

C. Les échanges membranaires : transport passif, transport actif, transport vésiculaire

I. Le transport passif et actif

I.1. Le transport membranaire

Le transport membranaire est le passage d'une molécule, d'un ion ou d'une particule à travers la bicouche lipidique de la membrane plasmique ou des organites. De ce fait, la membrane cellulaire joue le rôle de barrière hautement sélective. Cette sélectivité permet :

- Le passage des molécules indispensables (aa, glucose...) vers l'intérieur de la cellule.
- Aux métabolites intermédiaires de ne pas s'échapper de la cellule.
- Aux déchets métaboliques de quitter la cellule.

Ces échanges permettent à la cellule de maintenir des concentrations de solutés dans le cytoplasme différentes de celles du milieu extracellulaire.

I.2. Définition de la perméabilité

La perméabilité est la propriété que possède la surface cellulaire d'absorber directement des substances du milieu extracellulaire et d'éliminer d'autres. Elle peut prendre deux formes.

- **La perméabilité passive ou transport passif** : Elle dépend uniquement des lois physicochimiques et ne nécessitent pas l'intervention active de la cellule. On distingue deux types les diffusions simple et facilitée.
- **La perméabilité active ou transport actif** : elle implique la participation de la cellule par un apport d'énergie métabolique, mécanisme permettant le transport contre le gradient de concentration.

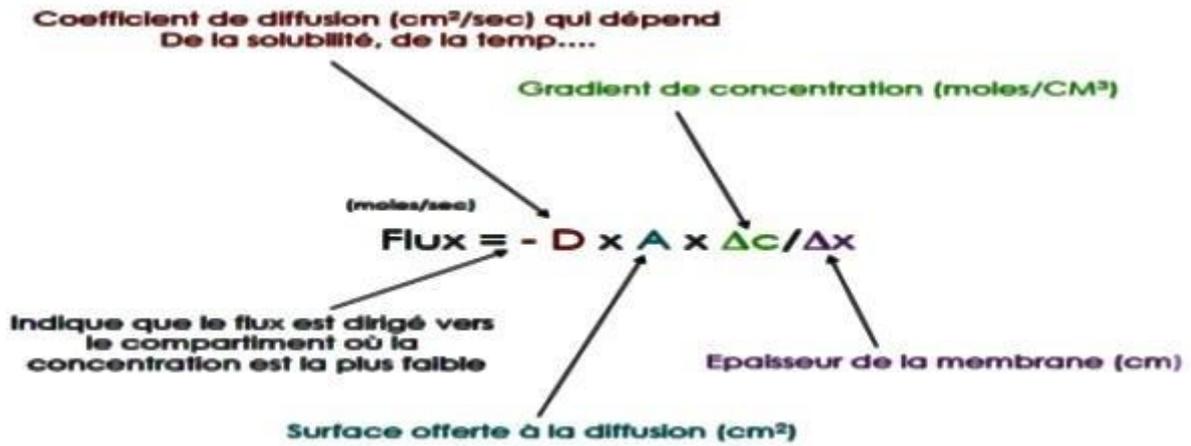
I.2.1. La Perméabilité passive

I.2.1.1. Diffusion simple

Se fait à travers la partie lipidique de la membrane plasmique ; pas d'intervention des protéines membranaires. C'est un phénomène purement physicochimique. Cette diffusion se fait dans le sens du gradient. Elle intéresse les molécules liposolubles. Plus la molécule est de petite taille plus elle passe (AG, les stéroïdes, O₂, CO).

Le gradient de concentration : il est connu que le flux net d'une substance se fait du compartiment de forte concentration vers le compartiment de faible concentration. La loi de Fick permet de calculer le flux.

- **Loi de Fick** : considérons une molécule qui traverse par diffusion simple une membrane de surface A et d'épaisseur X, séparant deux solutions de concentrations C1 et C2 (C1 > C2).



Le flux de diffusion est directement proportionnel au gradient de concentration. La diffusion est effectuée de la concentration supérieure à la concentration inférieure et donc ce gradient prend le signe (-).

