cellules animales par la présence de chloroplastes, d'une grande vacuole remplie d'eau, et d'une paroi cellulaire rigide. Les deux types de cellules eucaryotes possèdent des noyaux et d'autres organites.

ANALOGIE ENTRE UNE CELLULE ANIMALE ET UNE INDUSTRIE

ORGANITE(S) DE LA CELLULE ANIMALE	DANS UNE USINE
1) Le Noyau	<u>1) Il s'agit du bureau d'études qui possède le plan des pièces à préparer , il s'agit aussi de l'administration centrale qui règle le tout et de la direction</u>
2) Le Réticulum endoplasmique	2) Il s'agit de la <u>chaîne de fabrication</u> des différents produits (à l'aide des matières premières (ces dernières proviennent d'autres cellules animales et/ou végétales)
3) Les ribosomes	3) <u>Les « ouvriers »</u>
4) Les lysosomes	4) <u>L' « entretien et le nettoyage »</u>
5) Les mitochondries	5) <u>Les fournisseurs d'énergie</u>
6) L'appareil de Golgi	6) <u>Les transporteurs de produits finis</u>
7) Le cytosquelette et les centrosomes	7) <u>Les machines de manutention et la charpente de l'usine</u>

LA DIVISION CELLULAIRE

1) Introduction

La cellule doit se diviser pour assurer soit :

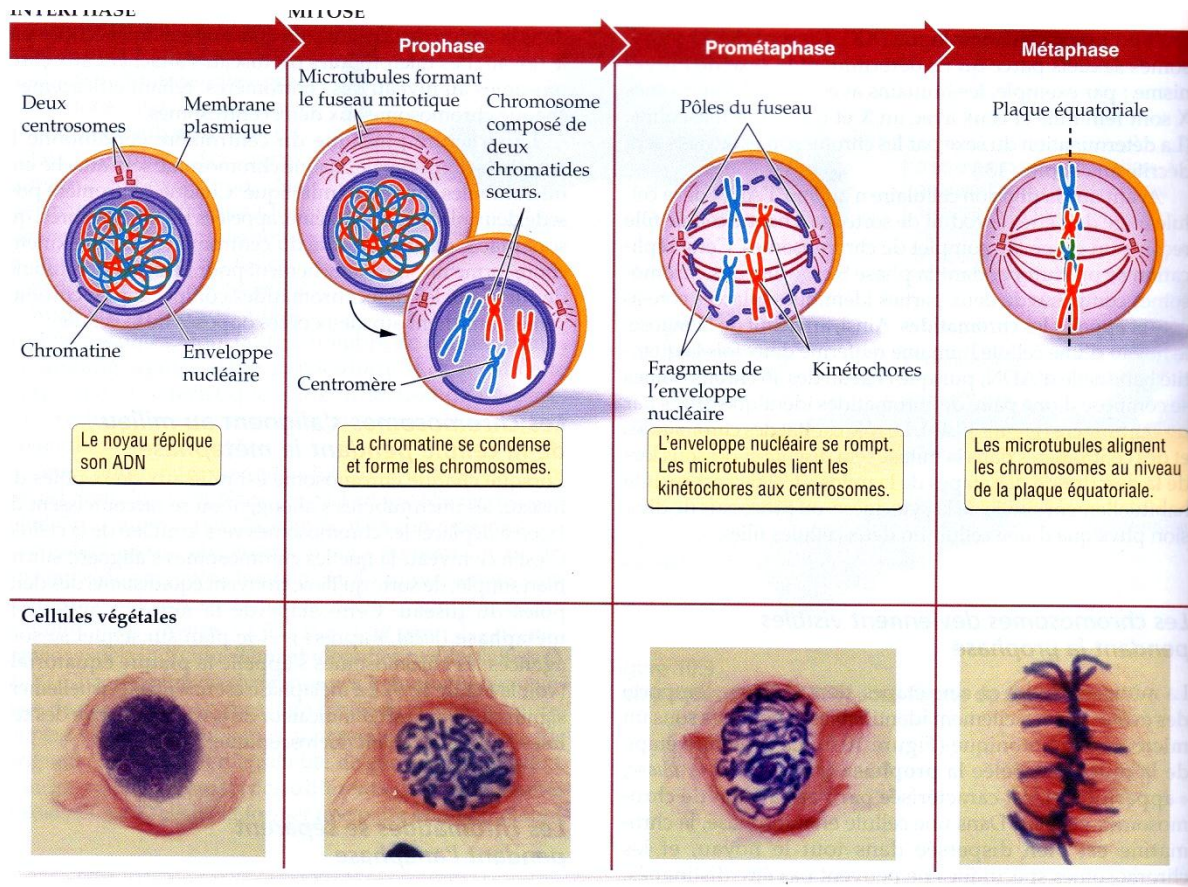
1. le développement embryonnaire,
2. la croissance générale des organismes depuis la naissance jusqu'à la taille adulte,
3. la croissance continue de certains organismes et/ou organes ; par exemple les arbres, les cheveux, les dents chez les ruminants, les ongles, ...
4. pour renouveler les cellules mortes ; par exemple les cellules cutanées, les globules rouges, ...
5. pour assurer la cicatrisation,
6. pour conserver l'identité cellulaire lors du développement et du renouvellement des cellules appartenant aux mêmes organes, tissus, ...
7. suite à des dérèglements : les cancers, ...

