



CHAPITRE 3

LA CELLULE ANIMALE

Avant de commencer : Je vous ai mis de nombreuses vidéos en lien avec ce chapitre. N'hésitez pas à commencer par leur visionnage.

Quelle que soit leur origine, les cellules animales présentent une unité de structure : elles sont délimitées par une membrane cytoplasmique entourant un cytoplasme dans lequel se trouvent le noyau et un certain nombre d'organites cytoplasmiques. C'est ce qu'on appelle l'ultrastructure cellulaire.

La cellule est l'**unité structurale et fonctionnelle** du vivant. Chaque cellule est l'équivalent d'un organisme miniature, toutes les fonctions s'y accomplissent (respiration, digestion, excrétion, reproduction...). Ainsi, à cette première échelle, les trois fonctions du vivant sont possible : nutrition, communication et reproduction !

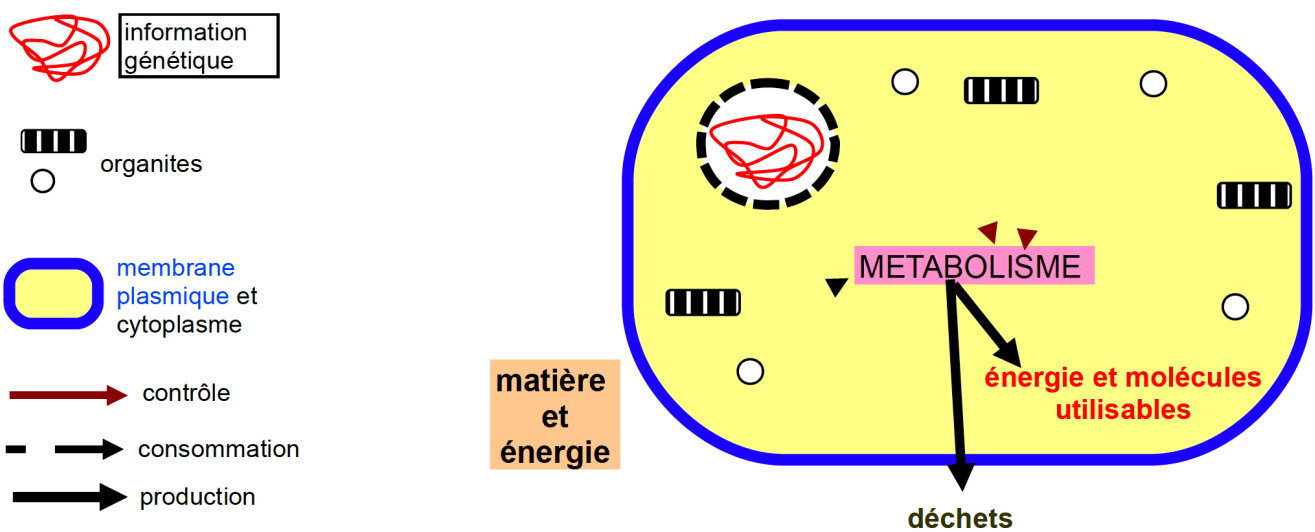


Figure 14 : Schématisation d'une cellule animale. D'après <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/>

L'ULTRASTRUCTURE CELLULAIRE

1 LA MEMBRANE PLASMIQUE

Chaque cellule est entourée d'une membrane très mince. Cette membrane est une structure organisée et complexe qui sépare le milieu intracellulaire du milieu extracellulaire. Elle est constituée d'une **double couche de phospholipides** (on parle également de bicouche phospholipidique) **et de cholestérol**.

Par ailleurs, de nombreuses **protéines** participent à la formation de cette membrane et permettent d'exercer un nombre important de fonctions. Ainsi, certaines d'entre elles forment des canaux **protéiques** qui traversent la totalité de la membrane, permettant des **échanges avec le milieu extra et intracellulaire**.

Elle porte également sur sa face en contact avec le milieu extracellulaire des molécules qui interviennent dans la reconnaissance de molécules élaborées par d'autres cellules (les hormones par exemple) mais également qui permettent la reconnaissance cellulaire (groupes sanguins, système HLA). Cette face externe porte également des sucres fixés sur les protéines (= glycoprotéines) et sur les lipides (= glycolipides).

La membrane plasmique est également une barrière qui permet de trier les molécules qui peuvent entrer ou non dans le cytoplasme.

La membrane plasmique peut posséder des différenciations qui amplifient ses fonctions : elle développe des microvillosités pour les cellules absorbantes, des jonctions intercellulaires lorsqu'une adhérence forte est nécessaire entre les cellules (par exemple entre cellules épithéliales) ou entre les cellules et la matrice extracellulaire.

La membrane plasmique associée au cytosquelette participe au maintien de la forme et aux mouvements de la cellule.