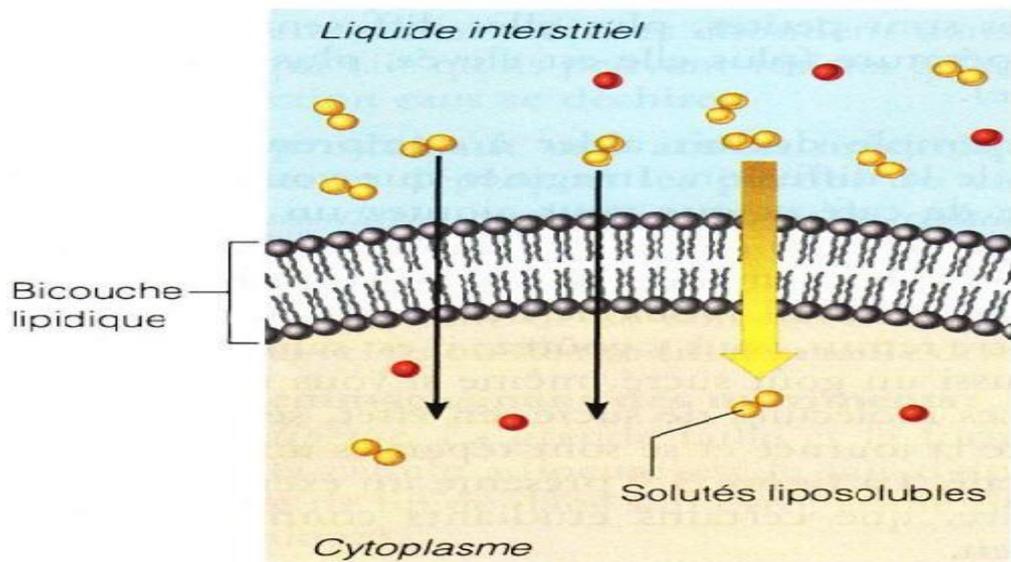


Figure II.10. Diffusion simple à travers la membrane plasmique [12].

I.2.1.2. Diffusion facilitée

Elle concerne la perméabilité de diverses molécules polaires (oses, ion, acides aminés) qui passent à travers la membrane plasmique sous l'effet du gradient de concentration. Ne nécessite pas d'énergie, car elle respecte le gradient de concentration. La diffusion facilitée est plus rapide et plus efficace que la diffusion simple. Elle utilise obligatoirement des protéines transmembranaires (transporteurs) donc :

- Spécificité protéines de transport / substrat ;
- Possibilité d'inhibition compétitive ;
- Possibilité d'inactivation chimique ;
- Phénomène saturable.

Diffusion facilitée par perméases ou transporteurs

Ce sont des protéines transmembranaires qui vont lier d'une manière spécifique la molécule à transporter « perméase » qui va changer de conformation et qui va libérer la molécule à transporter de l'autre côté de la membrane.

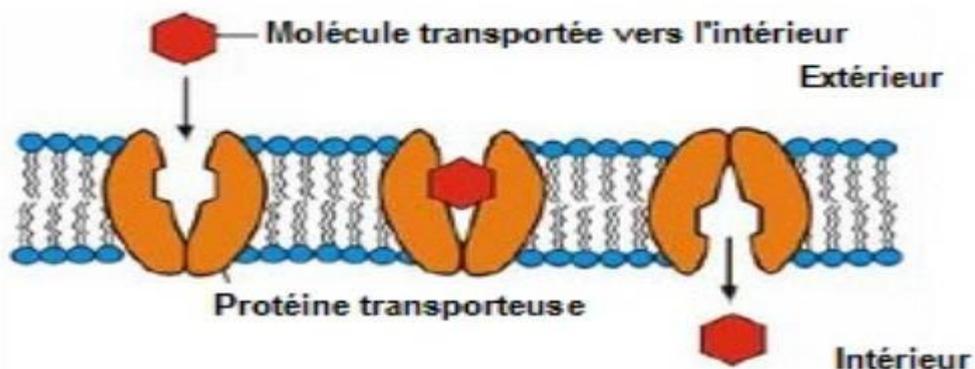


Figure II.11. Diffusion à travers les perméases [13].

Diffusion facilitée par canaux protéiques à ouverture contrôlée

Ils existent des canaux protéiques qui normalement sont fermés. Ils ne s'ouvrent que de manière provisoire dans des conditions particulières. En s'ouvrant, ils laissent passer un ion ou un groupe d'ions particuliers (spécificité). On distingue deux types :

- Canaux ioniques à ouverture contrôlée par le ligand ne permettant le passage des ions dans le sens du gradient de concentration qu'après la fixation du ligand.
- Canaux ioniques à ouverture contrôlée par la tension ne permettant le passage des ions dans le sens du gradient de concentration qu'après une petite variation de la ddp membranaire.

