

Chapitre 3

Le cytoplasme

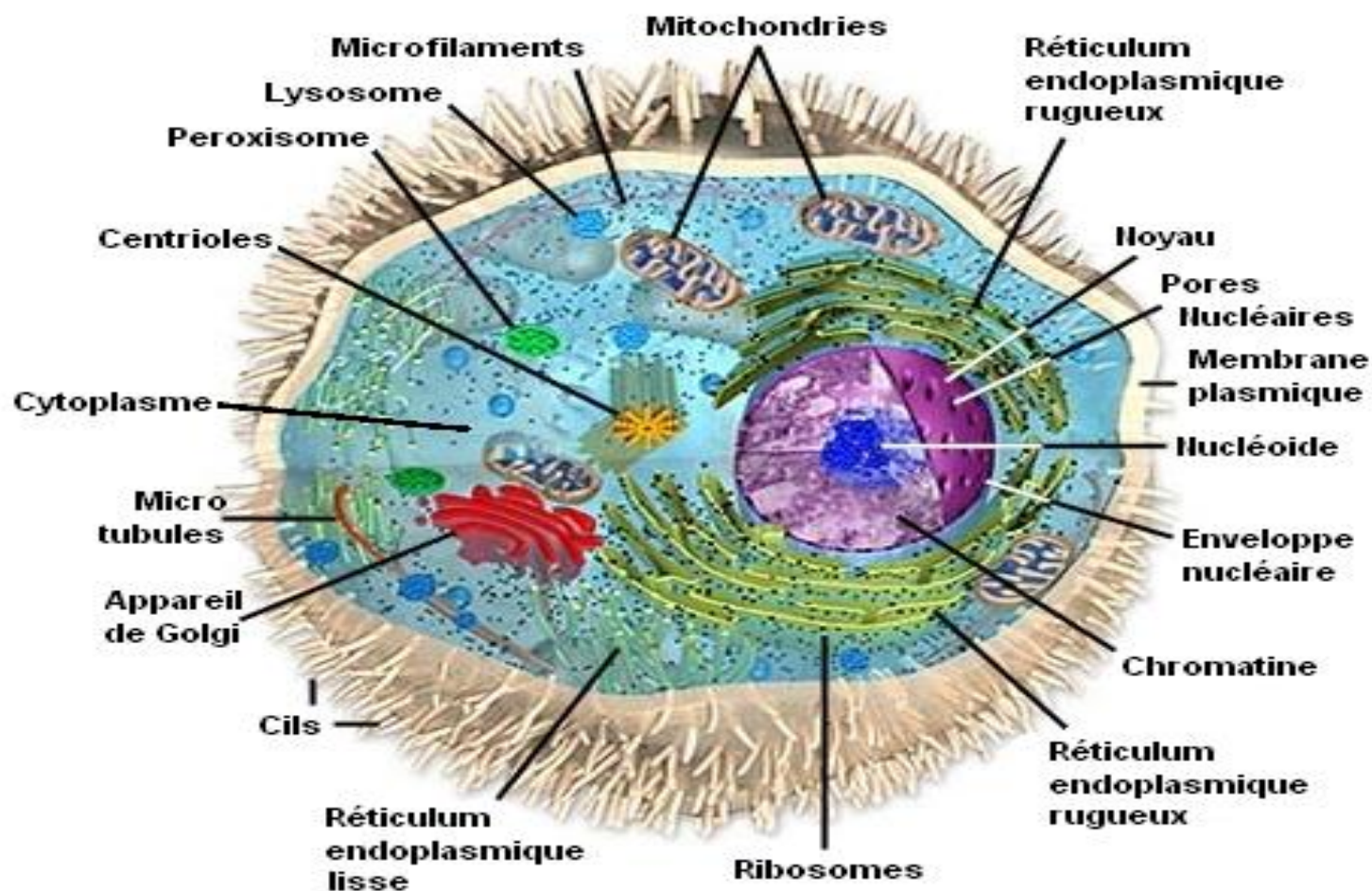
Définition

Le cytoplasme est un **milieu plus ou moins visqueux** où baignent les **inclusions inertes**, le **cytosquelette** et les **organites cellulaires**.

C'est le lieu du **métabolisme** cellulaire (synthèse et dégradation des molécules). Au MO, il apparaît translucide et vide.

Le cytoplasme se compose:

- eau: 70 %
- ions (sodium, potassium, chlore, calcium,.....)
- petites molécules (sucres, acides gras, acides aminés,.....)
- Molécules de poids moléculaire élevé (protéines, lipides et glucides)



A/ Inclusions inertes

Les molécules de **haut poids moléculaire**, contenues dans le cytoplasmes constituent les inclusions inertes:



Structure granuleuse

- *particules de glycogène
- *gouttelettes lipidiques
- *protéines
- *déchets métaboliques
- *etc



structure fibreuse

- *microfilaments
- *microtubules

B/ Cytosquelette

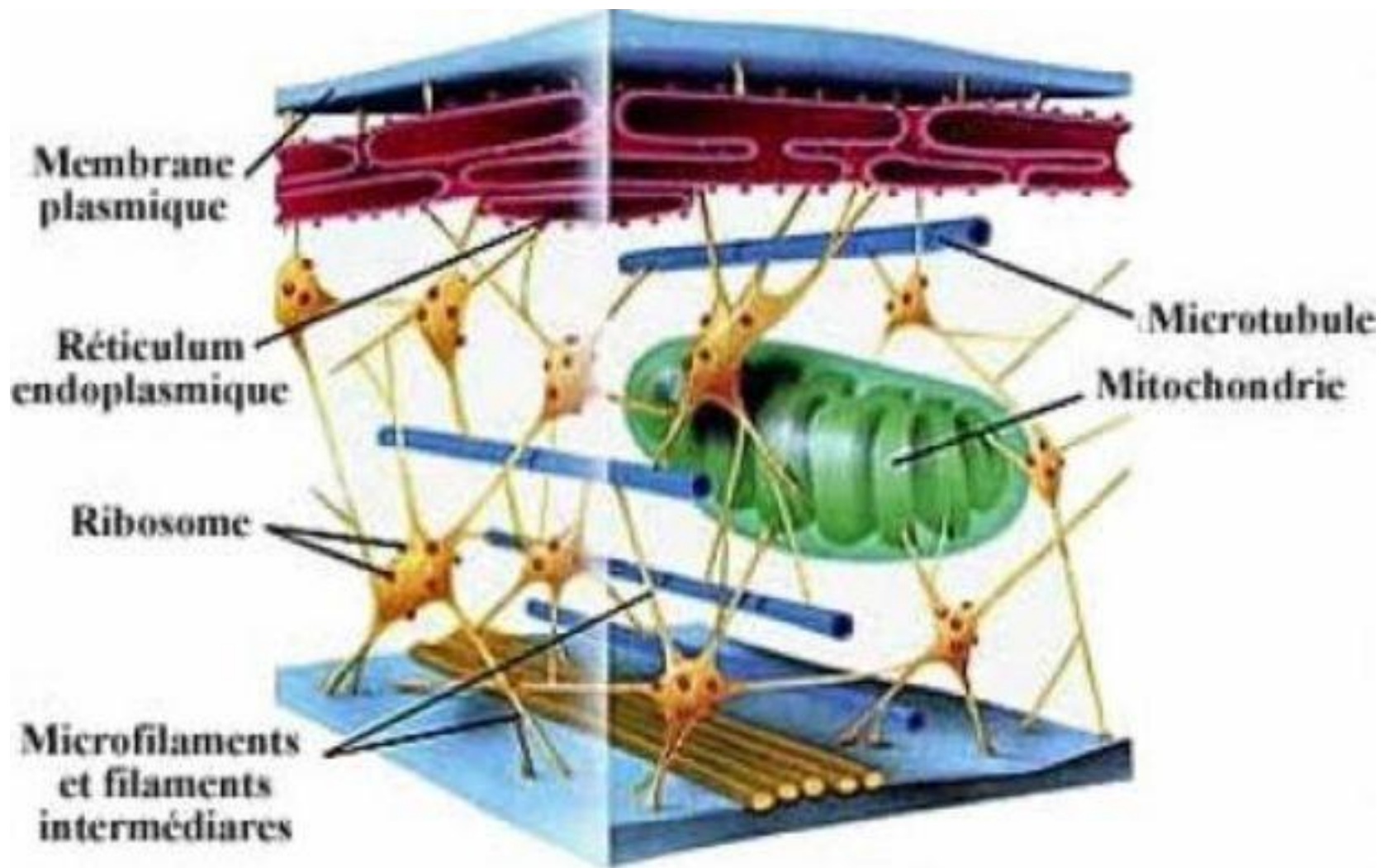
C'est le **squelette ou charpente** de la cellule, formée de **protéines filamenteuses étalées dans toute la cellule** et visible uniquement au microscope électronique.