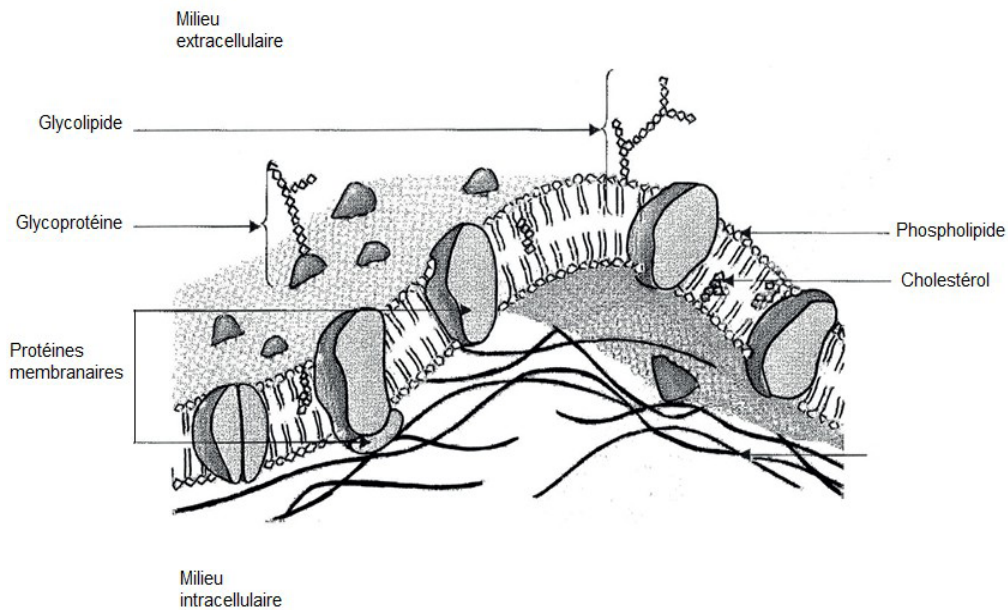


Figure 15 : Représentation schématique et simplifiée de la membrane plasmique. (Remarque : ce schéma est notamment issu de l'annale 2012 du BTS Diététique et il était à légender).

2 LE NOYAU

Le **noyau** est la plus grosse structure à l'intérieur de la cellule. Il est entouré de deux membranes dont la structure est la même que celle de la membrane cellulaire. L'ensemble des deux membranes forme l'**enveloppe nucléaire**. Cette dernière est traversée par de nombreux pores nucléaires, c'est-à-dire des ouvertures très structurées permettant le déplacement de molécules entre l'intérieur du noyau et le cytoplasme de la cellule. L'intérieur de ce noyau correspond au nucléoplasme dans lequel on retrouve le matériel génétique (sous forme d'ADN) et des nucléoles (lieu de fabrication des ribosomes).

Le noyau est le siège de la réplication de l'ADN et de la transcription en une molécule (l'ARN messager ou ARNm) porteuse de l'information, qui est décodée et traduite en protéines par les ribosomes dans le cytoplasme (traduction).

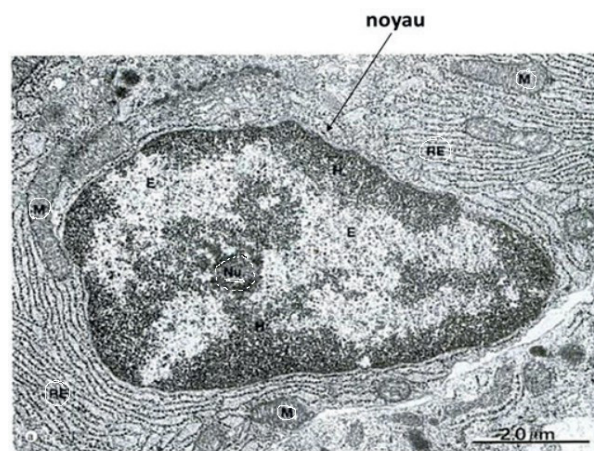


Figure 16 : Observation au microscope électronique du noyau.

Légende : Nu : nucléole ; E et H différentes formes de l'ADN ; RE : réticulum endoplasmique. M : mitochondrie. Source : image adaptée d'après *Atlas d'histologie fonctionnelle de Wheater, Heath, Wheater, Stevens et Young, De Boeck, 2008.*

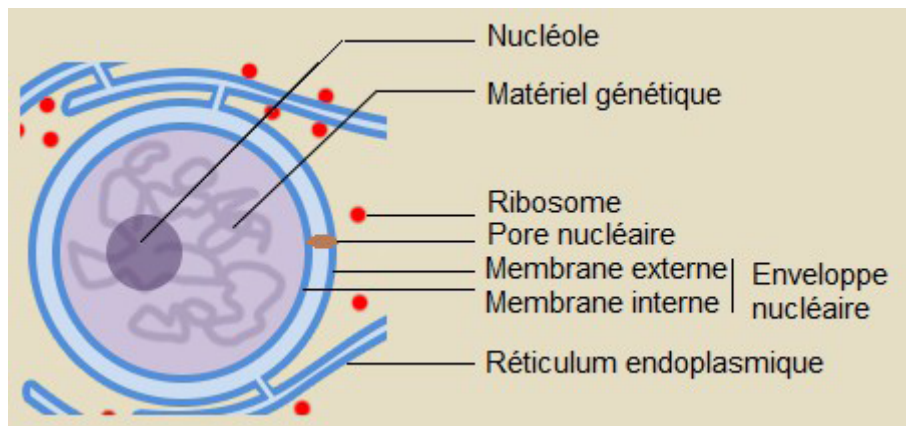


Figure 17 : Représentation schématique du noyau cellulaire.

3 LE SYSTÈME ENDOMEMBRANAIRE

Le système endomembranaire regroupe le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi et les lysosomes. Ces organites communiquent entre eux par l'intermédiaire de vésicules formées par bourgeonnement de leurs membranes.

Réticulum endoplasmique

Le réticulum endoplasmique (RE) est un ensemble de cavités limitées par une membrane (toujours une double couche phospholipidique).

Le RE est

- **granulaire** (REG ou rugueux RER) lorsque des ribosomes sont accolés à la face externe de sa membrane. Il est alors impliqué dans la synthèse des protéines qui seront exportées ou membranaires.
- **lisse** (REL) lorsqu'il est dépourvu de ribosomes. Le REL est impliqué dans la synthèse de lipides et dans le stockage des ions calciums.