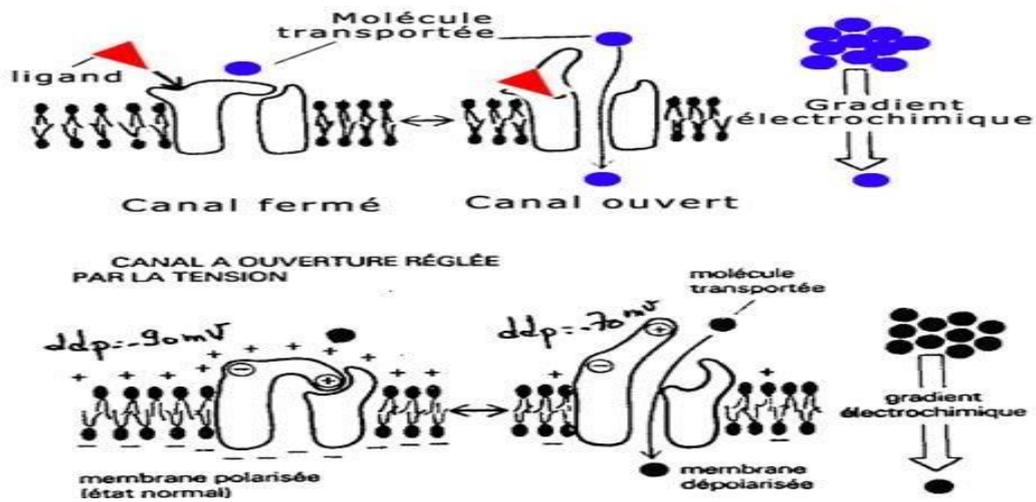


Figure II. 12. Diffusion facilitée par canaux protéiques à ouverture contrôlée [14].

De plus, le transporteur ou le canal transmembranaire peuvent assurer le passage :

Uniport : ne transporte qu'une molécule dans un sens donné.

Symport : transporte 2 molécules simultanément dans le même sens (cotransport).

Antiport : transporte 2 molécules simultanément en sens opposés, (cotransport).

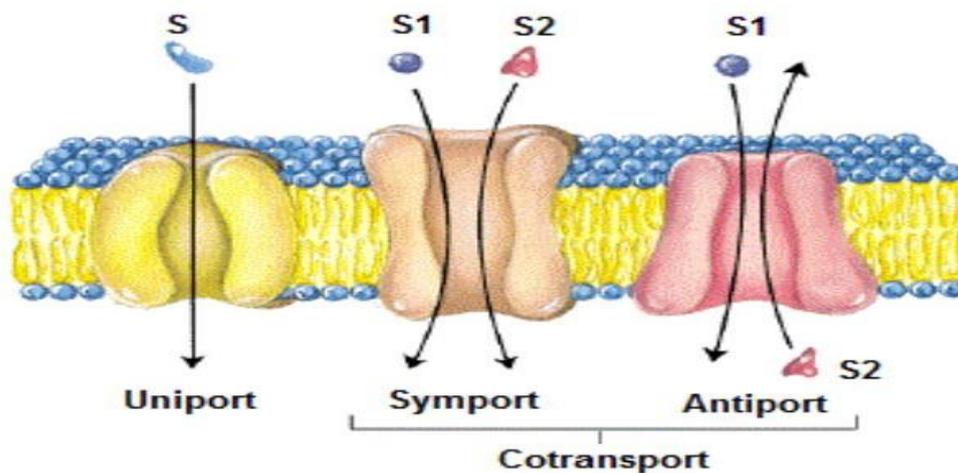


Figure II. 13. Les types de transporteurs [13].

I.2.2. Cas particulier de l'eau : phénomène d'osmose

Durant l'osmose, l'eau traverse sélectivement une membrane semi-perméable (ex mb plasmique) pour aller du milieu hypotonique (le moins concentré ou le plus dilué) vers le milieu hypertonique (le plus concentré donc le moins dilué). En effet, l'eau cherche à diluer le milieu hypertonique jusqu'à atteindre un équilibre de part et d'autre de la membrane. L'osmose ne nécessite aucune énergie et ne concerne que les déplacements d'eau. Deux types de diffusion : à travers la bicouche lipidique ou par les canaux hydriques (protéines aquaporines).

