

VII. LE CYTOPLASME

Objectifs du cours : être capable de :

- Décrire les rôles et activités physiologiques du hyaloplasme et des organites du morphoplasme.
- Reproduire les schémas

Définition:

C'est l'ensemble formé par le hyaloplasme (substance cellulaire proprement dite) et les organites (morphoplasme) qui y baignent.

1. Le hyaloplasme: cytosol

a) Caractères généraux

C'est un gel colloïdal, homogène en microscopie optique, mais hétérogène en microscopie électronique. Il comprend une matrice fondamentale, des structures granulaires (paraplasme, cristaux protéiques, enclaves de glycogène, gouttelettes lipidiques, ribosomes) et fibreuses (microtubes et microfilaments).

Le Ph du cytoplasme est voisin de 6,8. Il est constitué de 85% d'eau, de protéines solubles (enzymes) ou insolubles (protéines de structure), du glycogène, des lipides, des ARN solubles (ARNm et ARNt), des sucres, des acides aminés, acides gras, sels minéraux et des nucléotides.

Sa consistance est variable, soit visqueuse (gel) soit liquide (sol), différente d'un point à un autre de la cellule et elle est capable de changer rapidement en un même point de la cellule (phénomène de thixotropie : polymérisation et dépolymérisation des filaments et des microtubes).

b) Rôles et activités physiologiques.

Le hyaloplasme représente la phase continue du cytoplasme dans laquelle les organites trouvent les substances nécessaires à leur métabolisme et où ils rejettent leurs déchets.

Le hyaloplasme est le carrefour des voies métaboliques, c'est le lieu où s'effectuent les principales réactions biochimiques de la cellule (glycolyse, production d'ATP, voie des pentoses, NADPH, synthèse, du glycogène, synthèse protéinée de l'A. palmitique de nucléotides, AA et hexoses.

2. Le réticulum endoplasmique

a. Morphologie et structure

Il a été décrit par **PORTER en 1945** grâce à la microscopie électronique. Il est présent dans toutes les cellules animales et végétales. Il est formé d'un ensemble de cavités limitées chacune par une membrane de 75 Å et

de même structure que la membrane cytoplasmique. Les cavités du RE sont de formes variables, généralement aplaties de 250 à 500 μ et communiquant entre elles par des connections temporaires comme celles qui constituent les vacuoles de la cellule végétale sont parfois très dilatées, d'autres forment des tubes ou des vésicules.

Le RE est généralement très polymorphe (système dynamique) à l'intérieur de la cellule à l'exception de la région qui marque la frontière entre le hyaloplasme et le nucléoplasme. En effet le RE entoure complètement le noyau et forme la membrane nucléaire.