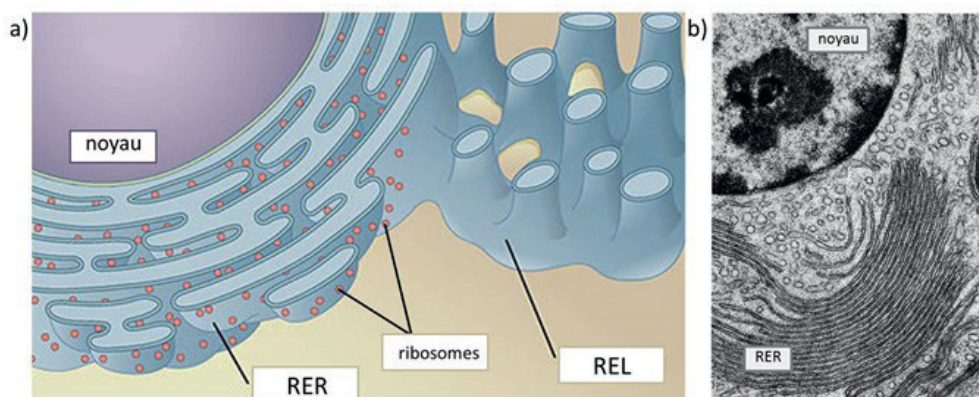


Figure 18 : Représentation schématique a) et observation au microscope électronique (à transmission) b) du réticulum endoplasmique lisse et rugueux. Source: a) image adaptée de *Anatomy and Physiology, OpenStax College, 2013.* b) image adaptée de *The cell, Fawcett, W. B. Saunders Compagny, 1981.*

Appareil de Golgi

L'appareil de Golgi est **constitué par des empilements de saccules** appelés dictyosomes. **Un dictyosome est polarisé**, avec une face cis orientée vers le RE et qui va recevoir des vésicules et une face trans qui va libérer des vésicules.

L'appareil de Golgi modifie, trie, emballe et expédie les produits élaborés par le RE.

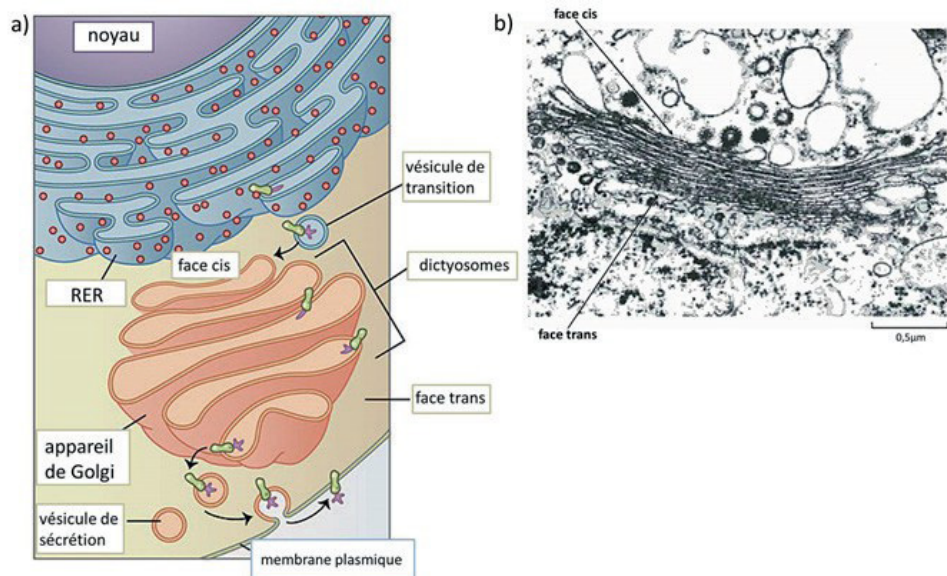


Figure 19 : Représentation schématique a) et observation au microscope électronique à transmission b) de l'appareil de Golgi. Source: a) image adaptée de Anatomy and Physiology, OpenStax College, 2013. b) d'après La cellule: une approche moléculaire, Cooper, De Boeck, 1999.

Lysosomes

Les lysosomes, nécessaires à la «**digestion cellulaire**», contiennent un très grand nombre d'enzymes **capables de dégrader la majorité des molécules contenues dans la cellule**. Ces enzymes coupent les molécules en composés simples qui sont réutilisés par la cellule. Ils sont notamment impliqués dans la phagocytose, processus de la réponse immunitaire.

4 LES MITOCHONDRIES

Les mitochondries, **organites ovalaires de 1 µm de longueur en moyenne**, sont limitées par une membrane externe très perméable et une membrane interne peu perméable (attention, chacune de ces membranes est bien composée d'une double couche phospholipidique).

La membrane interne dessine des crêtes qui plongent dans la matrice mitochondriale : elles contiennent la chaîne respiratoire et la machinerie de synthèse de l'ATP (adénosine tri phosphate), molécule qui délivre une grande partie de l'énergie nécessaire au fonctionnement de la cellule. Cette synthèse fera l'objet d'un chapitre très important de biochimie métabolique en 1ère année du BTS diététique.

La matrice, siège du cycle de Krebs et de l'hélice de Lynen, est impliquée dans la dégradation (catabolisme) des glucides, des lipides et des acides aminés. Elle contient un ADN spécifique, l'ADNmt (ADN mitochondrial) et toute la machinerie moléculaire nécessaire à la synthèse d'une dizaine de protéines.