Selon leur diamètre, on distingue 3 types de filaments du cytosquelette:

Microfilaments: 6-8 nm de diamètre

Filaments intermédiaires: 8-11 nm de diamètre

Microtubules: 20-30 nm de diamètre



Représentation schématique du cytosquelette

1/ Microfilaments

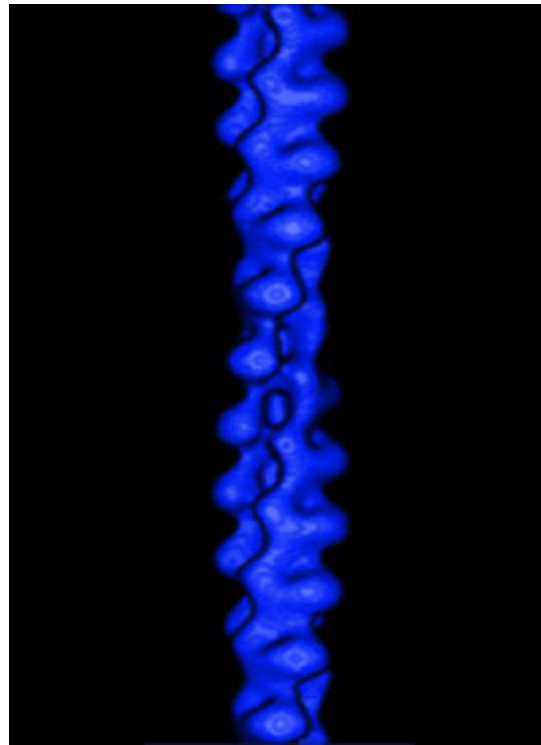
Présents dans toutes les cellules où ils sont généralement **périphériques** et organisés en faisceau ou en réseau.

Ils assurent des rôles variés:

- la contraction musculaire
- la division cellulaire
- le maintien de la forme tridimensionnelle de la cellule
- les courants cytoplasmiques: guidage et déplacement des molécules, etc.

Organisation moléculaire

Plusieurs monomères **d'actine G** ou **actine globulaire** s'associent entre eux pour former **l'actine fibrillaire** ou **actine F**, qui est une chaîne torsadée, contractile et polarisée.



Organisation moléculaire des microfilaments d'actine

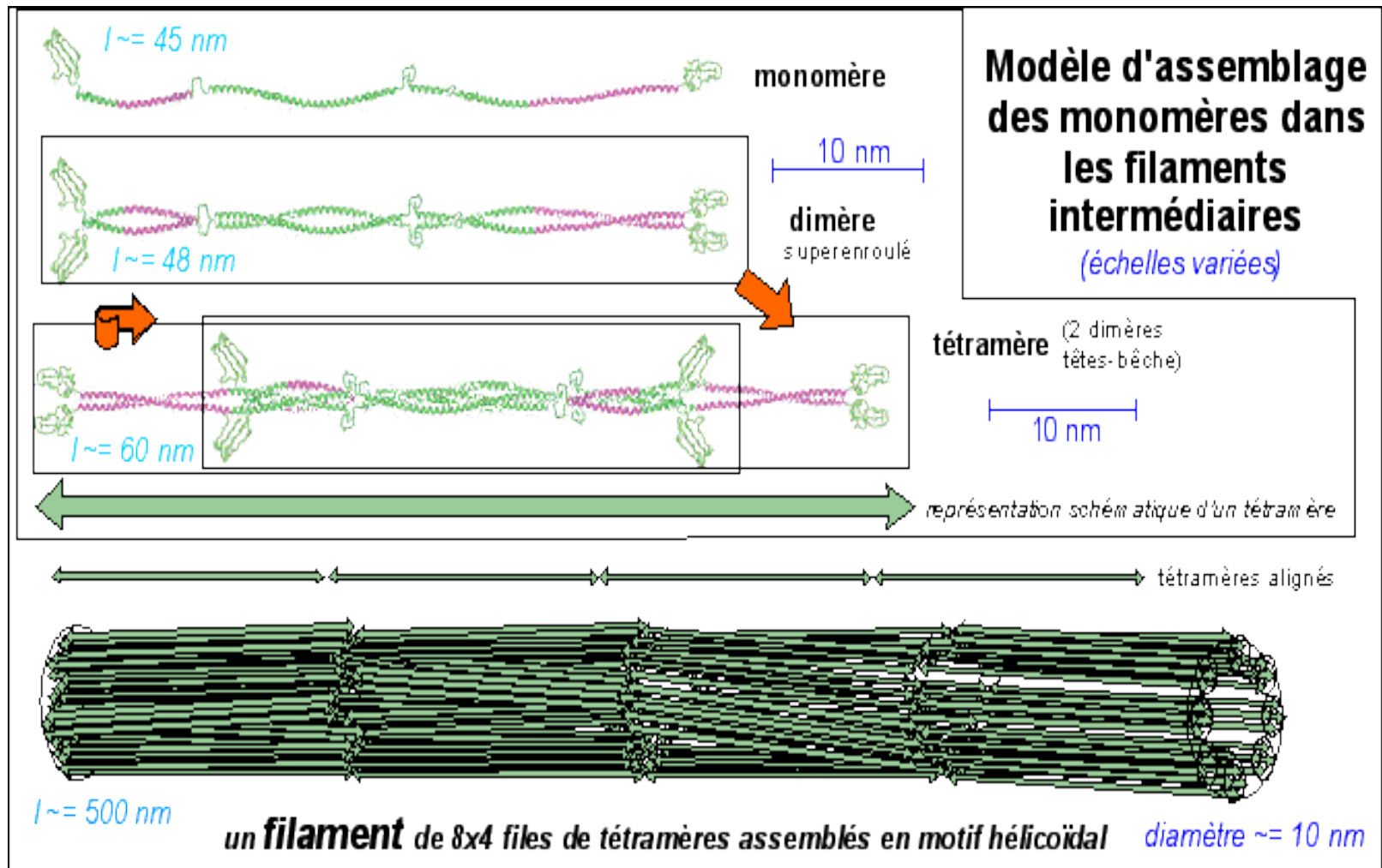
2/ Filaments intermédiaires

Ce sont des **protéines fibreuses**, stables, conférant à la cellule sa forme tridimensionnelle et une résistance à l'étirement mécanique.

Ils constituent **le squelette vrai de la cellule** et sont présents dans la plupart des cellules.

Organisation moléculaire

Le monomère des filaments intermédiaires est une protéine fibreuse, de nature variable selon le type cellulaire. Elle est allongée en bâtonnet avec les 2 bouts de forme globulaire. Les monomères s'organisant en dimères puis en tétramères forment un filament intermédiaire avec un aspect de cordage.