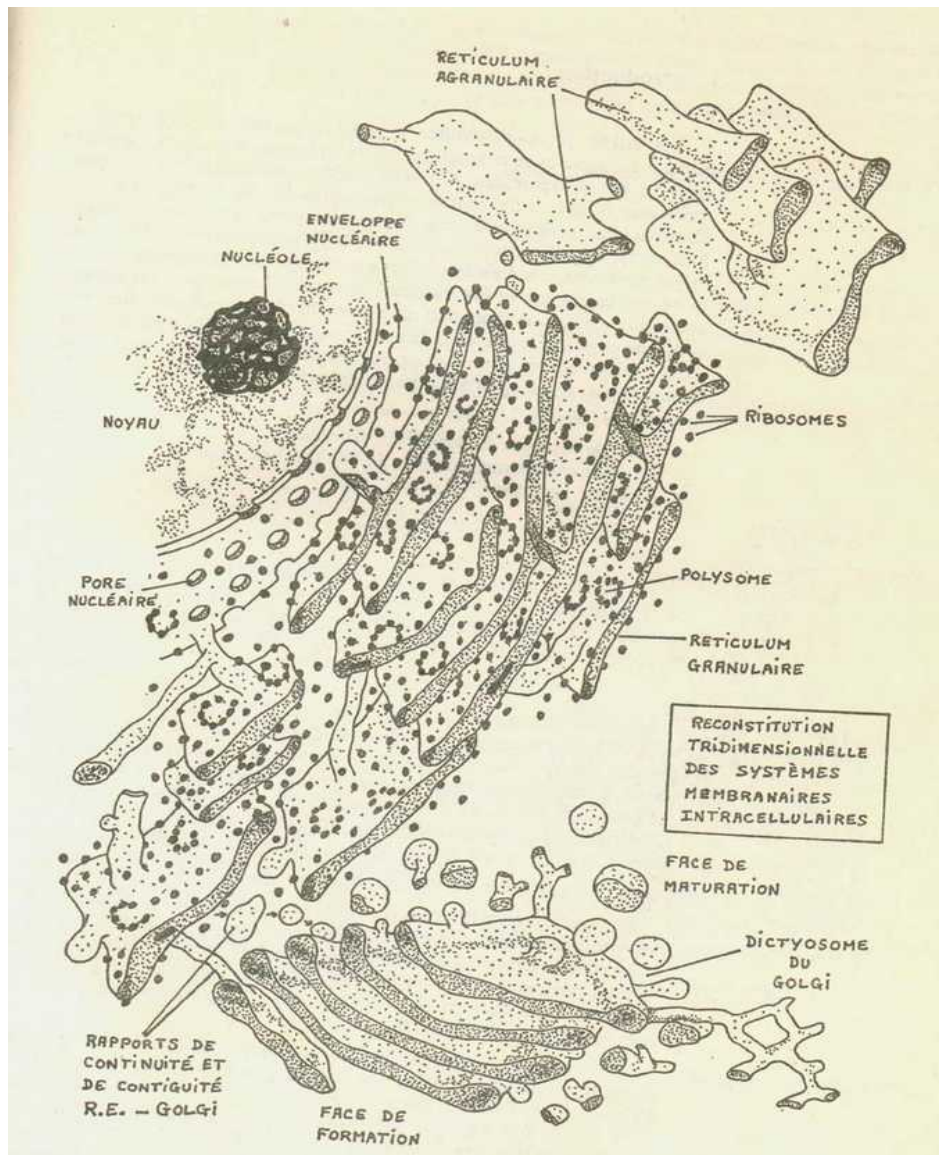
Contre les membranes du RE on observe très fréquemment des granules de 150A° de diamètre : ce sont les ribosomes. On distingue selon qu'il existe ou non les ribosomes contre les membranes : un REG ou ergatoplasme (basophile) et un RE lisse. Tout ce système de cavités s'étend dans le hyatoplasme depuis la membrane nucléaire jusqu'à la membrane cytoplasmique avec lesquelles les parois du réticulum sont en continuité.

b) Rôle.

- stockage de substances dans la cellule : ces substances peuvent provenir soit du milieu extracellulaire (pinocytose et phagocytose) soit être synthétisées par la cellule.

- Transport de substances : Que les substances proviennent du milieu extracellulaire ou de l'activité élaboratrice de la cellule, elles sont transportées d'un point à un autre de la cellule à travers les canalicules du RE.

EX. Le transit des gouttelettes lipidiques à travers les cellules de l'épithélium intestinal. Le RE représente un compartiment cellulaire où peuvent être isolées du hyaloplasme les substances les plus variées. Le REL synthèse des composés lipidiques et le REG synthèse des composés protéiques.



3. L'appareil de golgi

IL a été mis en évidence **par Golgi en 1898**. Il existe dans toutes les cellules animales et végétales.

a.) Structure et morphologie (microscopie électronique) voir schéma.

L'Appareil de Golgi comprend deux niveaux d'organisation : La citerne ou saccule et le dictyosome.

- La citerne : C'est l'unité de base du dictyosome. Elle a la forme d'un compartiment aplati, limité par des membranes lisses de 60 à 75 Å d'épaisseur. Ce compartiment se prolonge à la périphérie par des tubules de 300 à 500 Å de diamètre disposés en un réseau complexe pouvant s'étendre à plusieurs microns du bord du saccule.

- Le dictyosome: C'est un système lamellaire formé par l'empilement de plusieurs citernes ou saccules. Le nombre de saccules par dictyosome est variable, en moyenne 5 à 8 mais peut atteindre 30. Un espace d'une épaisseur de 100 à 150 Å sépare les différentes citernes les unes des

autres (substance contenant des fibrilles orientées). Chaque dictyosome possède deux faces entre lesquelles se placent les citernes empilées:

- Une face de formation (ou face proximale), en rapport avec l'enveloppe nucléaire ou le réticulum endoplasmique.
- Une face de maturation (face distale), en rapport avec les vésicules ou vacuoles de sécrétion (de 200 Å de diamètre) à membrane plus épaisse 100 Å.