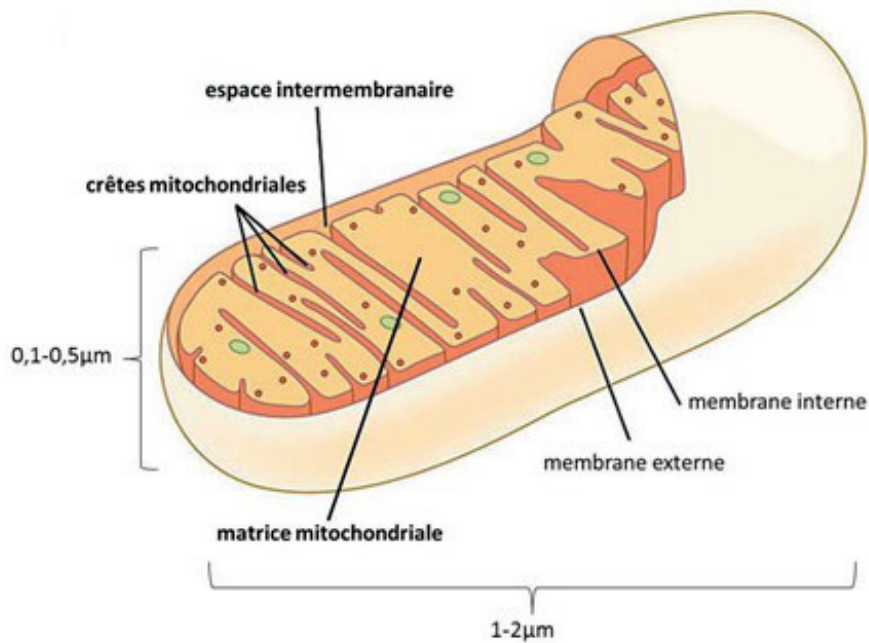


Figure 20 : Image 15 : Représentation schématique d'une mitochondrie. Source: image adaptée de Anatomy and Physiology, OpenStax College, 2013.

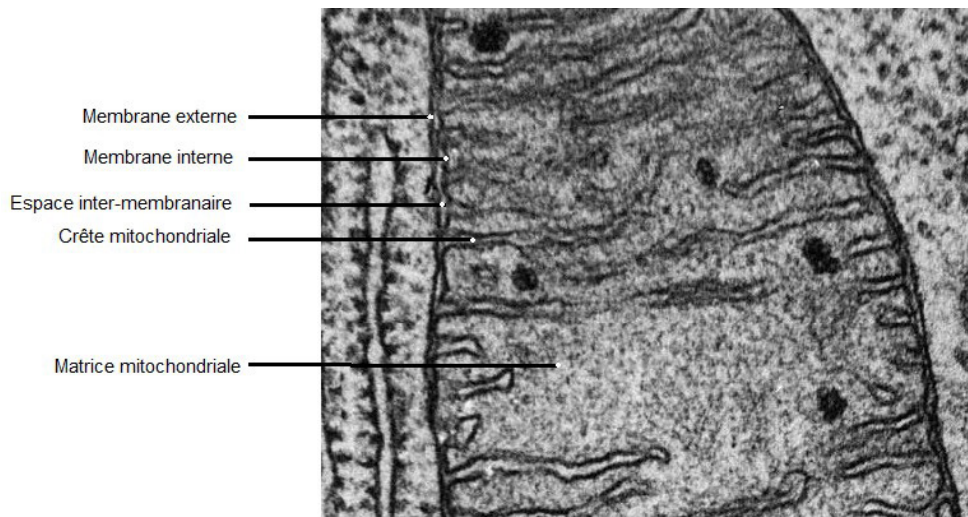


Figure 21 : Observation au microscope électronique d'une portion de mitochondrie.

5 LE CYTOSQUELLE

Le cytosquelette est une entité constituée par l'ensemble des microtubules, des micro filaments d'actine et des filaments intermédiaires. Il intervient dans la morphologie cellulaire, le transport intracellulaire, la mobilité cellulaire, la mitose et la méiose.

6 LE CYTOSOL

Le cytosol est une **solution aqueuse de pH 7** qui ne contient pas de structure visible en microscopie. Il est appelé parfois hyaloplasme (plasma transparent).

Le cytosol est le site de très nombreuses réactions catalysées par des enzymes solubles :

- dégradation des molécules protéiques, lipidiques et glucidiques (catabolisme) ;
- synthèse (anabolisme) de molécules organiques (protéines, glucides, lipides, nucléotides et quelques rares acides aminés) destinées aux membranes des organites.

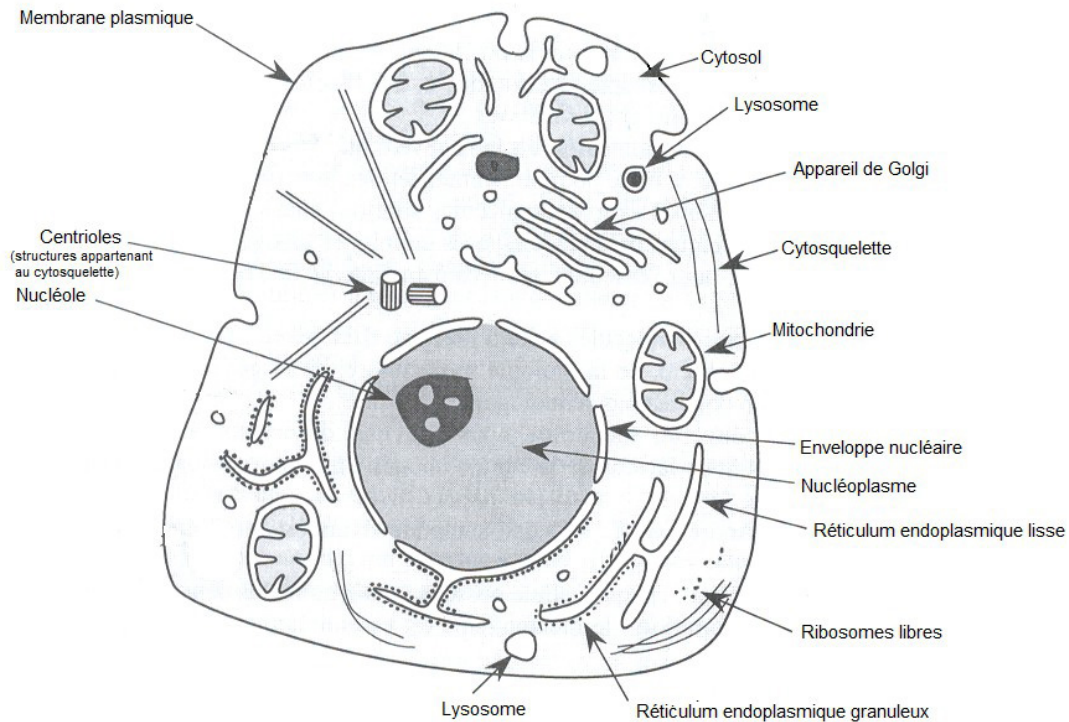


Figure 22 : Schéma bilan d'une cellule eucaryote animale.