Organisation moléculaire des filaments intermédiaires

3/ Microtubules

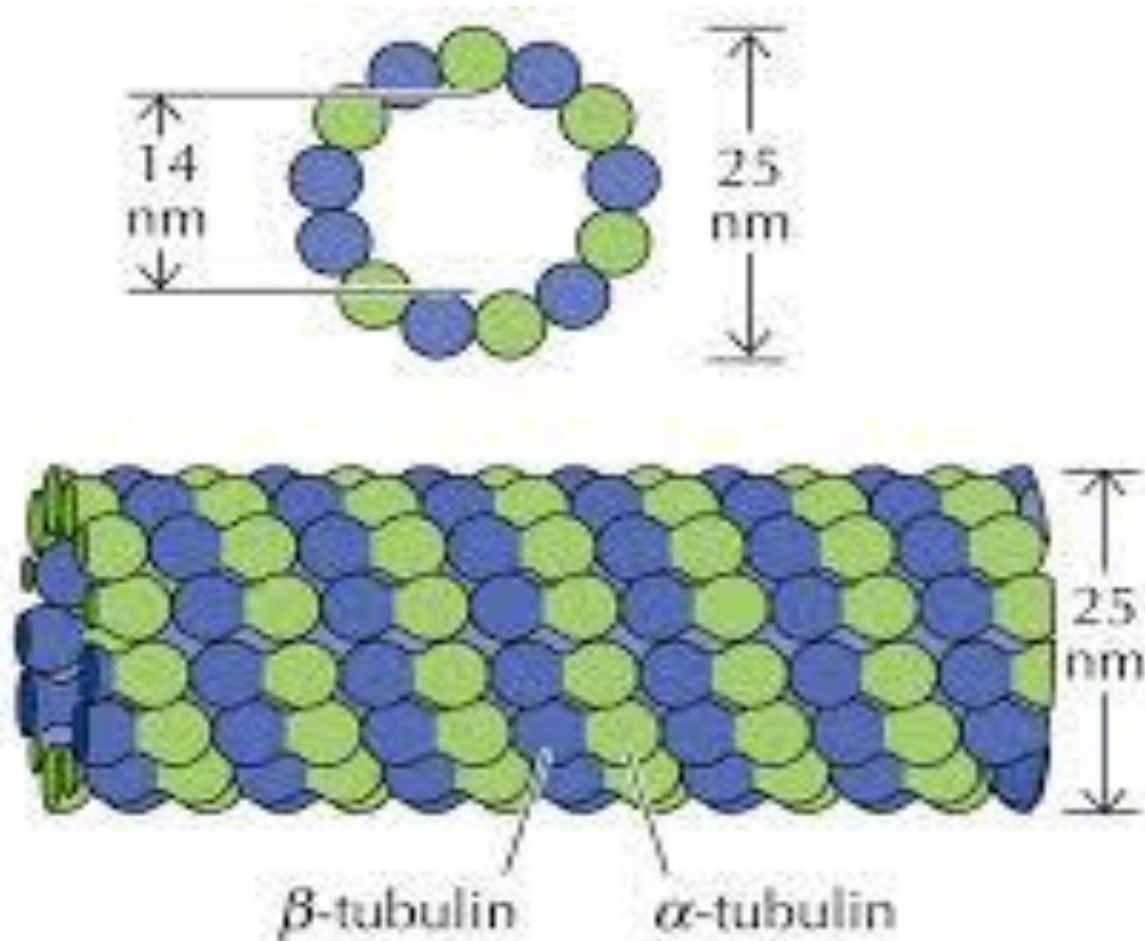
Petits tubes protéiques et rigides ($L = 20 \mu\text{m}$), assurant en collaboration avec les microfilaments d'actine:

- le maintien de la forme cellulaire,
- la division cellulaire,
- les courants cytoplasmiques et le guidage du transport intracellulaire.

Organisation moléculaire

Les microtubules sont des hétéropolymères de **tubulines α et β** qui s'associent pour former un **protofilament**.

Environ 13 protofilaments constituent un microtubule.



© 2012 Pearson Education, Inc. All rights reserved. Figure 15-40

Organisation moléculaire d'un microtubule

C/ Les organites cellulaires

a/ Réticulum endoplasmique

Il se présente sous 2 formes dans la cellule



**Réticulum endoplasmique
rugueux (REG)**



**Réticulum endoplasmique
lisse (REL)**

Réticulum endoplasmique rugueux (REG)

Ensemble de **cavités aplaties** et présentent des **ribosomes** sur la face cytoplasmique.

Ces ribosomes assurent la **synthèse des protéines**.

Le REG est abondant dans les cellules sécrétrices de protéines (exp: cellules du pancréas)

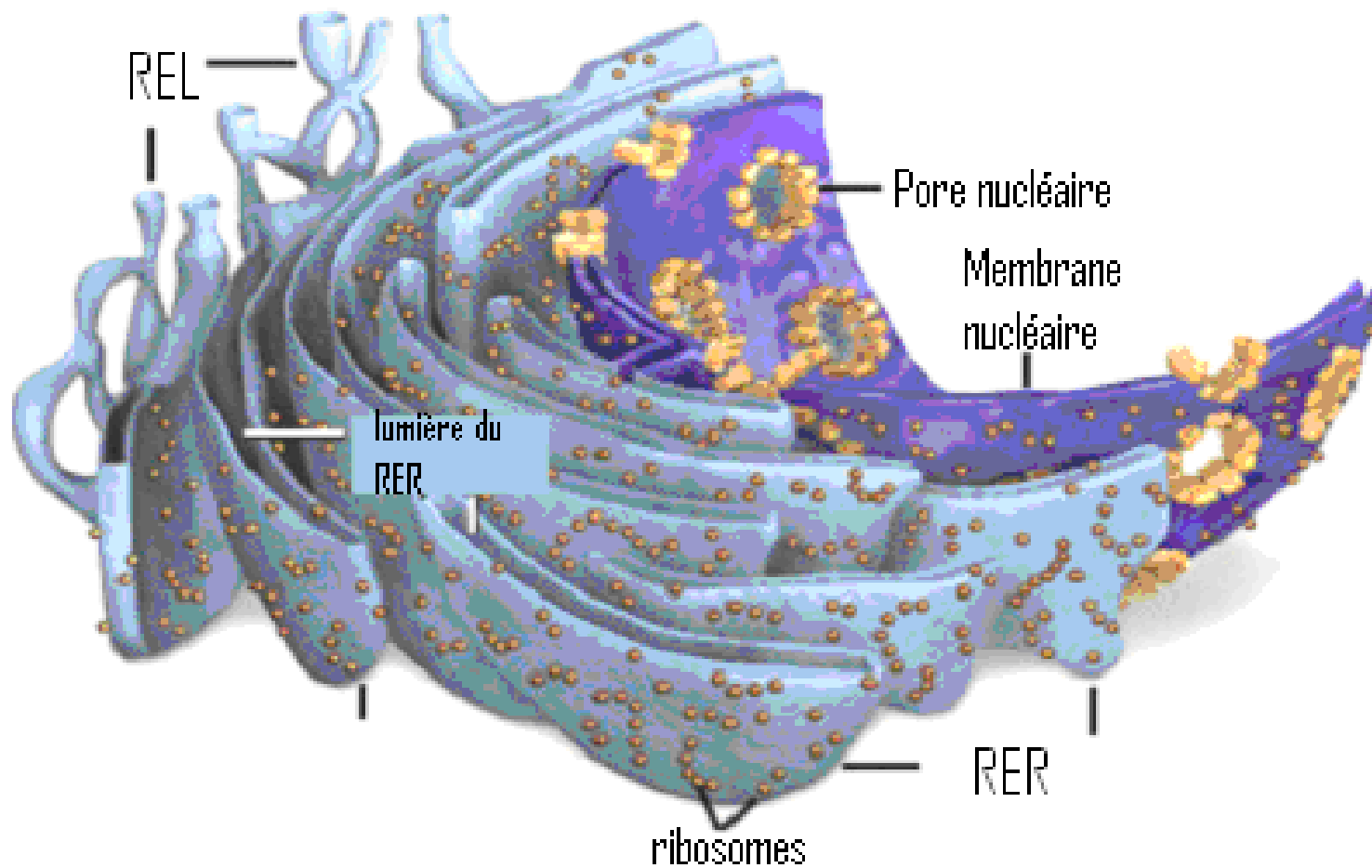


Réticulum endoplasmique lisse (REL)

Ensemble de **cavités tubulaires** avec des membranes régulières et lisses **sans ribosomes**.

Il assure la **synthèse des lipides et des hormones stéroïdes**.

Il est abondant dans les cellules musculaires, les cellules hépatiques, etc.



Représentation schématique du réticulum endoplasmique

Rôles physiologiques du réticulum endoplasmique

Il est le siège de réactions biochimiques variées:

synthèse de molécules, maturation des protéines, réactions de détoxification, etc.