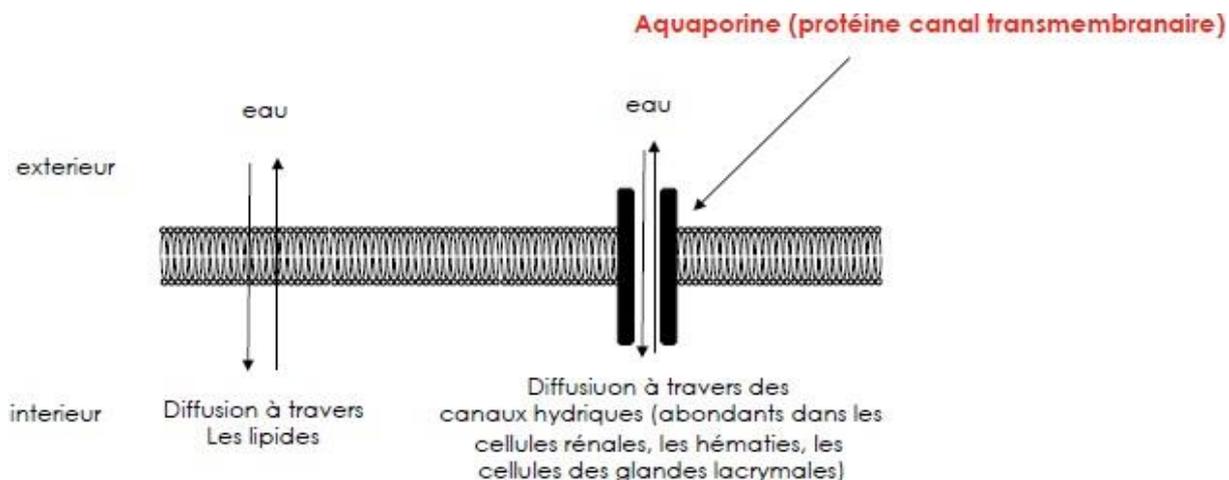


Figure II. 14. Transport de l'eau [15].

I.2.3. Perméabilité active ou transport actif

Ce type de transport permet de faire des déplacements à l'encontre du gradient de concentration. Il fait appel à des transporteurs dont le changement de configuration permettant le passage de la substance, nécessite de l'énergie, fournit principalement par la dégradation de l'ATP. La présence de protéine fait que ce phénomène est saturable.

Chez les Eucaryotes, il existe de nombreux exemples : la pompe Na^+/K^+ intervenant entre autres dans la génération de l'influx nerveux, la pompe Ca^{++} permettant la contraction musculaire et la pompe H^+ qui a une importance dans la récupération de l'énergie de la respiration.

- **La pompe antiport Na^+/K^+ ATPase**

Elle est constituée de deux sous-unités :

- une sous-unité α non glycosylée de 110 kDa qui a l'activité enzymatique ATPasique.
- une sous-unité β glycosylée de 55 kDa.

Cette pompe fait entrer dans la cellule deux ions K^+ et fait sortir trois ions Na^+ .

Donc, l'enzyme possède deux conformations différentes :

E1 : haute affinité pour Na^+ oriente vers l'intérieur de la cellule.

E2 : possède un site de liaison à haute affinité pour K^+ de la cote extracellulaire.

Les différentes étapes de ce type de transport :

- E1 fixe 3 Na^+ et un ATP pour former un complexe ternaire ;
- le complexe réagit, et obtention d'un intermédiaire aspartyl~P riche en énergie ;
- l'intermédiaire prend une conformation E2-P faible en énergie et libère hors de la cellule les Na^+ ;
- E2-P va fixer 2 K^+ ;
- le groupement phosphate est hydrolyse ;
- E2 redevient E1 après sa libération dans la cellule des K^+ .