Remarque : si vous avez bien appris la méthodologie vue dans le chapitre 0, vous pouvez voir que dans le schéma de la figure 22 cette méthodologie n'est pas du tout appliquée ! Cela arrive souvent, il ne faut pas que cela vous déstabilise pour autant !

LES TRANSFERTS MEMBRANAIRES

1 GÉNÉRALITÉS

A l'interface entre le milieu intra et extracellulaire, la membrane plasmique assure des fonctions essentielles à la vie des cellules. Parmi ces fonctions, la constitution d'un gradient électrochimique transmembranaire est indispensable aux échanges de substances entre les compartiments intra et extracellulaires. De façon simplifiée, un gradient va correspondre à une différence de concentration, ou de charge ou les 2 entre 2 compartiments séparés par une membrane.

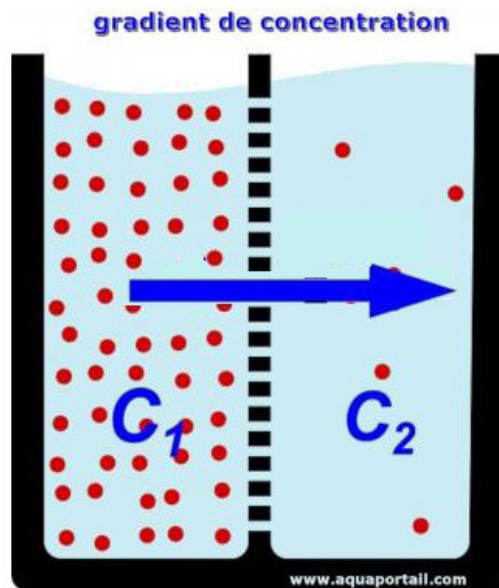


Figure 23 : Représentation schématique d'un gradient de concentration. Avec C1 et C2 les compartiments 1 et 2. La flèche indique le sens du gradient. Modifié d'après www.aquaportail.com

Ainsi, **la composition des milieux intra et extracellulaires est différente**. Cette asymétrie est notamment importante au niveau de la répartition des ions et est fondamentale dans le fonctionnement du vivant puisqu'elle est à l'origine de la formation de l'énergie dans les mitochondries (au niveau de la chaîne respiratoire) et de l'influx nerveux (au niveau des neurones). En particulier, les gradients électrochimiques de potassium (K^+) et de sodium (Na^+) sont essentiels : le milieu intracellulaire est riche en potassium tandis que le milieu extracellulaire est riche en sodium.

Les bicouches phospholipidiques étant diversement perméables aux petites molécules et parfaitement imperméables aux ions minéraux ou organiques, des mécanismes spécifiques de transport doivent être mis en œuvre pour assurer efficacement leur passage ; ce sont en fait des protéines qui en sont chargées. Tous les systèmes de transport connus sont constitués de protéines transmembranaires.

Vocabulaire

- lorsqu'un seul composé est transporté, on parle d'uniport ;
- lorsque deux molécules (ou plus) sont transportées simultanément, on parle de cotransport ;
- lorsque le transport de deux solutés se fait dans le même sens, on parle de symport ; s'il se fait dans des directions opposées, on parle d'antiport.

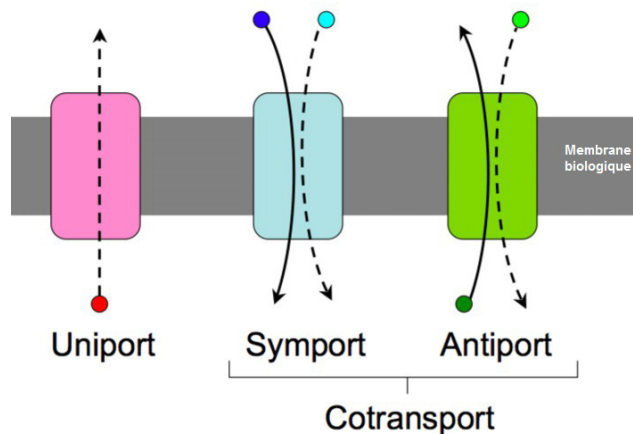


Figure 24 : Représentation des différents types de transports à travers les membranes biologiques.

Par ailleurs, il faut envisager deux situations différentes. La diffusion est un mouvement spontané qui ne nécessite pas d'apport d'énergie extérieure et se fait du compartiment le plus concentré vers le compartiment le plus dilué ; on dit que le mouvement s'effectue dans le sens du gradient de concentration.

Les cellules peuvent cependant s'opposer à la diffusion en consommant de l'énergie, généralement grâce à l'ATP, molécule énergétique de l'organisme. Elles sont ainsi susceptibles de transporter des ions ou des molécules à contre courant du mouvement lié au simple gradient de concentration.

Sur la base de cette distinction fondamentale on décrira des mécanismes de transport passif, ou spontanés, et des mécanismes de transport actif, nécessairement couplés à une source d'énergie.

Courte vidéo qui résume les notions de gradient et de transports passif et actif :

<https://scolawebtv.crdp-versailles.fr/?id=54683>

2 LE PASSAGE DE L'EAU ET DES PETITES MOLÉCULES

Les transports passifs

Ces transports se font dans le sens du gradient de concentration et ne nécessitent donc pas d'énergie pour fonctionner. Suivant le type de molécules, il existe plusieurs modalités : la diffusion simple, l'osmose et la diffusion facilitée par des canaux ou par des protéines spécifiques.