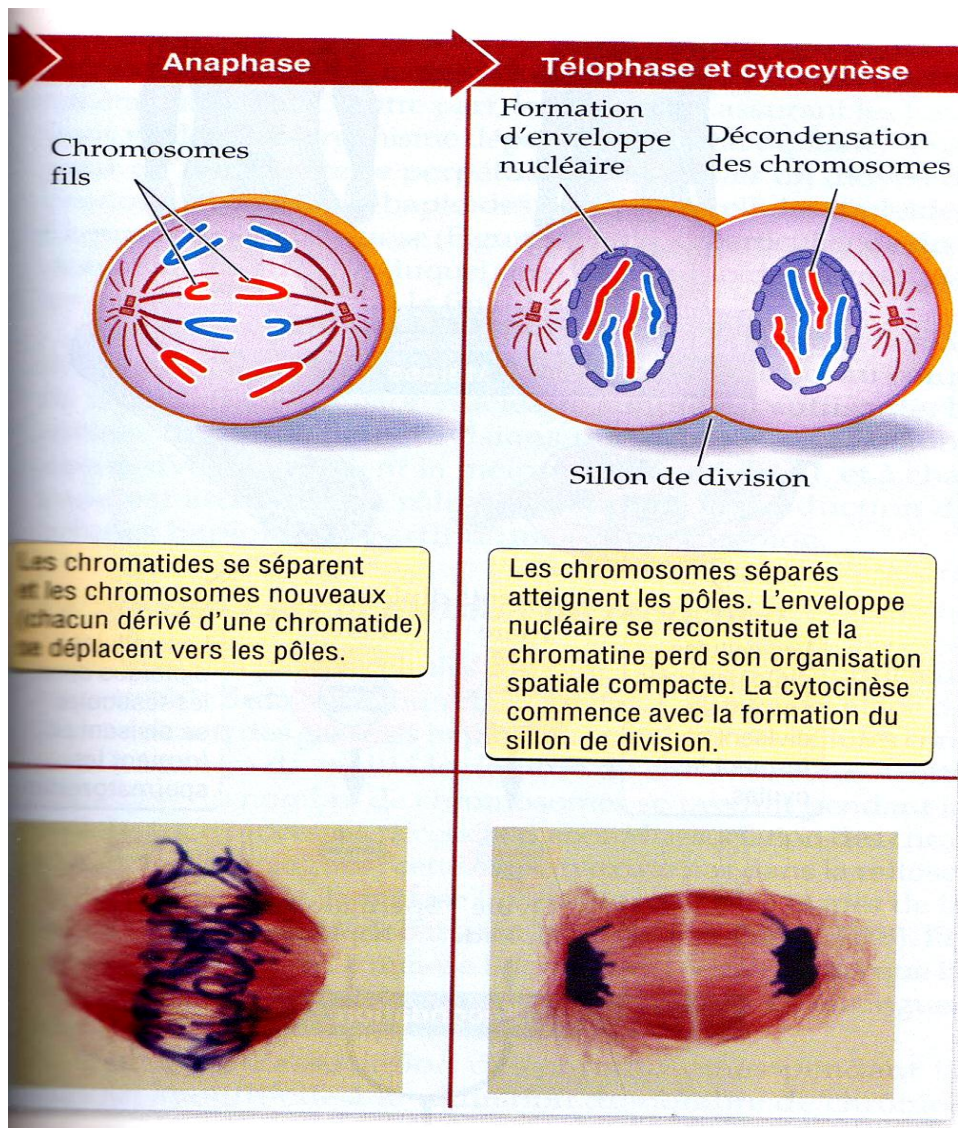
Ce type de division est dite **équationnelle ou mitose** : le nombre de chromosomes présents dans la cellule ne change pas : il reste toujours le même

