

Chapitre 2

Biomembranes

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

**Institut des sciences de la nature et de la vie
1ère année sciences de la nature et de la vie
Responsable de la matière : Dr. Hamra Fatima**

Cours 3 : Les échanges membranaires

1. Définition

Le **transport membranaire** est le passage d'une molécule ou d'un ion à travers une membrane plasmique. Il implique un déplacement entre deux compartiments séparés par une membrane, dont les propriétés et la composition influenceront sur ce transport. Le passage de ces substances à travers la membrane peut se faire : Soit directement (c'est la perméabilité membranaire), soit par l'intermédiaire des vésicules formées à partir de la membrane (c'est l'endocytose et l'exocytose) Il existe plusieurs types de transport membranaire.

2. Transport passif

Le transport passif est un transport qui se fait sans consommation d'énergie, il se fait donc selon **le gradient électrochimique** (ou, pour les solutés non chargés, selon **le gradient de concentration**). Il permet, lorsque deux solutions de concentrations différentes sont séparées par une membrane, que des molécules la traversent de façon qu'à l'équilibre, les concentrations deviennent identiques (solutions isotoniques). Il en existe 2 types : la diffusion ("diffusion simple" ou "diffusion libre" et "diffusion facilitée") et l'osmose ou la diffusion de l'eau (qui se fait contre le gradient de concentration en solutés et suivant le gradient de potentiel hydrique).

Remarque : Le gradient de concentration = La concentration du milieu extérieur doit être supérieure à celle du milieu intérieur.

2. 1 Diffusion simple ou libre :

La diffusion simple est la diffusion à travers la membrane plasmique (dans le sens des concentrations fortes vers les concentrations faibles, jusqu'à équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane) ; pas d'intervention des protéines membranaires. Elle intéresse les molécules liposolubles.

La diffusion libre est un phénomène physique passif. Ce type de passage n'est possible que si la molécule est « soluble » dans la membrane phospholipidique, c'est-à-dire qu'elle peut traverser directement la bicouche de phospholipides

La **double couche lipidique** est **perméable** :

- Aux molécules **liposoluble** (hydrophobe, non polaires).
- Aux molécules très petites (H_2O, CO_2, O_2).

La double couche lipidique est **imperméable** :

Aux grosses molécules et à la plupart des molécules solubles dans l'eau (hydrosoluble, polaires)

Aux ions (K^+, Cl^-, Na^+)

Expérience d'Overton 1902

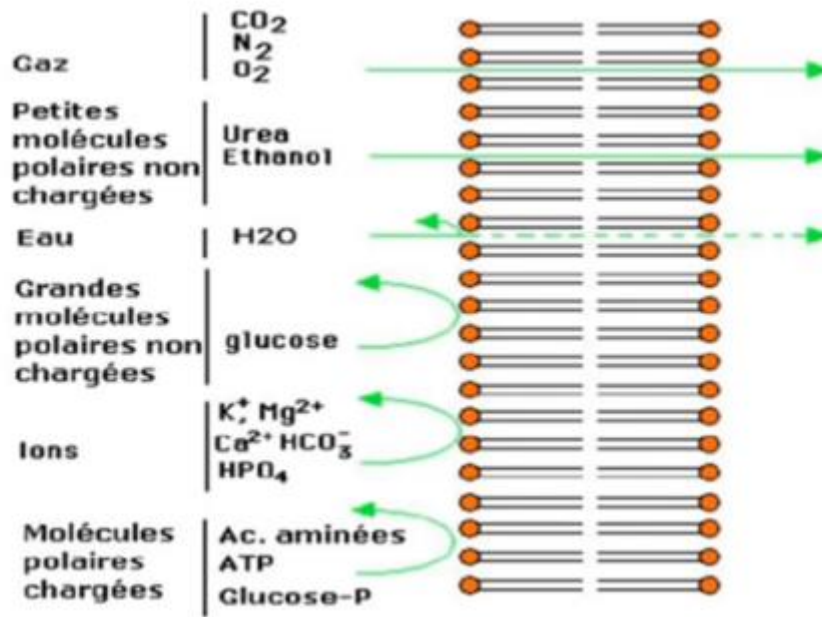


Figure 1 : Perméabilité sélective de la membrane plasmique vis-à-vis de certaines molécules et ions

➤ **Facteurs régulant la Diffusion simple**

- **La liposolubilité:** c'est le facteur déterminant
- **Le poids moléculaire:** la membrane plasmique (MP) est imperméable aux molécules ayant un **PM > 150 Da**

- **L'ionisation :** la MP est imperméable aux molécules chargées. Ainsi une molécule déterminée peut exister sous deux formes, l'une ionisée et l'autre non ionisée qui diffusera plus vite dans une membrane biologique alors que l'ionisée ne diffusera pas (ou peu) à travers la membrane plasmique.