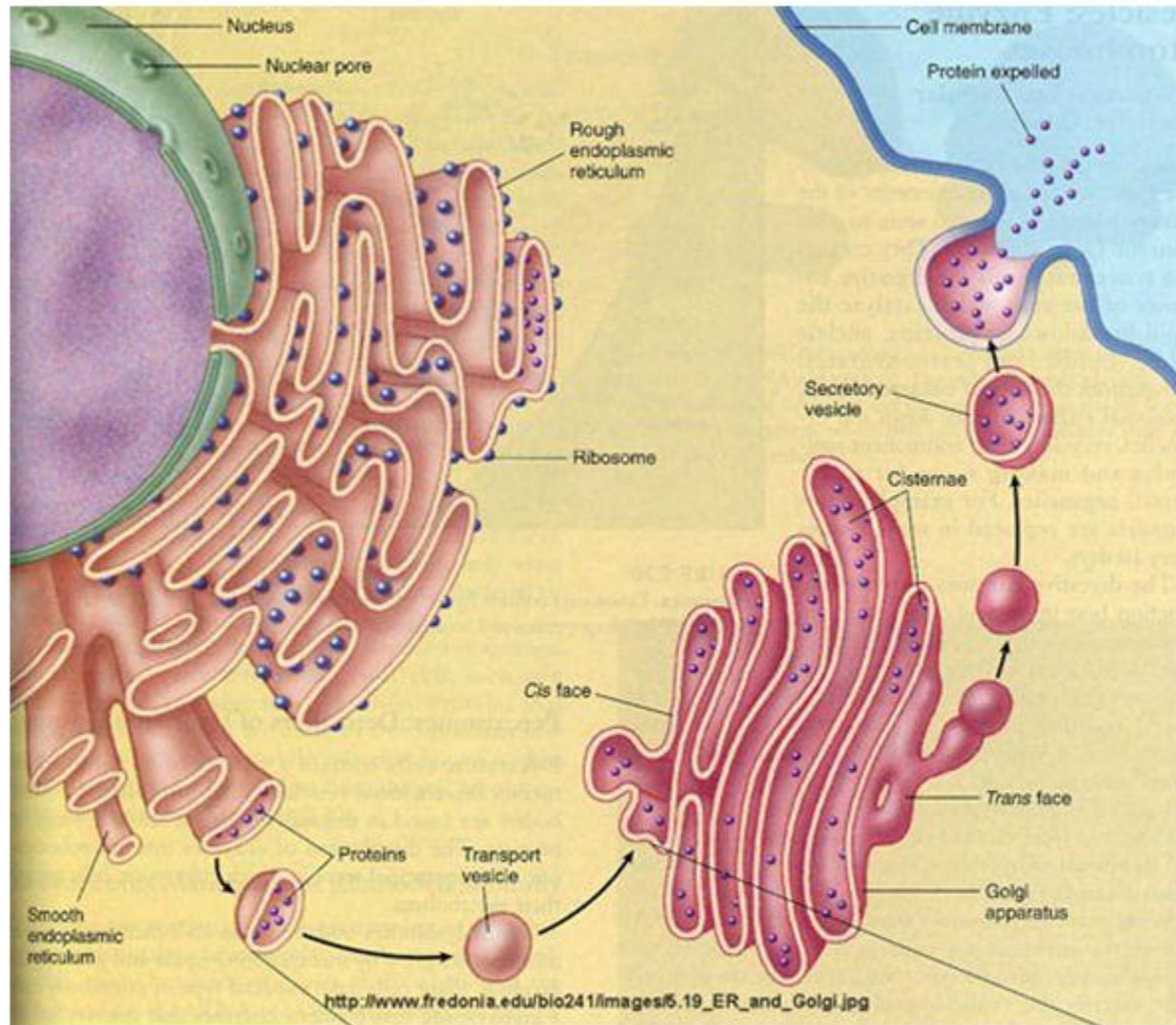
Des vésicules bourgeonnent du RE puis fusionnent pour former l'appareil de Golgi. A certains endroits, des ponts peuvent relier l'enveloppe nucléaire au RE.

N.B: détoxification

Les produits toxiques (drogues, médicaments ou métabolites toxiques du cytoplasme) s'insèrent dans la bicouche lipidique de la membrane du REL où ils sont transloqués dans la lumière du REL, se lient à d'autres composés pour devenir neutres.

Les drogues ainsi solubilisées et neutralisées sont ensuite véhiculées et sortent de la cellule par exocytose.

Réticulum endoplasmique et appareil de Golgi



Processus de Sécrétion des protéines du réticulum vers l'appareil de Golgi

Biogenèse

Le RE est en perpétuel renouvellement.

- Sa dégradation est assurée par le bourgeonnement de vésicules qui fusionnent pour constituer l'appareil de Golgi.
- Sa constitution est assurée par la fusion de vésicules provenant de l'enveloppe nucléaire ou à partir de molécules de synthèse (protéines, lipides, cholestérol, etc).

b/Le ribosome

C'est un organe globulaire **non membranaire**, constitué de 2 sous-unités (grande et petite).

Les ribosomes sont présents aussi bien dans la cellule procaryote (70 S) que dans la cellule eucaryote (80 S).

On les rencontre au niveau de plusieurs compartiments cellulaires:

- dans les mitochondries,
- dans le cytoplasme,
- liés à la membrane nucléaire ou au réticulum endoplasmique.

Rôle:

Le ribosome participe à la synthèse des protéines en assurant la traduction de l'ARNm en protéines (voir chapitre sur le noyau cellulaire).

c/L'appareil de Golgi (AG)

Réseau formé d'un empilement de saccules appelé dictyosome.

Rôle:

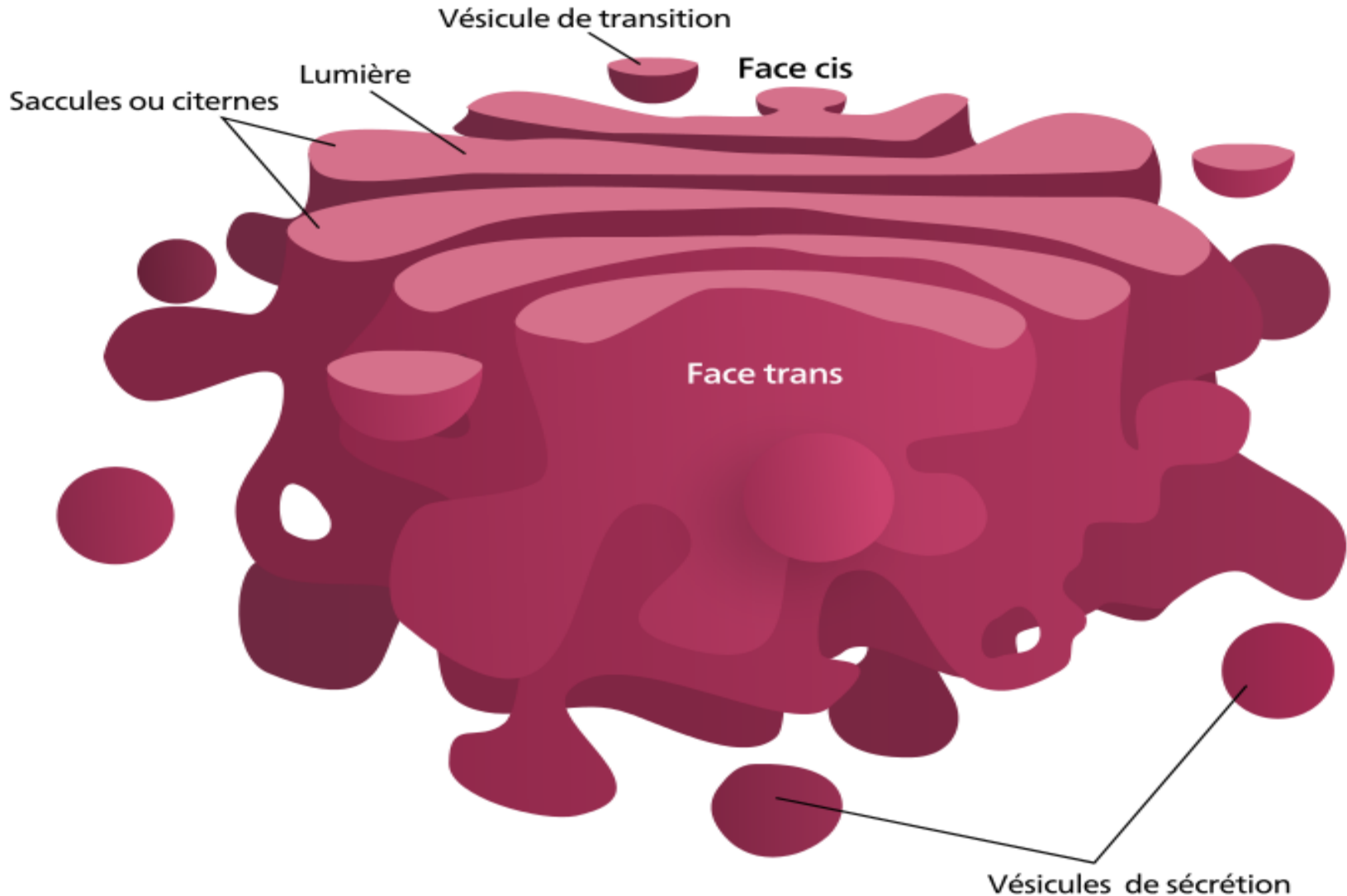
- *L'AG assure la **maturation des protéines** et des lipides.

Il est plus développé chez les **cellules sécrétrices et les cellules jeunes**.

- *La fonction principale de l'appareil de Golgi est de servir de lieu de **transit** et de **réservoir** pour les protéines et lipides fabriqués dans le réticulum endoplasmique.