Un autre type de division cellulaire existe aussi dans les cellules sexuelles , dans ce cas, le nombre de chromosomes se **réduit de moitié** , on appelle ce type de division , une division **réductionnelle ou méiose**

2) La mitose

Nous allons illustrer ce processus par une série de figures et leurs correspondants photographiques





La mitose se compose de 4 phases différenciées :

Durant l'interphase , l' ADN du noyau se duplique (double)

A. La mitose ou division équationnelle

Elle comprend 4 phases principales

1) La **PROPHASE** :

1.a) Les microtubules forment un faisceau mitotique,

1.b) Les chromosomes composés de 2 chromatides sœurs se forment , ils commencent à migrer et l'enveloppe nucléaire disparaît

2) La METAPHASE

Les chromosomes s'alignent au niveau de la plaque équatoriale (endroit de division des cellules)

3) L'ANAPHASE

Les chromosomes se séparent et les chromosomes nouveaux (chacun dérivé d'une chromatide), se déplacent vers les « pôles » de la cellule .

4) La TELOPHASE (et la cytokinèse)

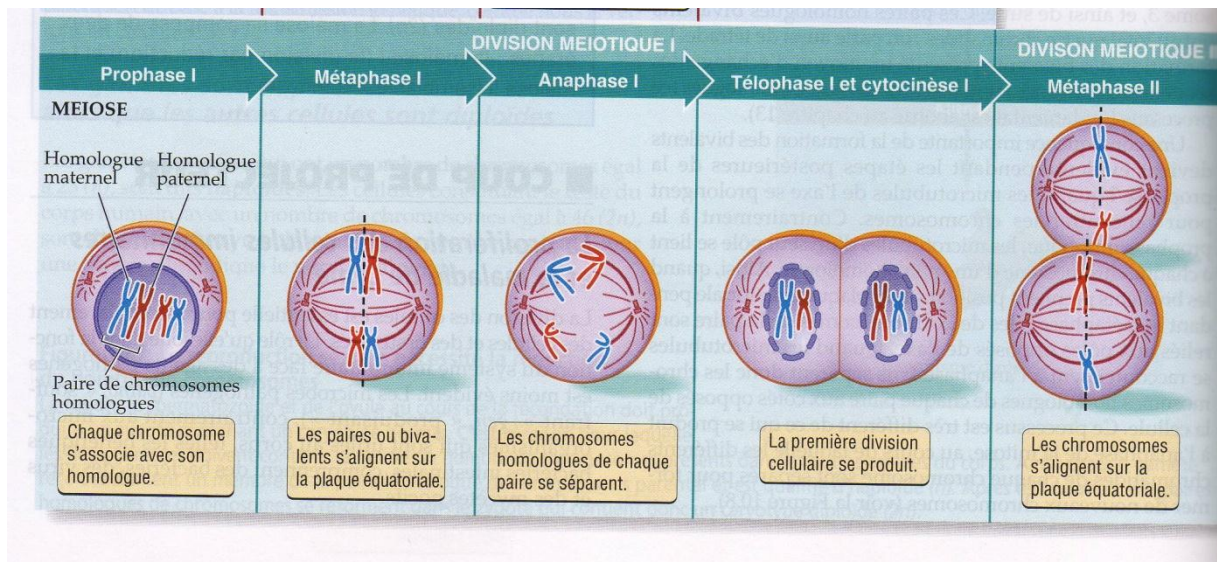
Les chromosomes arrivent aux pôles , la membrane nucléaire se reforme , la chromatine reprend son « aspect normal ». Un sillon de division des cellules apparaît ensuite.

B. La méiose ou division réductionnelle

C'est la division qui se passe essentiellement dans les cellules sexuelles pour donner les gamètes mâles et/ou femelles

En fait il s'agit de 2 divisions successives « une méiotique » et ensuite une « mitotique »

Méiose : phase 1



Méiose : phase 2