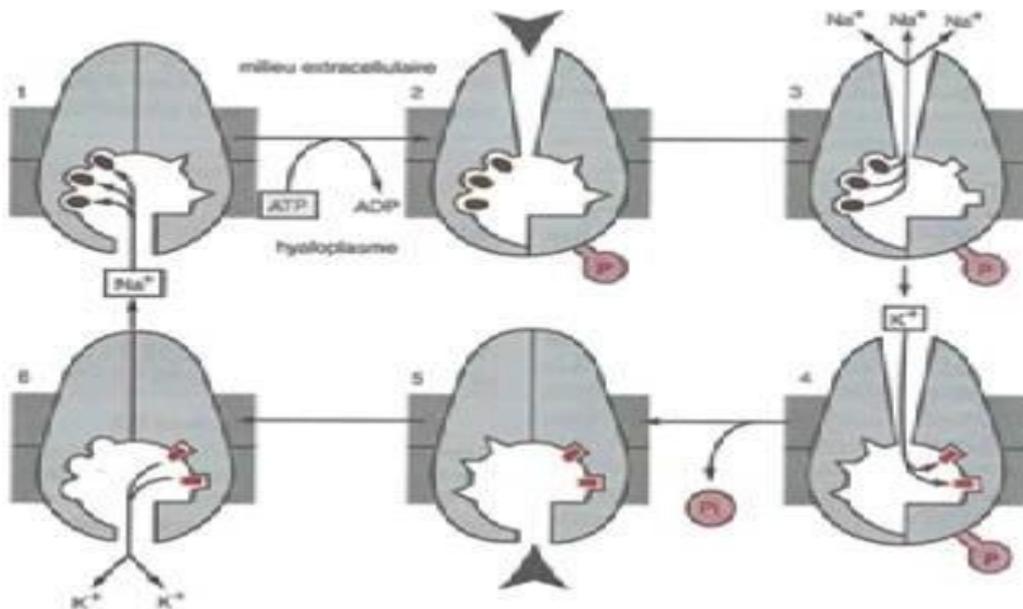


Figure II. 15. La pompe Na^+/K^+ ATPase [14].

- **Effet de l'ouabaïne** : l'ouabaïne est un alcaloïde qui possède les propriétés suivantes :
 - L'ouabaïne inhibe la pompe $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ lorsqu'elle est appliquée à l'extérieur de la cellule.
 - L'ouabaïne entre en compétition avec le K^+ .
 - L'ouabaïne inhibe une enzyme responsable de la dégradation de l'ATP (ATPase).

II. Le transport de macromolécules (transport vésiculaire)

Les cellules ont également mis au point des méthodes pour transporter du matériel tel que des protéines ou des phospholipides qui sont trop volumineux pour traverser la membrane par des canaux ou des pompes. Ces transports peuvent se faire, soit entre le milieu extérieur et la cellule, soit entre différents organites d'une même cellule.

II.1. Endocytose

Elle permet de faire entrer des composés de grandes tailles dans la cellule. On observe pour cela une invagination de la membrane et un pincement entraînant la formation d'une vésicule d'endocytose. On distingue différentes endocytoses selon la taille de la vésicule formée.

- **Pinocytose** : les vésicules formées sont petites (entre 50 et 120 nm de diamètre). C'est un phénomène non spécifique. la cellule englobe une partie du liquide extra cellulaire.
- **Endocytose à récepteurs** : c'est un endocytose spécifique, les particules à ingérer sont reconnues par des récepteurs membranaires. Exp : les LDL (une des formes du cholestérol sanguin). Les récepteurs de la membrane plasmique reconnaissent la protéine Apo-B sur le LDL. Apo-B va se fixer sur le récepteur au niveau d'un puits recouvert de clathrine et la vésicule va pouvoir se former. Le diamètre de ces vésicules fait entre 100 et 150 nm. Une fois la vésicule formée, la clathrine se détache et va être recyclée vers la membrane. La vésicule lisse va fusionner avec un lysosome.
- **Phagocytose** : elle concerne les particules de grandes tailles (supérieure à 1 μ m). C'est un mécanisme de défense immunitaire. Les macrophages phagocytent les débris cellulaires et les microorganismes pathogènes.