> DIFFUSION SIMPLE

Cette diffusion se fait directement à travers la double couche phospholipidique. Elle concerne uniquement les molécules ayant une affinité pour les lipides, c'est-à-dire qu'elles sont lipophiles. On retrouve certaines hormones de nature lipidique (hormones stéroïdiennes et thyroïdiennes) ainsi que des gaz (CO₂, O₂ notamment).

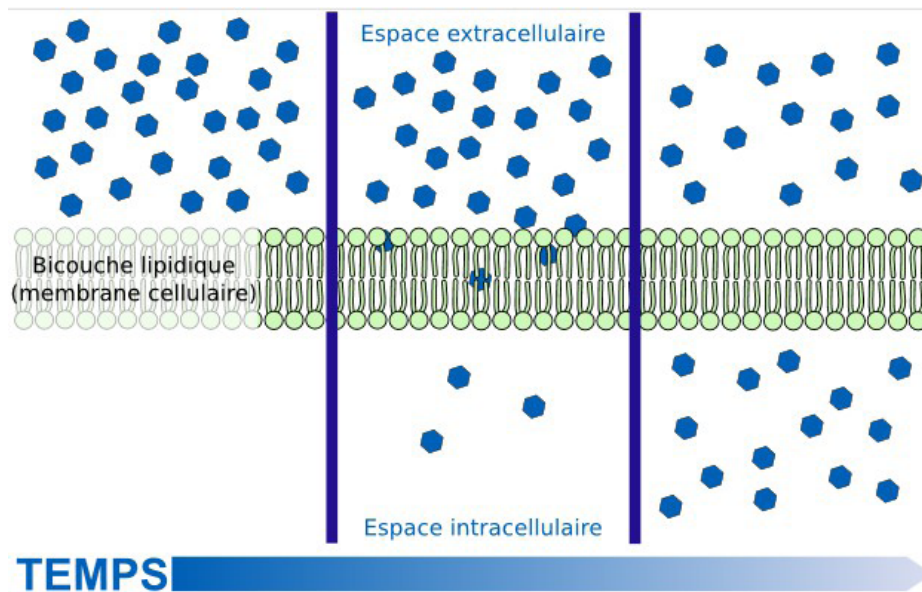


Figure 25 : Représentation de la diffusion simple à travers une bicouche phospholipidique au cours du temps. Par 2007-02-04 (English original); 2010-09-15 (French translation) - Translation of Image: Scheme_simple_diffusion_in_cell_membrane-en.svg, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11496139>

> L'OSMOSE

L'osmose est également un transport par diffusion facilitée mais elle s'applique uniquement à l'eau. Ses caractéristiques sont identiques.

> DIFFUSION FACILITÉE

On parle de diffusion facilitée car la diffusion des molécules se fait grâce à des protéines transmembranaires.

Il existe deux types de protéines permettant la diffusion facilitée :

- les canaux qui laissent passer des ions suivant le gradient de concentration. Un stimulus (électrique, mécanique ou chimique) va induire l'ouverture du canal permettant le passage de l'ion. C'est le cas pour les canaux sodium et potassium voltage dépendant notamment qui interviennent dans la communication nerveuse.
- les perméases qui sont des protéines spécifiques des molécules à transporter. La fixation de la molécule à transporter va induire un changement de la structure de la protéine permettant le passage de la molécule. C'est une perméase qui permet au glucose notamment de rentrer dans les cellules.

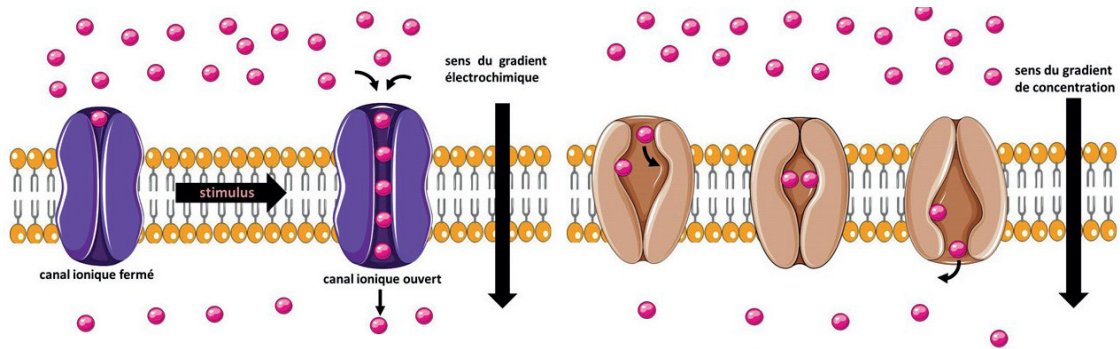


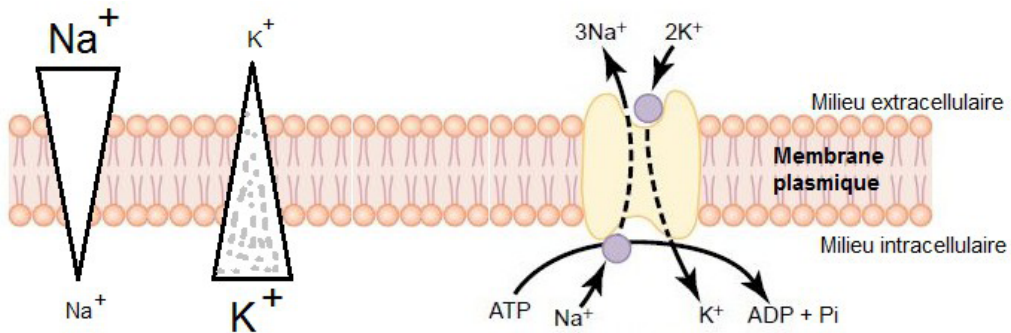
Figure 26 : Représentation schématique de la diffusion facilitée grâce à des canaux et des perméases. Source : image adaptée par A.Mulot de Servier Medical Art.