- *Cet appareil fait partie du réseau de membranes internes que les cellules eucaryotes ont mis en place pour effectuer le **transport des macromolécules**.

L'Appareil de Golgi



d/Lysosome

Vésicules sphériques et membranaires, contenant des **enzymes lytiques**.

Ces enzymes sont des **hydrolases acides** (pH 3 à 5) qui dégradent les substances organiques (lipases, protéases, phosphatases, etc).

2 types de lysosomes

Lysosome I

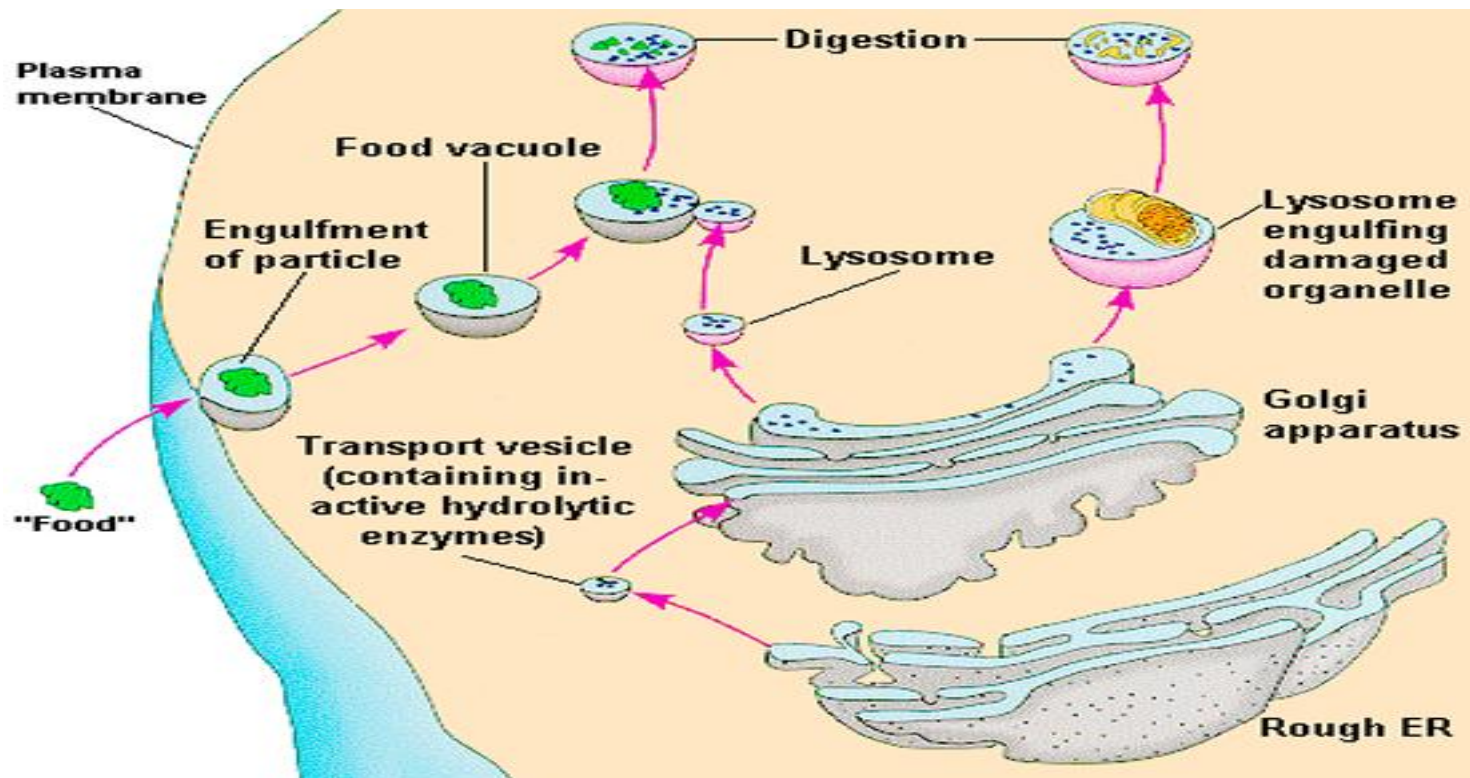
- Petite taille
- aspect homogène
- enzymes lytiques uniquement

Lysosome II

- grande taille
- aspect hétérogène
- enzymes lytiques et **substances en cours de dégradation.**

Rôles:

Les lysosomes constituent « **l'appareil digestif** » de la cellule, en ce sens que, les substances digérées peuvent être d'origine endogènes ou exogènes.



Mécanisme

- Capture de substances du cytosol par le lysosome I
- Formation du lysosome II ou **phagolysosome**
- Digestion des substances captées par les enzymes lytiques
- Passage des produits de dégradation vers le cytoplasme
- Élimination des déchets par exocytose.

Biogenèse

Naissance: par bourgeonnement de vésicules, soit:

-Origine golgienne: REG  A. GOLGI  LYSOSOME

-Origine REL: REG  REL  LYSOSOME

Dégradation: par exocytose

e/Peroxisomes

Structure

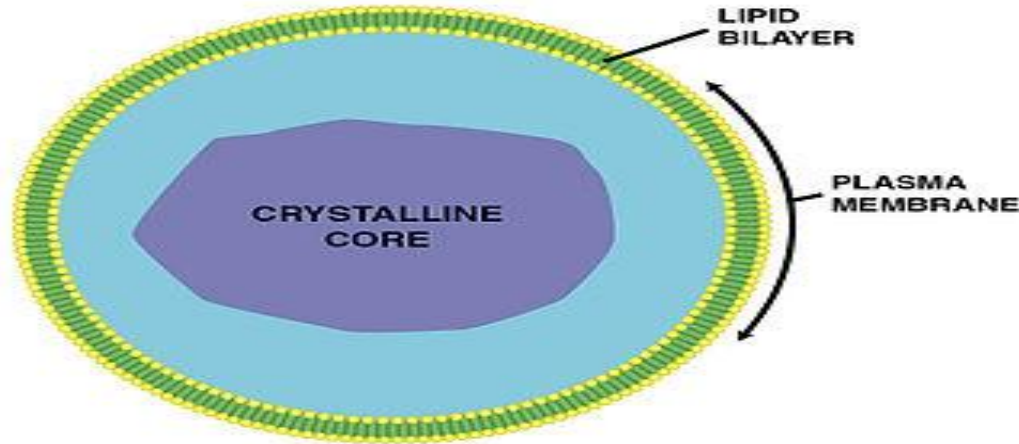
Un peroxysome est un organite cellulaire eucaryote.

Ce sont des sacs membraneux comme les vésicules, entourés d'une membrane simple, sous la forme d'une bicouche lipidique.

Ils sont présents dans toutes les cellules eucaryotes (sauf dans les réticulocytes), avec une taille maximale chez les animaux dans les cellules du foie (hépatocytes) et des reins.

Les peroxysomes possèdent un nucléoïde, qui est une région para-cristalline protéique (urate-oxydase).

Dans la membrane du perxysome, On trouve des protéines (non-glycosylées) qui ont notamment la fonction d'importer les enzymes nécessaires au fonctionnement du peroxysome.



Structure simplifiée d'un peroxysome

Les peroxysomes contiennent des enzymes oxydantes : D-amino-acide-oxydase, urate-oxydase, et **catalase...qui utilisent l'oxygène pour neutraliser de nombreuses substances nuisibles ou toxiques à la cellule** Comme, entre autres, l'alcool et le formaldéhyde.

De plus, ce ne sont pas des structures isolées, les peroxysomes sont reliés entre eux par de fins canalicules → réseau au sein du cytoplasme.

Rôle du peroxysome

Comme la mitochondrie, les **peroxysomes** sont des sites essentiels pour l'utilisation du dioxygène.

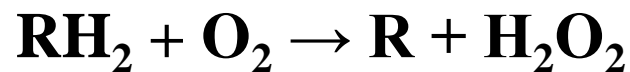
Ils utilisent de l' O_2 et du H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène), lors de **réactions d'oxydations**.

Le peroxysome a pour rôle de **détoxifier** la cellule en dégradant certaines molécules (les acides gras, l'alcool...) grâce à la β -oxydation.

Cette réaction produit du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), une molécule toxique pour la cellule qui doit à son tour être dégradée.

➤ Les **enzymes oxydases** (*D-amino-acide-oxydase, urate-oxydase*) enlèvent des atomes d'hydrogène libres (réaction d'oxydation) à des *substrats organiques spécifique R*.