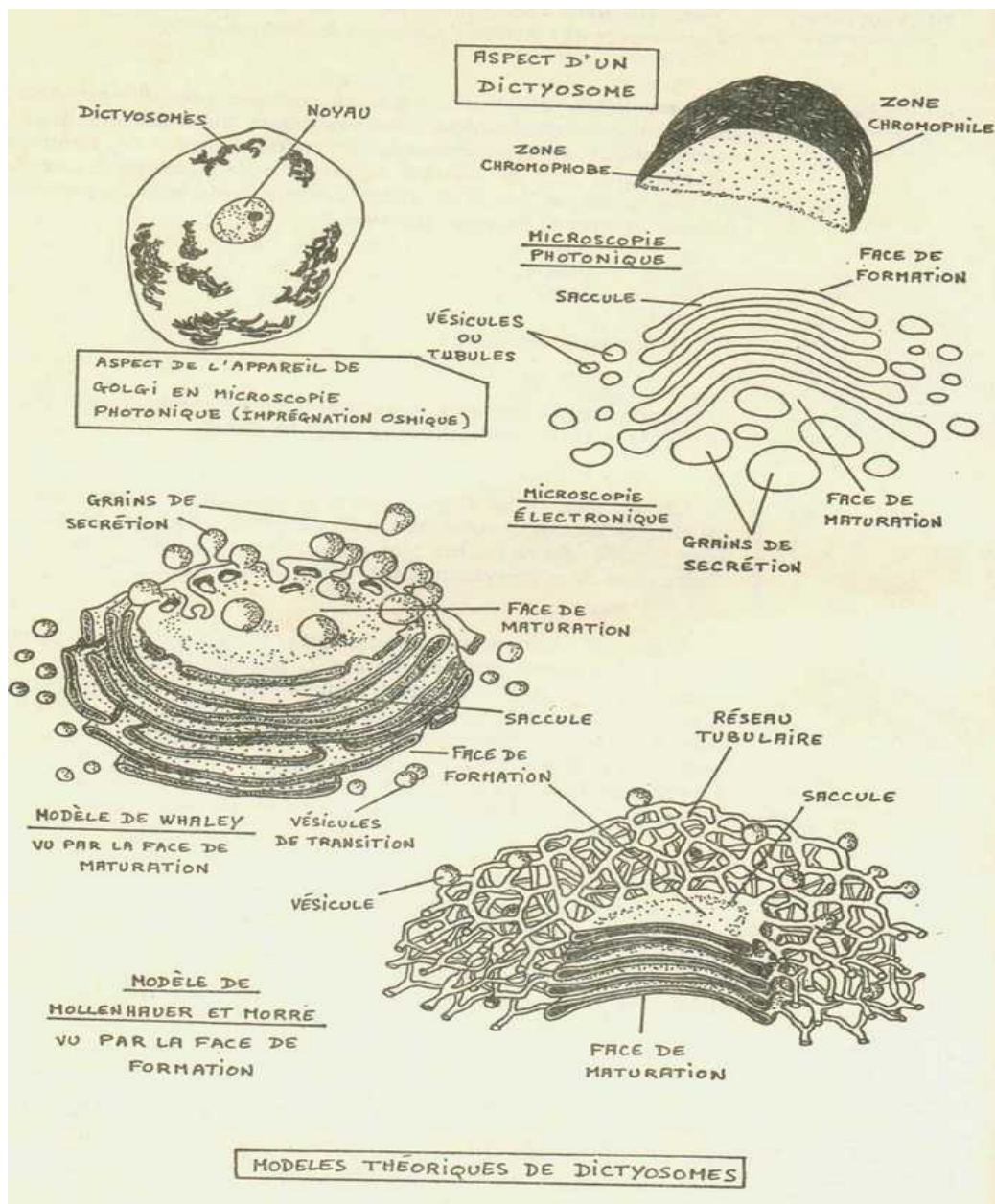
Les vésicules proviennent d'un bourgeonnement suivi d'une fragmentation des bords des saccules. L'imprégnation par AgNO₃ ou l'acide osmique montre que les saccules de la face formation sont chromophiles alors que les saccules de la face de maturation très dilatés sont chromophobes. Le nombre de dictyosomes est variable d'une cellule à l'autre 20.

b) Rôle. L'appareil de golgi intervient:

- dans le transfert et la concentration des protéines destinées à être excrétées, ex : cellules sereuses pancréatiques exocrines : protéines synthétisées dans le REG, gagnent les dictyosomes puis les grains de sécrétion (grains de zymogène)
- dans la formation de nouvelles membranes: La membrane nucléaire et membranes du RE à l'origine des membranes golgiennes. Les membranes golgiennes subissant des transformations morphologiques et bio-chimiques très importantes. Ces nouvelles membranes limitent les grains de sécrétion, et lors de l'exocytose, elles s'incorporent à la membrane plasmique, compensant ainsi la perte de segments de membrane due à l'endocytose.
- dans la synthèse des glycolipides et des glycoprotéines (Glycosylation et sulfatation)

Remarque:

Les cavités des saccules communiquent avec celles du RE, ainsi s'explique le passage des protéines des cavités du RE à celles de l'Appareil de Golgi où elles se concentrent.



4. Les lysosomes

Ce sont des organites découverts par **De Duve 1951**. Ils apparaissent sous forme de petites vésicules limitées par une membrane simple de 75\AA imperméables au contenu du lysosome (hydrolases) acides.

- lysosomes primaires
- lysosomes secondaires

a) Lysosomes primaires

Ce sont des organites cellulaires constants (sauf hématies) contenant des hydrolases qui ne sont pas encore intervenues dans le processus de catabolisme. Ils sont sous formes de corps denses, arrondis ou ovalaires. Leur diamètre vari entre $0,3$ et $1,5 \mu$. Ils sont entourés par une membrane qui assure la latence enzymatique. Leur quantité varie en fonction de l'activité de la cellule dont ils dépendent.

Ils sont très abondants dans les macrophages: les histiocytes, les

granulocytes acidophiles et neutrophiles (cellules de défense de l'organisme).

Les nombreuses enzymes (= 40) de ces lysosomes sont capables d'hydrolyser les acides nucléiques, les protéines, les glucides et les lipides, Optimum d'activité à Ph 5.

Ex: Phosphatase acide, lipase, glycosidase, protéase, RNases, DNases (desoxy-ribonucléase). La synthèse des enzymes lysosomales est réalisée par les ribosomes du REG. Les enzymes gagnent ensuite l'appareil de golgi à travers les canalicules du RE. La membrane lysosomale se forme ensuite par bourgeonnement de la citerne de la face de maturation de l'appareil de golgi.

Le rôle essentiel des lysosomes primaires est de contenir les hydrolases, d'en assurer le transport intracytoplasmique vers les phagosomes, de verser leurs produits enzymatiques, soit dans les vacuoles intracellulaires soit dans le milieu extracellulaire.

b) Lysosomes secondaires.

Ce sont les lysosomes intervenant dans les phénomènes de digestion cellulaire. On distingue:(schéma)

- Vacuoles hétérophagiques ou hétérophagolysosomes ou hétérolysosome. Elle résulte de la fusion d'un lysosome primaire avec les hétérophagosomes. Elles interviennent:

- * dans la nutrition par digestion intracellulaire
- * dans la défense de la cellule: (bactérie, substoxique)
- * dans l'invasion des régions peu pénétrables (par lyse)