Les transports actifs

Ce type de transport se fait contre le gradient de concentration et nécessite donc de l'énergie.

C'est le cas de la pompe Na^+/K^+ ATPase qui permet de faire sortir des ions sodium contre leur gradient de concentration et en même temps de faire entrer des ions potassium également contre leur gradient de concentration. Pour cela, elle consomme de l'énergie en hydrolysant (coupant) une liaison chimique riche en énergie contenue dans la molécule d'ATP.

On considère que près du tiers de l'énergie cellulaire dépensée dans une cellule animale banale sert en fait à faire fonctionner cette pompe !



Légende:

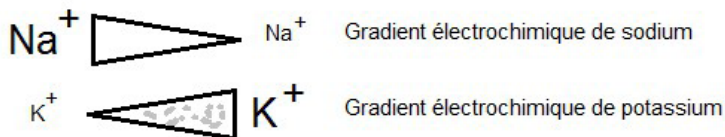


Figure 27 : Représentation schématique du fonctionnement de la pompe Na^+/K^+ ATPase.

Le transport de macromolécules

Les phénomènes d'échange analysés jusqu'ici relèvent du mécanisme général de la perméation, c'est-à-dire du passage à travers la membrane cytoplasmique ; les protéines de transport mises en jeu ne peuvent transporter que des petites molécules organiques polaires ou des ions (minéraux ou organiques).

Or, la plupart des cellules eucaryotes sont capables d'absorber ou de sécréter des macromolécules, telles que des protéines ou des polysaccharides. Certaines, même, peuvent ingérer des particules de grande taille, y compris des cellules à peine plus petites qu'elles. Le mécanisme de franchissement de la membrane plasmique mis en œuvre ici implique la formation de vésicules limitées par une membrane simple.

Suivant le sens du mouvement, on distingue deux grands types de processus : l'**endocytose**, qui recouvre les événements d'**intérieurisation** (pénétration) de matériel, et l'**exocytose**, qui concerne au contraire ceux associés à la **sécrétion** de composés dans le milieu extérieur.

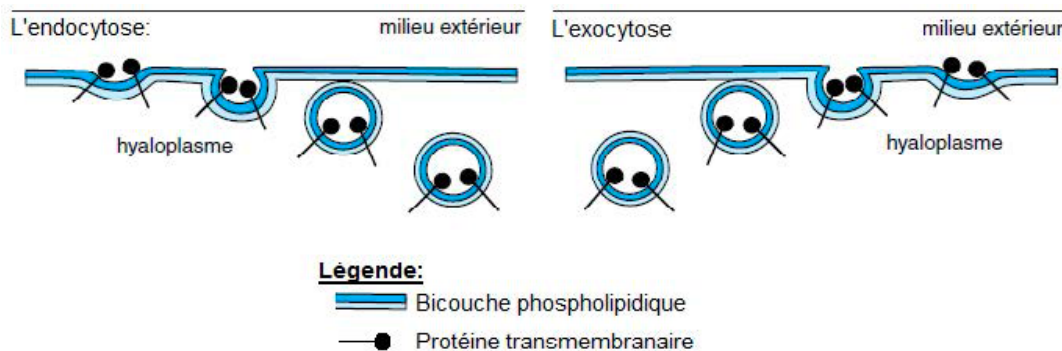


Figure 28 : Représentation simplifiée de l'endocytose et de l'exocytose. Adaptée de Biologie cellulaire, Des molécules aux organismes de J.C Callen, chez Dunod.

L'endocytose

Dans l'endocytose, la membrane plasmique s'invagine progressivement au niveau de la zone où le matériel extracellulaire doit être absorbé (= endocyté), puis elle se pince et forme une vésicule close ; les étapes initiales sont un peu différentes selon que les particules absorbées sont des macromolécules ou des particules de grande taille.

En fonction de la taille du matériel absorbé, on distingue deux processus mettant en jeu des mécanismes différents :

- **la pinocytose** (au sens étymologique, la « boisson » de la cellule), qui est l'ingestion de fluides ou de macromolécules, au moyen de petites vésicules ;
- **la phagocytose**, qui est l'absorption de grosses particules ou de cellules, au moyen de grandes vésicules : les phagosomes .

L'exocytose

Dans l'exocytose, ce sont des vésicules d'origine interne à la cellule, le plus souvent issues du réseau des dictyosomes, qui sont chargées de produits de sécrétion. Après s'être ouvertes au niveau de la membrane cytoplasmique, elles émettent leur contenu à l'extérieur de la cellule.

LE CYCLE CELLULAIRE

1 INTRODUCTION

Le cycle cellulaire se définit par la suite des transformations que subit une cellule entre le début de sa formation jusqu'à sa division en deux cellules filles, génétiquement identiques.

Il peut être divisé en deux grandes phases:

- **L'interphase** : elle correspond à une phase de croissance durant laquelle les cellules assurent leurs fonctions physiologiques. La majorité des cellules se trouvent dans cette phase du cycle.
- **La mitose** : elle correspond à une phase de division cellulaire durant laquelle les chromosomes vont se séparer en deux lots identiques, il s'agit de la mitose, ainsi que la cellule mère qui va donner deux cellules filles, il s'agit de la cytotélerèse (ou cytokinèse).

Un cycle cellulaire permet ainsi à une cellule mère de former deux cellules filles génétiquement identiques. Il s'agit donc d'un processus de reproduction asexuée ou encore de clonage cellulaire, les deux cellules filles étant des clones de la cellule mère.