- **La surface d'échange :** certaines ϕ (intestinales et rénales) sont spécialisées dans les échanges, elles présentent alors des adaptations morphologiques (microvillosités, invaginations) qui leur permettent d'augmenter leur surface d'échange.

- **L'épaisseur** de la MP (elle est sensiblement constante pour l'ensemble des cellules).

2.2 Diffusion facilitée

Il existe en biologie un transport dit de diffusion facilitée. Comme la diffusion libre, la différence de concentration est le moteur du transport. Cependant, la molécule ne traverse pas directement la membrane, elle doit utiliser une protéine transmembranaire de transport :

1. Les protéines de canal ou tunnels ou conductines (canaux ioniques) :

Concerne des substances mais liposolubles comme l'eau, électrolytes, hydrates de carbone. Les pores qui permettent plus le passage d'ions spécifiques sont appelés canaux ioniques (Na^+ , Cl^-) dont le transport se fait selon leur gradient électrochimique. Elles ne doivent pas changer de forme pour permettre le passage.

Ce transport par les protéines de canal est :

- Très spécifique : Elles ne laissent passer qu'une ou que quelques sortes de molécules et pas d'autres ;
- extrêmement rapide ;
- et régulé, les protéines de canal ont la capacité de se fermer.

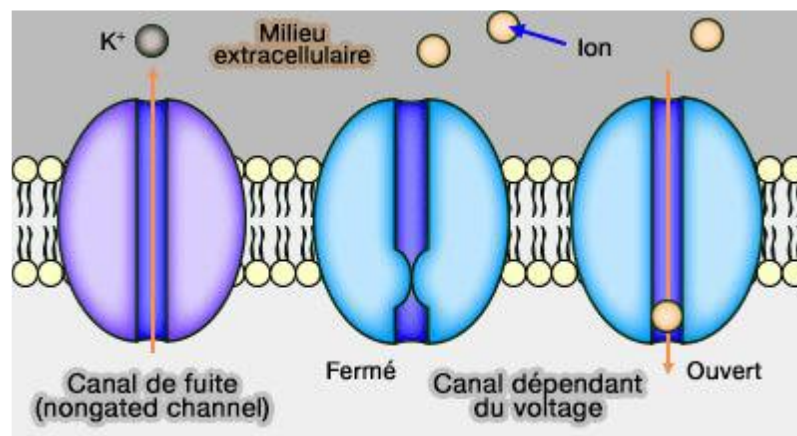


Figure 2 : Diffusion à travers les pores ioniques

2. Les transporteurs : ils changent de forme pour déplacer des molécules d'un côté à l'autre d'une membrane. Ce transport est similaire à celui des protéines canaux, si ce n'est qu'il est généralement moins rapide.

Ce type de transport est également saturable, et la vitesse est limitée par l'accessibilité au transporteur. Plus la concentration de la substance à transporter augmente, plus le nombre de perméases recrutées augmente et le système de transport devient saturé, par conséquent la vitesse de transport ralentit.

Les perméases sont de ce type de protéines porteuses possèdent un site de fixation qui permet, une fois la molécule fixée, de modifier la forme de la protéine afin que la molécule puisse intégrer le cytoplasme, mais aussi les transporteurs de **glucose** ainsi que beaucoup d'autres. Il ne dépend pas non plus de l'hydrophobicité des substances déplacées.

On donne différent nom au transporteur:

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).

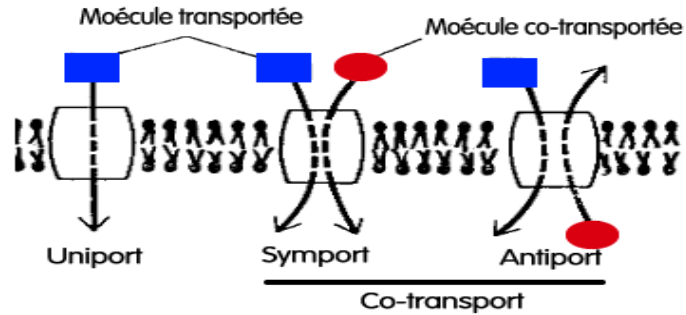


Figure 3 : Des protéines porteuses fonctionnant comme : uniport, symport ou antiport