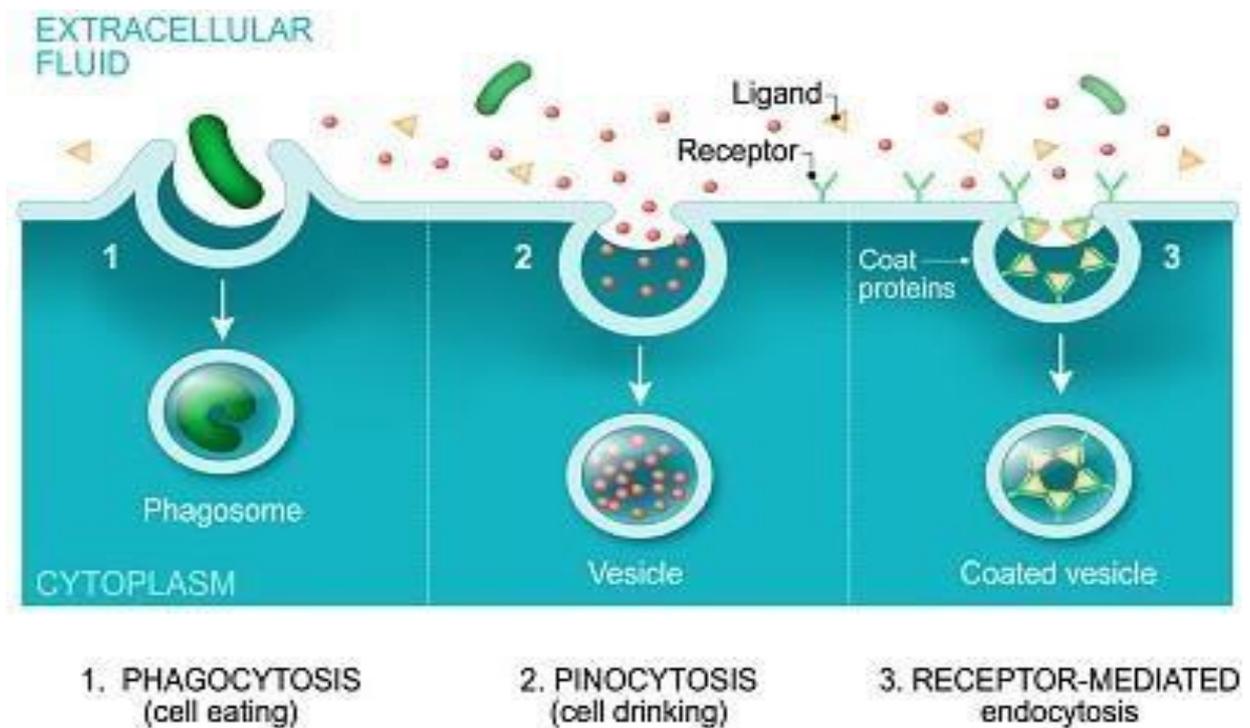


Figure II. 16. Les différentes voies de l'endocytose [16].

II.2. Exocytose

L'exocytose est un mécanisme qui permet le passage de certaines substances de l'intérieur de la cellule vers le milieu extracellulaire. Avant d'être expulsées, ces substances sont enfermées dans un sac constitué d'une membrane qu'on appelle vésicule. L'étape suivante est la migration de cette vésicule en direction de la MP puis sa fusion avec celle-ci. Pour terminer, le contenu de la vésicule se déversera lors dans le milieu extracellulaire.

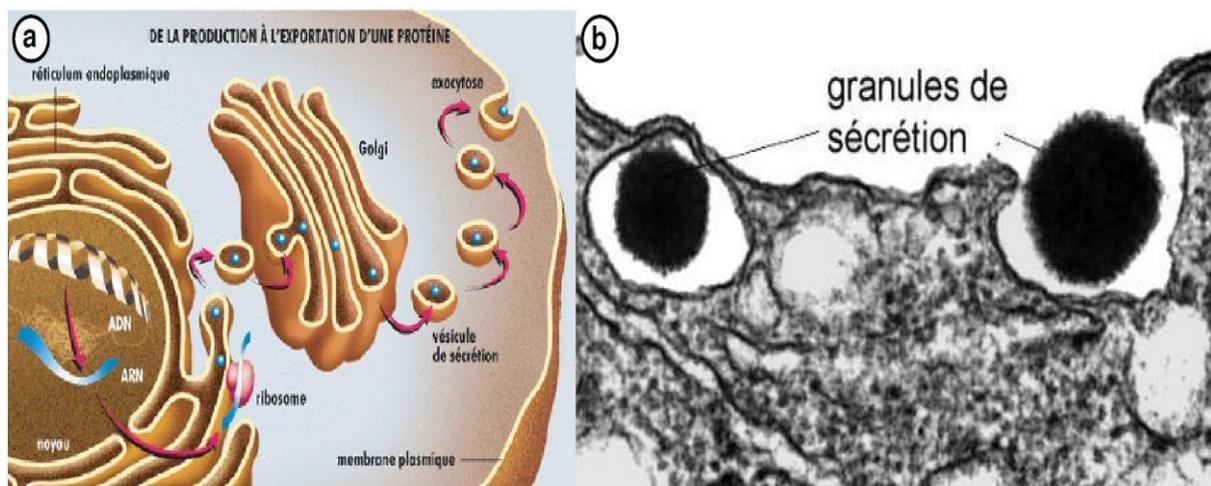


Figure II. 17. Principales voies du trafic intracellulaire. (a) Les voies de sécrétion et d'exocytose mettent en jeu le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi. (b) Exocytose de vacuoles sécrétrices observée en microscopie électronique [17].