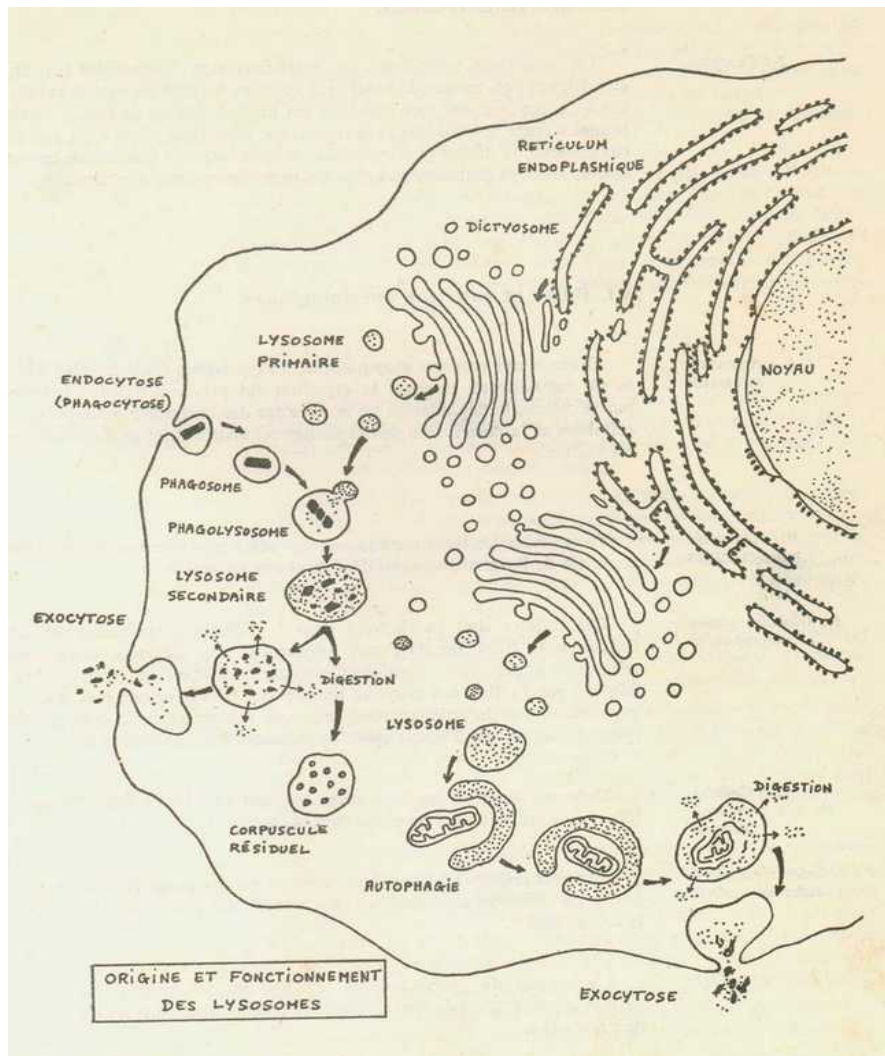
- Vacuoles autophagique ou cytolysosome ou autolysosomes résultent de la fusion de lysosomes primaires avec les autophagosomes.

Elles interviennent:

- * dans la nutrition cellulaire au cours des conditions défavorables (jeunes, anoxie)
- * dans l'autodestruction des cellules mortes.
- * dans la régulation de la sécrétion ou crinophagie: lyse des grains de sécrétion.

c) Corps résiduels.

Ce sont des vacuoles provenant d'un hétérolysosome ou d'un autolysosome, dans lesquelles persistent des résidus non digérés par les enzymes lysosomales (pigments biliaires, myéline, ferritine ou substance étrangère)



b) Maladies lysosomales.

- Par destruction de la membrane lysosomale

* Pneumoconioses: inhalation de poussière de charbon, de silice, d'étain, de zinc: atteinte pulmonaire.

* Streptococcies

Les streptocoques possèdent la particularité de détruire la membrane lysosomale, ce qui entraîne la mort de la cellule par libération des enzymes. la cellule morte libère à son tour les agents pathogènes dans l'organisme.

*Goutte->arthrite. Phagocytose de cristaux d'Aurique (métabolisme des purines.)

- Par modification génétique de la structure et de la propriété des membranes lysosomales. Maladie de chadiak-Streinbrink-higash.

- formation de lysosomes géants par fusion des membranes (2 à 5 μ dediamètre) Splénomégalie, hépatomégalie, photophobie par surchargedes lysosomes thesaurismose. Elle peut être génétique ou acquise: absence ou mutation de cer-tains gènes -> pas de lyse de certaines molécules -> accumulation et grossissement anormal du lysosome (maladie de pompe:mort) Maladie de taysachs accumulation de glycolipides (gangliosides par manque de N-acthylhexosaminidase:

détériorations motrices et mentales.

5. Peroxymoses

5.1. Morphologie et structure

a) Peroxymoses. (Microbody)

Ce sont des corpuscules de 0.5μ de diamètre formés d'éléments constants (membrane et matrice) et inconstants (nucléiodes et plaque marginale).

- La membrane à une structure tripartite semblable à celle de la membrane plasmique: 60 à 80 Å. Elle est en continuité avec le REG par l'intermédiaire d'expansions tubulaires souvent sinueuses.

- La matrice est homogène ou finalement granulaire.

- Le nucléoïde occupe le centre du peroxysome. Il est formé d'ADN diffus. Il a une structure multitubulaire. Il est absent chez les primates.

- La plaque marginale. Elle a une structure plate, épaisse, linéaire disposée à la périphérie du peroxysome (8.5nm, plus épais que la membrane du peroxysome). Existe chez de nombreux primates (Foie et reins).

b) Microperoxysomes.