2 LES DIFFÉRENTES PHASES

La plus grande partie du cycle cellulaire est occupée par l'interphase qui correspond à la période comprise entre la fin d'une division et le début de la suivante. Elle se décompose en trois phases :

- **la phase G1** : elle correspond à une phase de synthèse (autre que celle de l'ADN) durant laquelle la cellule élabore toutes les molécules nécessaires à la division cellulaire. Chaque chromosome est alors constitué d'une seule molécule d'ADN associée à des protéines.
- **la phase S** : elle correspond à la phase de duplication de l'ADN, grâce à un mécanisme appelé la réplication. Durant cette phase, la quantité d'ADN est doublée, sans que le nombre de chromosomes par cellule ne varie.

la phase G2 : elle correspond à la phase de préparation à la division cellulaire. Chaque chromosome est constitué de deux molécules identiques d'ADN appelées chromatides.

Suite à l'interphase, la cellule entre en mitose. La mitose est caractérisée par la condensation de l'ADN qui se retrouve alors sous forme de chromosomes visibles en microscopie optique. Ces derniers se séparent en deux lots génétiquement identiques qui se répartissent dans les deux cellules filles. La mitose est constituée de quatre phases (dans l'ordre : prophase, métaphase, anaphase et télophase) durant lesquelles les chromosomes vont se condenser, se placer au centre de la cellule (sur le plan équatorial), se séparer et enfin migrer aux deux pôles de la cellule.

La cellule subit également des modifications :

- le noyau disparaît durant la prophase pour se reformer à la fin de la mitose ;
- des microtubules apparaissent dans le cytoplasme : ils vont permettre l'organisation des chromosomes sur le plan équatorial ainsi que leur migration aux pôles.

Durant la dernière phase de la mitose (c'est-à-dire durant la télophase), un sillon de division se forme au niveau de l'équateur de la cellule. Ce sillon va permettre la séparation de la cellule mère en deux cellules filles, c'est la cytotélorèse ou cytokinèse.

Les deux cellules filles obtenues sont identiques et possèdent une seule molécule d'ADN par chromosome. Elles sont en phase G1.

LIENS

Pour commencer : un résumé sur ce qu'est une cellule : <https://www.youtube.com/watch?v=jSRMqO0e908>

Pour continuer, sur la même notion : <https://www.youtube.com/watch?v=VDEfZh9lmi0>

Toute la série de vidéos faites par la même personne est de très bonne qualité :

- Sur la membrane plasmique : <https://www.youtube.com/watch?v=KjY6ruVXoG4>
- Sur le noyau : <https://www.youtube.com/watch?v=qlxOcQExuF8>
- Sur la mitochondrie : <https://www.youtube.com/watch?v=bawhD8YSuo4>
- Sur le réticulum endoplasmique : <https://www.youtube.com/watch?v=MAo486QMfSk>
- Sur le cytosquelette : <https://www.youtube.com/watch?v=LQmFfKGc5yw>
- Sur les transports membranaires : <https://www.youtube.com/watch?v=PqSX7ojqgsc>
- Sur le cycle cellulaire : <https://www.youtube.com/watch?v=LhNrrwUNJz4>

Toutes les vidéos réalisées par l'INSERM sont d'excellente qualité et tout à fait adaptées pour vous et le BTS Diététique, donc n'hésitez pas à les visionner ! Voici le lien général : <https://www.youtube.com/user/InsermDisc/search?query=mooc>

Cours très complet sur la cellule, reprenant l'ensemble des notions abordées ici. Certaines notions sont davantage développées et seront reprises en 1ère année du BTS : https://www.youtube.com/watch?v=muLu_W6ghh0

TERMINOLOGIE



Caryo- : noyau

Cyto- : cellule

-diérèse : Séparation en 2

Hyal- : transparent

Nucléo- : noyau

LEXIQUE



Anabolisme : Ensemble des réactions biochimiques conduisant à la synthèse de molécules organiques complexes à partir de molécules plus simples

Antiport : Co-transport, via une protéine transmembranaire, de 2 solutés en sens opposés

Catabolisme : Ensemble des réactions biochimiques de dégradation de molécules complexes issues de l'alimentation ou de réserves et conduisant à la libération d'énergie utilisée pour synthétiser de l'ATP

Cellule : Unité structurale et fonctionnelle du vivant

Cytologie : Étude des cellules

Gradient : Variation d'une valeur en fonction de la distance

Métabolisme : Ensemble des réactions enzymatiques qui se déroulent au sein d'un être vivant et plus spécifiquement dans ses cellules et dans son milieu intérieur. Correspond à l'ensemble catabolisme plus anabolisme

Symport : Co-transport, via une protéine transmembranaire, de 2 solutés dans le même sens

Ultrastructure : Structure intra- ou extra-cellulaire de très petite taille qui ne peut être observée qu'au microscope électronique

Uniport : Transport, via une protéine transmembranaire, d'un seul soluté



Entraînez-vous !

Corrigés en fin d'ouvrage

QCM

Questions à choix multiple.

1 Un noyau est observé

- dans les cellules eucaryotes
- dans les hématies
- dans les bactéries
- dans les cellules musculaire

2 Une cellule eucaryote

- est une cellule pourvue d'un noyau
- est une cellule sans noyau
- possède un noyau délimité par une membrane
- possède un noyau délimité par une enveloppe nucléaire

3 Lequel des composants suivants s'observe dans une cellule procaryote

- la mitochondrie
- le noyau
- le ribosome
- le chloroplaste

4 Les petits grains présents parfois sur le réticulum endoplasmique sont

- la mitochondrie
- le ribosome
- des bactéries
- des lysosomes

5 Quel est le rôle des mitochondries dans la cellule

- La destruction de déchets
- La production de protéines
- La production d'énergie