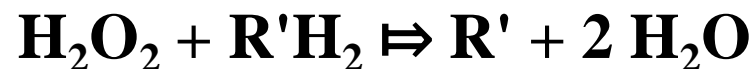
➤ Ces substrats liés à des atomes d'**hydrogène**, sont **potentiellement toxiques pour la cellule**. L'oxydation de ces molécules les **détoxifie**.



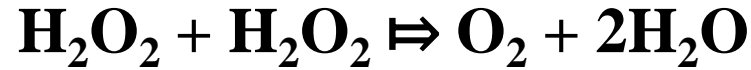
La **catalase** utilise le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 engendré par d'autres enzymes pour oxyder une variété d'autres substrats toxiques R' (phénols, acide méthanoïque, alcool):

on parle de réaction de peroxydation.

Ce type de réaction est très important dans le foie, les cellules rénales, où les peroxysomes détoxifient certaines toxines passant dans le sang.

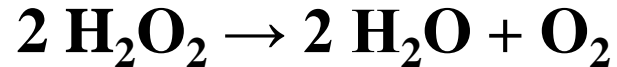


La catalase catalyse aussi la réaction :



La catalase est l'enzyme la plus abondante des peroxysomes.

En cas **d'excès d' H_2O_2** , la catalase le transforme directement en eau :



C'est une réaction de sauvegarde car H_2O_2 en quantité trop abondante est nocif pour la cellule.

Un autre rôle très important des peroxysomes est la **neutralisation des radicaux libres** qui sont des substances chimiques très réactives, comportant des électrons non appariés (ne se déplaçant pas vers d'autres molécules pour former des couples).

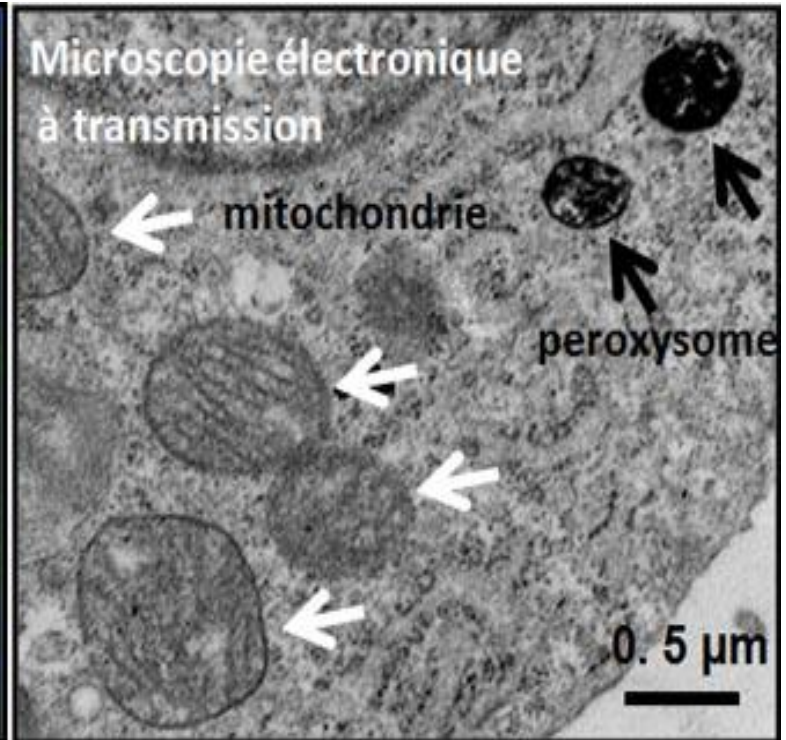
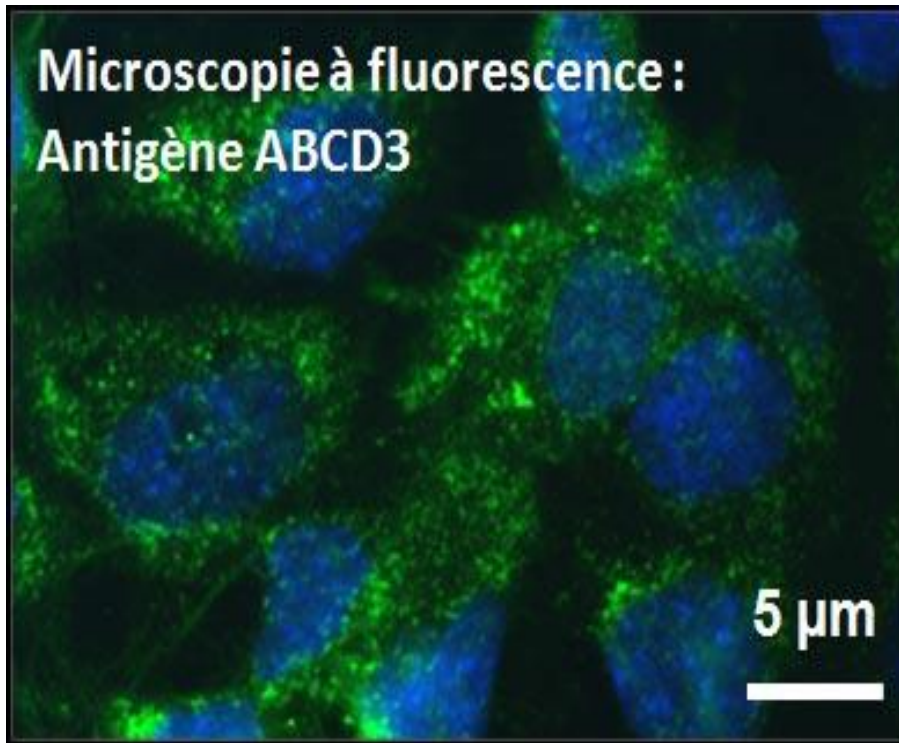
Ces électrons non appariés sont également susceptibles de **semer le désordre** dans la structure des protéines, des acides nucléiques (ADN ou ARN) et des lipides.

Les peroxysomes participent également à la régulation énergétique de la cellule, la synthèse des acides aminés qui sont les éléments de base constituant une protéine et enfin dans l'oxydation des acides gras.

Biogenèse

Les peroxysomes ont la capacité de se reproduire d'eux-mêmes en se scindant simplement en deux.

Les vieux peroxysomes sont détruits par autophagie.



Peroxisome: (de taille 0,1 à 1 μm) est un organite cellulaire essentiel, entouré par une simple membrane, dépourvu de matériel génétique, et retrouvé dans presque toutes les cellules eucaryotes à l'exception des hématies. Une de ses fonctions est de contribuer à l'oxydation des acides gras à longue (AGLC) et très longue chaîne (AGTLC). L'importance de ces organites a été soulignée par l'existence de nombreux désordres génétiques associés à un défaut de leur biogénèse ou de leur fonctionnement.