Ils ont un diamètre est compris entre 0.15 et 0.25μ . La membrane a l'épaisseur du REL avec laquelle elle est en continuité. La matrice est finement granulaire ou hétérogène, ne contient jamais de nucléoïde ni de plaque marginale. Les microperoxysomes se forment à partir du REL, alors que les peroxysomes proviennent du REG.

5.2. Fonctions des peroxysomes

Les peroxysomes contiennent essentiellement des oxydases comme la catalase et l'urinase ou urate oxydase. Ils interviennent:

a) Catabolisme des purines:

Les nucléases transforment les nucléotides en nucléosides, puis en bases puriques et pyrimidiques. Selon l'équipement enzymatique des peroxysomes. La dégradation donne de l'Acide urique (chez primates) encore de l'urée (poissons et amphibiens).

b) Régulation du catabolisme du glucose.

Ils règlent le catabolisme du glucose en maintenant un certain taux de NAD qui contrôle la dégradation des glucides pyruvate.

c) Métabolisme des lipides.

Participent à la Beta oxydation des A.gras par formation de radi-caux acétyl (CH_3CO) qui se combinent à l'acétyl CoA. (A. gras avec plus de 24°C)

6. Les mitochondries.

Découvertes par **Altmann en 1894 et décrites par Benda en 1897**, les mitochondries se retrouvent aussi bien chez les cellules animales que chez les cellules végétales. On ne les retrouve pas chez les procaryotes (bactérie et cyanophycées).

a) Morphologie et structure.

Les mitochondries sont facilement observables au M.O grâce à la coloration vitale au vert jaune. Elles sont dispersées dans le hyaloplasme en plus ou moins grand nombre selon le type de cellule. Leur forme est variable selon le Ph et la pression osmotique:

- ovoïde: chondriomite vésiculaire à Ph acide
- sphérique: mitochondrie granulaire chondriome
- batonnet allongé: chondrioconte filament mitochondrie s.l

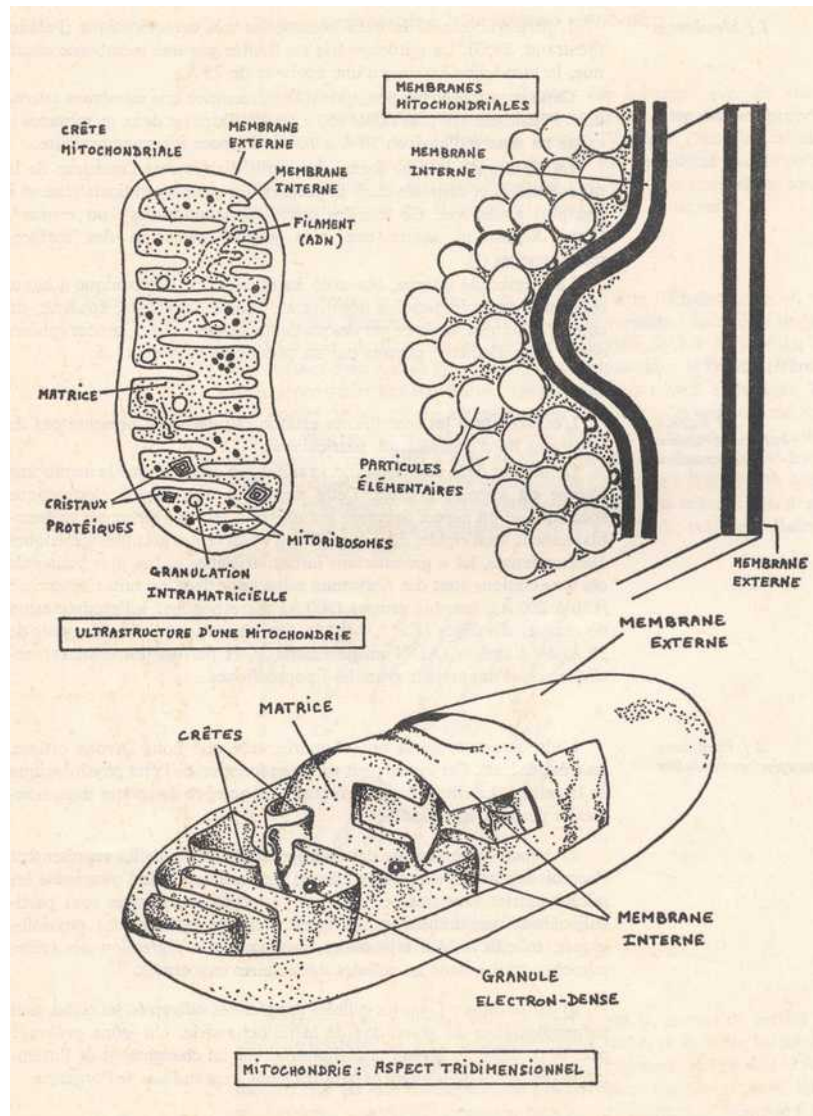
La taille varie de 0.5 à 1 μ de diamètre. Longueur maximale peut varier avec l'activité de la cellule, fragmentation en batonnets plus courts ou fusion en batonnets plus longs.

Une mitochondrie est formée d'une double membrane:

- une membrane externe de 50 à 70 Å d'épaisseur
- une membrane interne de 50 à 70 Å d'épaisseur dont la surface représente 5 fois celle de la membrane externe. Elle contient bcp plus de protéine 80% que de lipide 20% caractérisée par l'absence de cholestérol.

Entre les deux se trouve une chambre externe = 70 Å d'épaisseur qui communique avec la lumière des crêtes mitochondriales.

Dans la membrane interne on retrouve des replis qui plongent dans la chambre interne de la mitochondrie: ce sont les crêtes mitochondriales. Les crêtes mitochondriales compartimentent irrégulièrement la cavité interne remplie d'une substance amorphe: la matrice mitochondriale qui contient des granules denses de 500 Å (cations bivalents, cristaux protéiques) des molécules d'ADN et des mitoribosomes (50 à 60 S). Les crêtes mitochondriales sont généralement non liés à des protéines perpendiculaires au grand axe de la mitochondrie, mais peuvent être parallèles à cet axe dans certaines cellules (Ex: spermatoocytes d'escargot).



Les crêtes mitochondriales sont tapissées de nombreux corpuscules de 90 Å de diamètre rattachés à la membrane par un pédoncule: ce sont les particules élémentaires (ou unités tripartites) qui sont le support de nombreuses enzymes responsables de l'activité physiologique des mitochondries. On estime que 5% des protéines mitochondriales sont synthétisées par les mitochondries elles-mêmes (mtDNA, mitoribosome, ARNm et ARNt)

Les mitochondries proviendraient de la division des mitochondries préexistantes. Il existe une analogie de fonctionnement entre les mitochondries et les bactéries.

b) Rôle.

Les mitochondries riches en enzymes sont considérées comme le centre respiratoire et énergétique de la cellule. elles interviennent dans:

- le cycle de krebs: il se déroule dans la chambre interne:
=>2 moles CO₂, 8 atomes H⁺ et 8e⁻.

- le transfert d'électrons: qui a lieu à la base des unités tripartites (1 mole d'eau-->52 Kcal). Transport d'H-->libération d'E

- la phosphorylation: a lieu dans la tête des unités tripartites



tripartite (1 mole d'eau 52 Kcal-->21 Kcal-->3 moles ATP)

ATP synthétase (ATPase-->36 ATP par molécule de glucose. La phosphorylation oxydative et le transfert d'électrons sont couplés par des facteurs dits facteurs de couplage localisés essentiellement dans la tige de l'unité tripartite.

- β oxydation des acides gras : (hélice de l'ynen)

Elle a lieu dans la matrice comme dans le cycle de Krebs: Voie de dégradation de l'A. palmitique $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ A.acétique.

- La Synthèse des acides gras: (Chemin inverse de la β oxydation)

Gain radical acetyl CH_3CO à chaque cycle.

- Concentration de substances. Ex:vert jaunes. Oxydés(vert) réduit

(incolore), protéines, lipides, des métaux(Ag, Fe, Ca)

Granules de 500Å de phosphate de calcium.

7. Les ribosomes

Mis en évidence en 1953 par Palade dans le hyaloplasme grâce à la microscopie électronique.

a) Morphologie et structure.

Ce sont des granules de 150Å de diamètre qui s'observent dans tous les types cellulaires avec une répartition et une densité variable. On peut les observer dans le hyaloplasme soit isolés, soit en chapelet de quelques dizaines d'unités (polysomes) soit fixés aux parois du REG.

Chaque ribosome est composé de deux parties globulaires de taille inégale, accolées par une face aplatie.

La grande sous-unité est formée de protéines (40) et de deux types d'ARNr; un ARNr 28S et un ARNr 5S.

La petite sous-unité renferme un ARNr 18S et 30 protéines. Le ribosome est attaché à la membrane du REG par la grande sous-unité (présence de récepteurs).