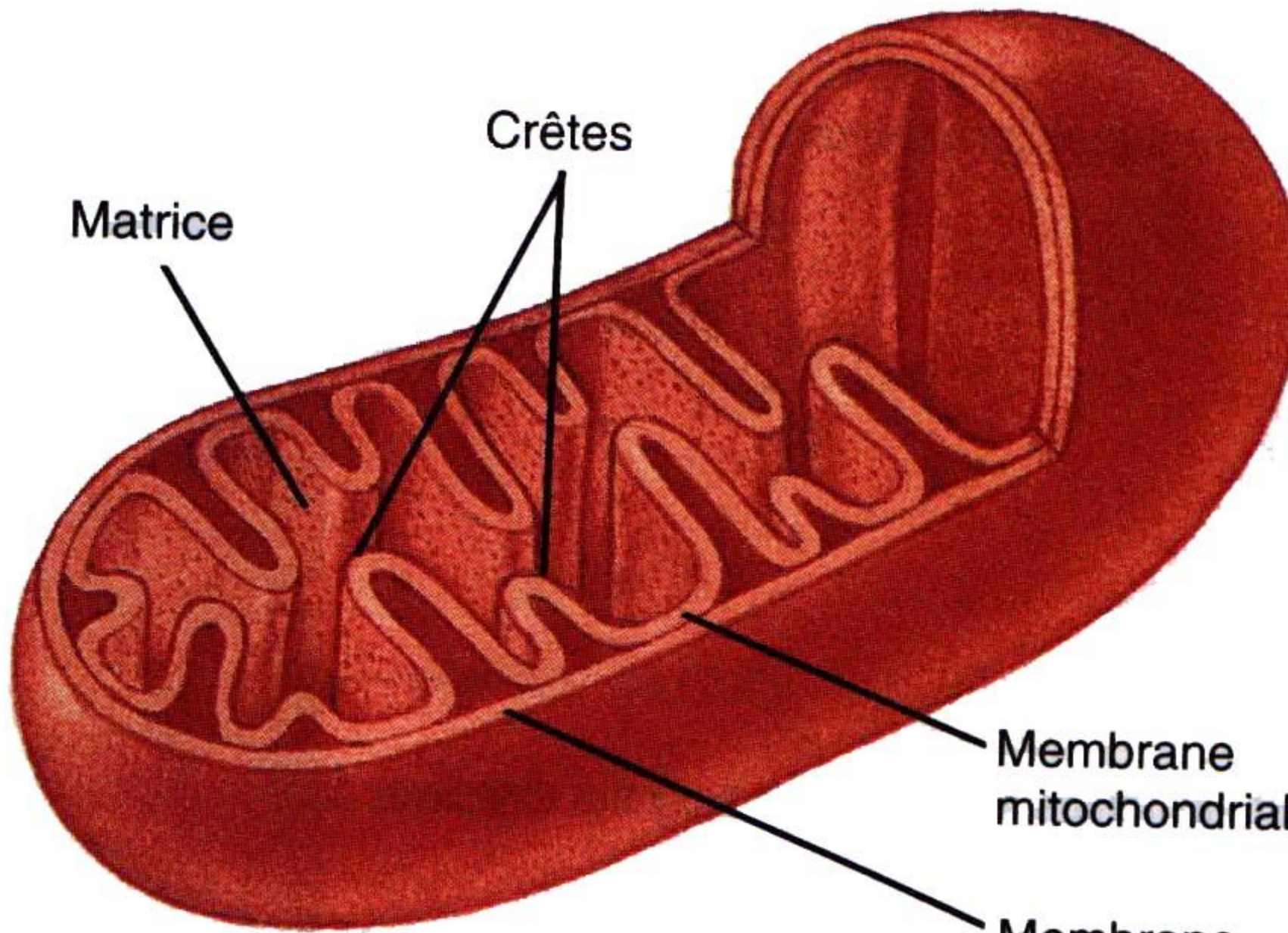
f/Mitochondrie

❖ Organite membranaire creux, en bâtonnet ou arrondi, constitué d'une matrice entourée par une double membrane.

Il assure la production de la majeure partie de l'énergie cellulaire ou ATP.

❖ Les mitochondries sont présentes dans toutes les cellules eucaryotes aérobies où elles sont dispersées dans le cytoplasme ou groupées dans les régions où le besoin en énergie est important.

❖ Leur nombre varie selon l'activité cellulaire (15 000 dans l'hépatocyte)



Matrice

Crêtes

Membrane
mitochondriale

Membrane
mitochondriale

Détails d'une mitochondrie

Composition chimique

Membrane: 2 membranes, externe et interne, séparées par l'espace intermembranaire.

Membrane externe: perméable, semblable à la MP, avec 40% de lipides et 60% de protéines.

Membrane interne: perméabilité limitée, semblable à la MP, avec 20% de lipides et 80% de protéines dont les enzymes de la **chaîne respiratoire**.

Espace intermembranaire: espace large de 10 nm, renfermant des ions, des protons et des enzymes.

Matrice: renferme une substance fondamentale riche en métabolites, et en enzymes.

Elle présente aussi des granules variés, des ribosomes plus petits que ceux du cytoplasme et **l'ADN ou génome mitochondrial.**

Substance de la matrice: eau, sels minéraux, ATP, acides gras, acides aminés, O₂, et CO₂. ***Toutes ces substances proviennent du cytosol.***

Crêtes mitochondriales:

La membrane interne se replie de nombreuses fois à l'intérieur de la matrice pour former des structures très particulière, les **crêtes mitochondriales** .

Celles-ci possèdent des **enzymes** responsables de la fabrication d'ATP, les **ATPases**, et une **chaîne respiratoire** constituée d'une succession de **transporteurs d'électrons**.

Chaque mitochondrie possède son **propre matériel génétique**, indépendant de celui de la cellule qui l'héberge, de sorte qu'elle peut assurer sa reproduction en fonction des besoins de la cellule.

Rôle:

Les mitochondries assurent la **respiration cellulaire** comme fonction principale mais aussi de nombreuses autres fonctions comme la **synthèse d'hormones stéroïdes**, la **synthèse et dégradation d'acides gras** et la **synthèse des protéines mitochondriales**.

Respiration cellulaire:

Des métabolites (glucides, lipides, protides) se dégradent en libérant de l'ATP. Ce processus a lieu en plusieurs étapes, entre le cytosol et la mitochondrie.

La respiration cellulaire est:

La transformation du glucose en ATP

La respiration cellulaire extrait l'énergie des molécules organiques, le glucose, pour produire de l'ATP, la molécule énergétique essentielle au travail cellulaire.

C'est dans la **mitochondrie** que se font la plupart des réactions chimiques impliquées dans la respiration cellulaire.

Nous appelons donc la mitochondrie l'usine de la cellule.

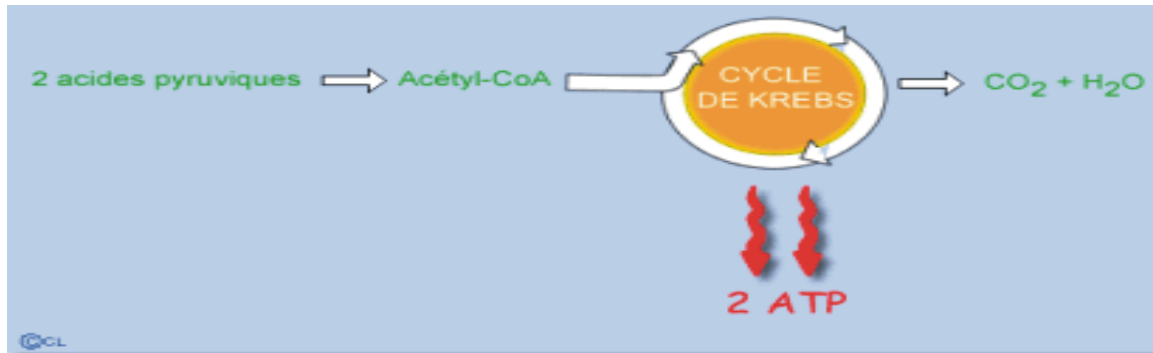
Bilan:



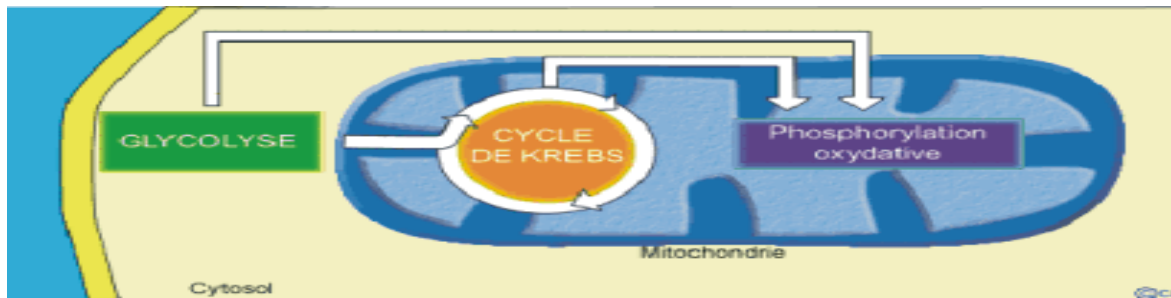
La respiration cellulaire se déroule en 3 étapes:



GLYCOLYSE

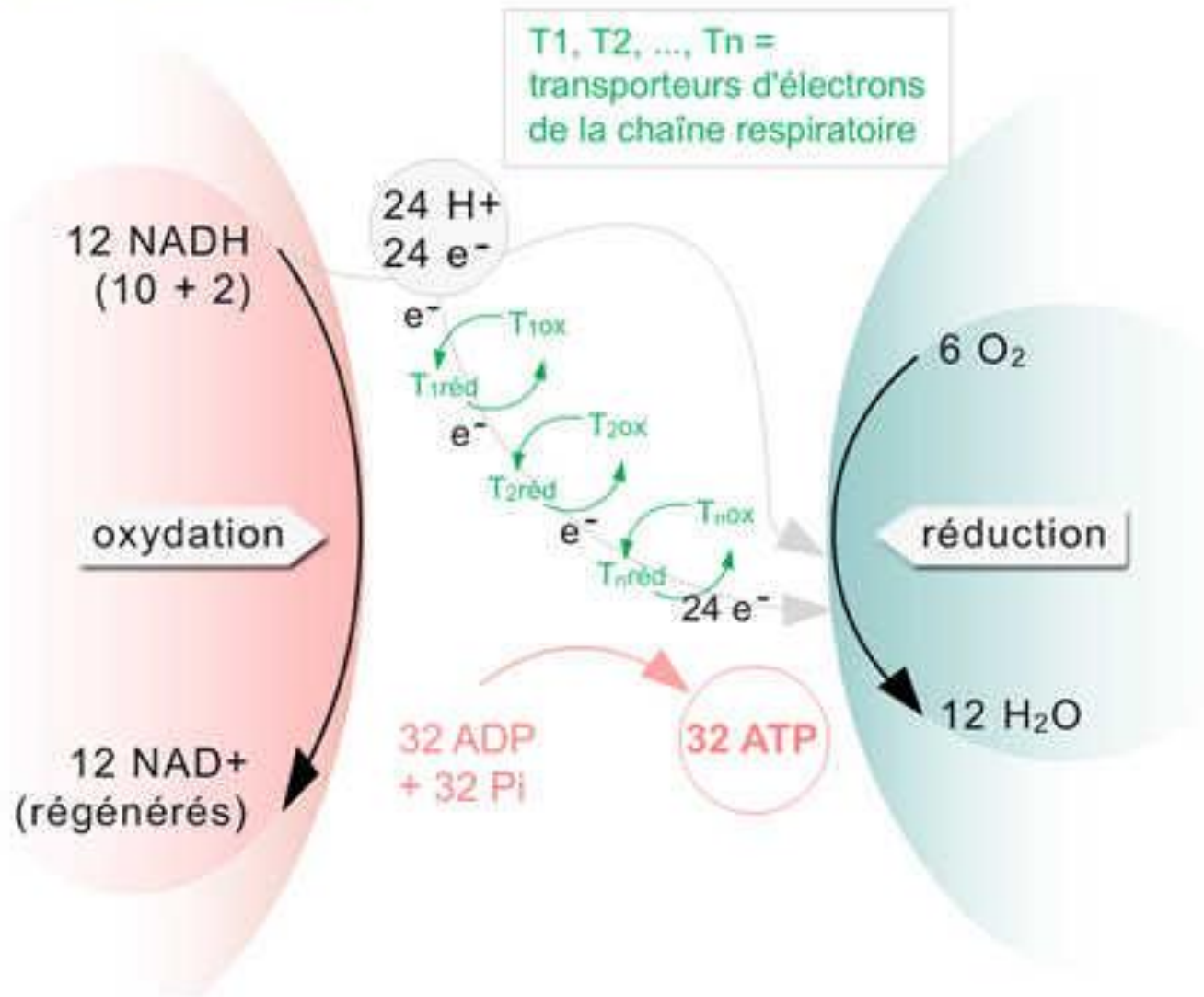


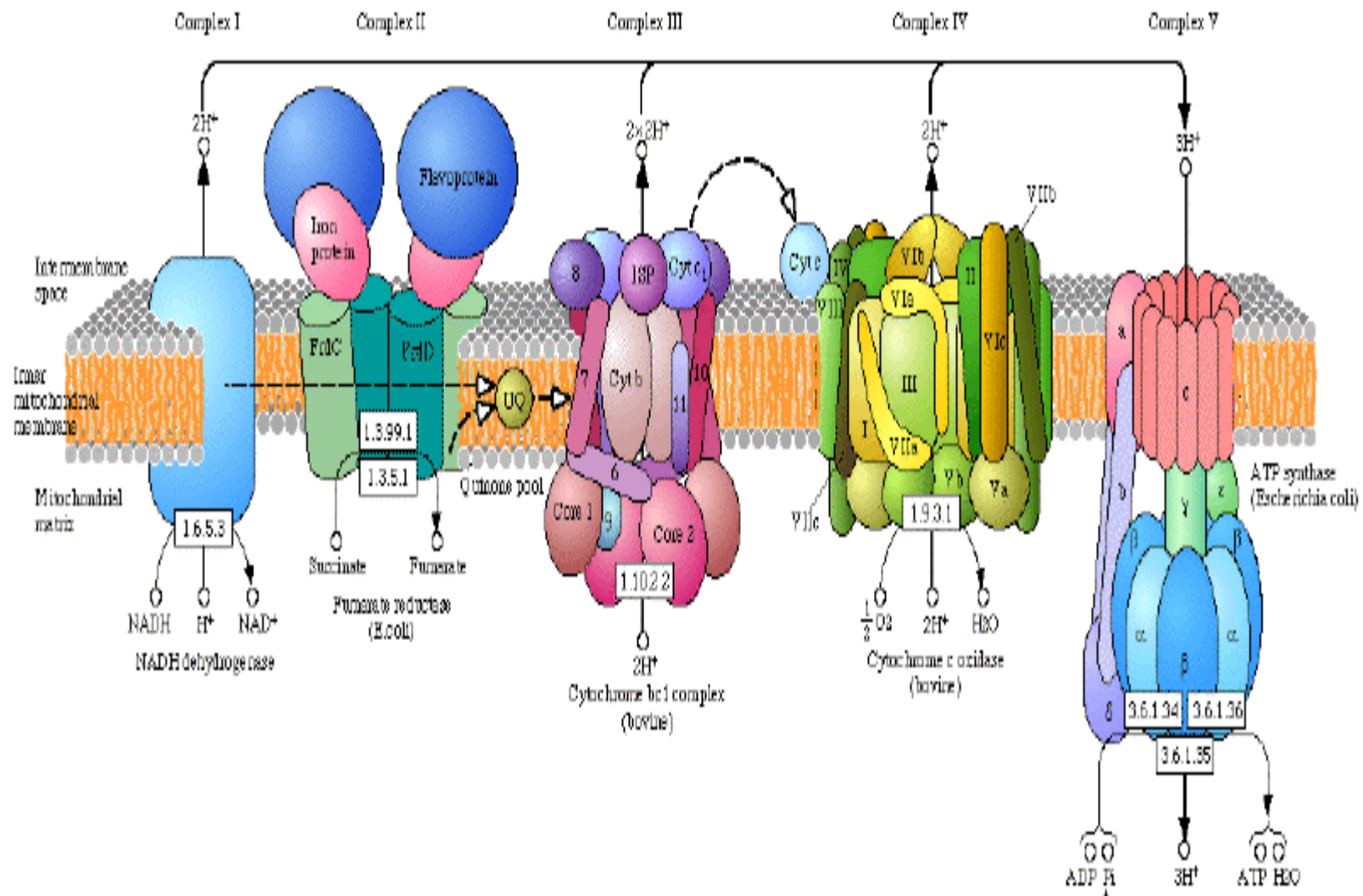
**CYCLE DE
KRESBS**



**CHAINE DE
TRANSPORT
D'ELECTRONS**

CHAÎNE RESPIRATOIRE





Complexes protéiques constitutif de la chaîne respiratoire

- La **glycolyse** est la transformation du glucose en deux molécules d'acide pyruvique, elle se déroule dans le **cytoplasme**.
- L'acide pyruvique est transformé en acétylcoenzyme A, qui sera totalement dégradé dans la **matrice de la mitochondrie**.
- La chaîne respiratoire oxyde les coenzymes réduits au cours des réactions précédentes, et **permet à l'ATPase de produire de l'ATP**, au niveau des **crêtes mitochondriales**.
- Le bilan global de la combustion d'une molécule de glucose est la production de 36 molécules d'ATP et de chaleur.
- L'ATP est une molécule énergétique car la cassure de la liaison entre les deux derniers phosphate libère beaucoup d'énergie : 30 kJ.

Biosynthèse des protéines mitochondriales

A lieu en coopération avec le cytoplasme et dans le but de participer au renouvellement des protéines de la chaîne respiratoire.

En effet, 95% des protéines mitochondriales sont d'origine cytosolique et 5% d'origine mitochondriale.

Cette synthèse fait intervenir le génome mitochondrial et se fait de la même manière que la biosynthèse des protéines cytosoliques.

Biogenèse

Les mitochondries se renouvellent environ tous les 15 jours. L'élimination des vieilles mitochondries se fait par **autophagie** (destruction des substances endogènes par la cellule elle-même) et leur renouvellement se fait à partir de mitochondries pré-existantes, après réplication du génome mitochondrial, augmentation de la taille par apport de matériau d'origine cytoplasmique puis division de la mitochondrie par segmentation.

Mécanisme de la segmentation: la membrane interne de la mitochondrie envoie un septum ou une cloison qui sépare la matrice mitochondriale en 2 compartiments. En suite, la membrane externe s'étrangle entre les 2 compartiments et produit 2 mitochondries filles identiques.