Les polysomes ou polyribosomes sont des formations constituées par une molécule d'ARNm sur laquelle se fixent plusieurs ribosomes, ils sont soit fermement attachés aux membranes du REG, soit libres.

La molécule d'ARNm a une longueur variable (26000Å) son diamètre est de 10 à 15 Å (chez les réticulocytes: Hématies jeunes).

Les ribosomes seraient accolés à la molécule d'ARNm soit par la petite sous-unité au voisinage de son bord libre, soit par de l'ARNm entre les deux sous-unités. Les ribosomes sont distants de 50 à 150Å .

b) Rôle des ribosomes.

C'est au niveau des polysomes que sont synthétisées les protéines. Les ribosomes isolés dans le hyaloplasme ou sur les membranes du REG sont inactifs.

Si les polysomes sont situés dans le hyaloplasme, les protéines synthétisées restent dans le hyaloplasme (protéines destinées à la cellule). Si les polysomes sont fixés aux membranes du REG, les protéines passent dans les cavités du RE (voir schéma)

La synthèse protéique se réalise en 3 phases:

- la phase d'initiation
- la phase d'élongation
- la phase de terminaison

Phase d'initiation.

Le début de la lecture se caractérise par la séparation de la petite sous-unité de la grande sous-unité, puis de la formation d'un complexe d'initiation (petite sous-unité. ARNm)

Un amino acyl tRNA initiateur (le formyl-méthionyl tRNA) se fixe sur le codon de début de lecture (AUG), puis la grande sous-unité s'unit à la petite sous-unité. Le f.mét.tRNA est fixé au site A (site amino acide ou site de décodage ou site de reconnaissance) du ribosome. Le ribosome glisse le long du mRNA de façon à amener f.mét.tRNA au site peptidique (site P)

Phase d'élongation.

Elle survient immédiatement avec des alternances de transpeptidisation et de translocations successives qui lient les acides aminés les uns aux autres.

L'alanyl tRNA se fixent sur le codon suivant GCU placé dans le site A. La méthionine est transférée du f. mét tRNA à la radicale amine libre de l'alamine (Phase d'élongation)

Transpeptidisation: transfert d'AA au radical amine libre de l'AA précédent: liaison peptidique CO-NH: ribosome + K⁺ grâce à une peptidyl transférase. Le tRNA qui était porteur de la f. mét. est libéré en même temps que le ribosome glisse pour amener le codon suivant (UCU) au site A (Phase d'élongation, translocation: Mouvement du mRNA et du ribosome qui place un autre AA au site A en présence de facteur G: Translocation. La petite sous-unité est responsable du couplage codon-anticodon et la grande sous-unité est responsable de la liaison CO-NH (peptidisation. Les ribosomes jouent le rôle de tête de lecture et du déplacement le long de l'ARNm dans le sens 5'-->3. L'addition de chaque AA comporte trois phases successives qui recommencent autant de fois qu'il ya dans la chaîne à synthétiser et qui sont: la fixation de l' amino acyl-ARNt, la formation de la liaison peptidique et la translocation.

Phase de terminaison.

Elle est déclenchée par le codon de fin de lecture UAA placé au site A. Le ribosome libère la protéine (facteur de libération) et se dissocie en deux sous-unités.

- codon de début de lecture AUG. Méthionine

- codon non-sens ou codon de fin de lecture : UAG, UAA, UGA.

Code génétique : universel

CODE GENETIQUE

| I | II | | | | II |
|---|-----------------------------------|------------------------------|---|---|------------------|
| | U | C | A | G | |
| U | UUU Phe UUC UUA Leu UUG | UCU UCC UCA Ser UCG | UAU Tyr UAC UAA Fin de chaîne UAG | UGU Cys UGC UGA Fin de chaîne UGG Trp | U C A G |
| C | CUU CUC CUA Leu CUG | CCU CCC CCA Pro CCG | CAU CAC His CAA Glu CAG | CGU CGC CGA Arg CGG | U C A G |
| A | AUU AUC Ile AUA AUG* Met | ACU ACC Thr ACA ACG | AAU AAC Asn AAA Lys AAG | AGU AGC Ser AGA AGG Arg | U C A G |
| G | GUU GUC GUA Val GUG | GCU GCC GCA Ala GCG | GAU GAC Asp GAA Glu GAG | GGU GGC GGA GLY GGG | U C A G |

* AUG est le signal de début de synthèse protéique.