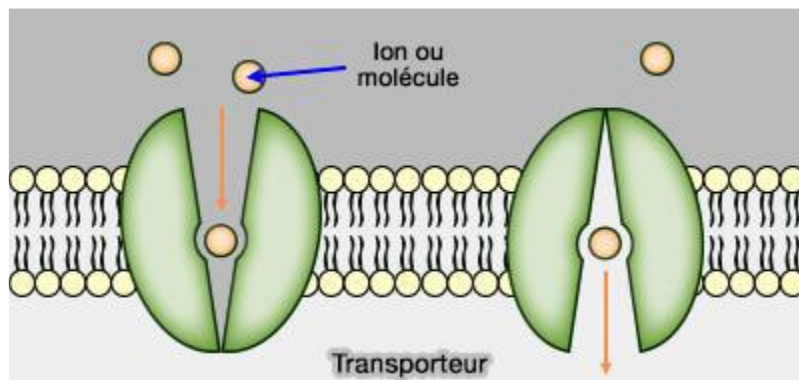


Figure 4 : Diffusion à travers les perméases

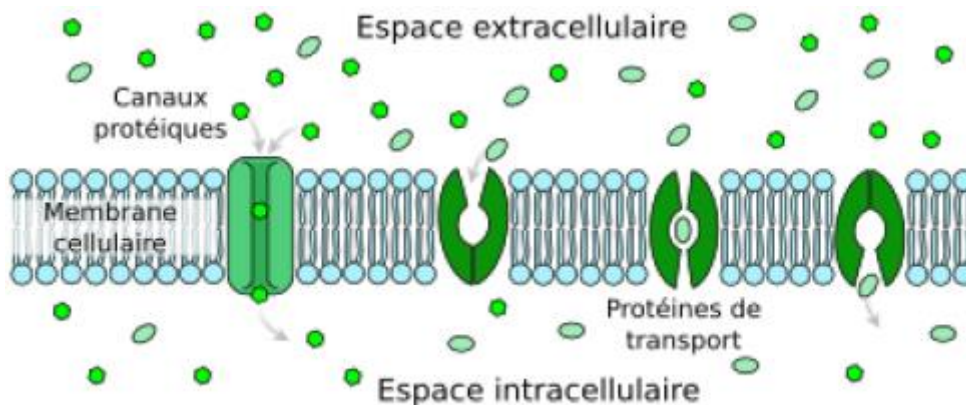


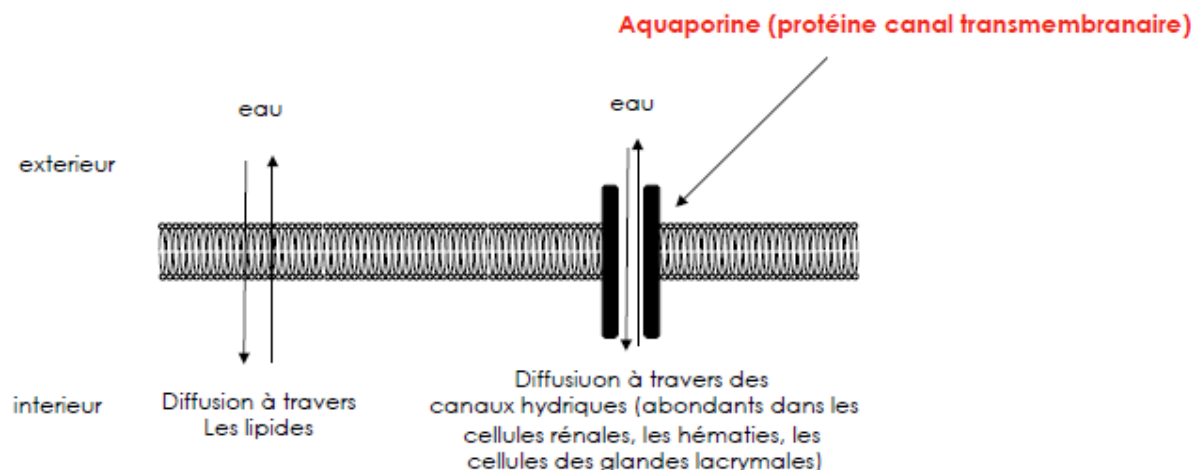
Figure 5: Diffusion facilitée

2.3 Diffusion de l'eau (osmose)

L'osmose est un phénomène physique passif qui se produit seulement si les solutions sont séparées par une membrane semi-perméable (présence de pores). Elle est influencée par des solutés qui sont trop gros pour traverser la membrane (diamètre des pores adapté seulement aux molécules d'eau). Seul le solvant (eau) peut alors traverser la membrane du côté hypotonique (le plus dilué) vers le côté hypertonique (le plus concentré) jusqu'à ce que les solutions soient isotoniques (de même concentration).

Pour les molécules d'eau aussi les membranes biologiques constituent une barrière semi-perméable, ne pouvant pas traverser la bicouche lipidique de la membrane plasmique, elles ont besoin de passer à travers des pores formés par des protéines de transport spécifiques appelées aquaporines. L'eau diffuse à travers les aquaporines par osmose.

Les aquaporines sont abondants au niveau des membranes plasmiques des cellules épithéliales du rein et du poumon, dans la conjonctive de l'oeil, les endothéliums et l'hématie. Ce canal n'est pas perméable aux ions : spécifique aux molécules d' H_2O . L'osmose est d'une grande importance pour une multitude de fonctions de l'organisme vivant. Prenons exemple le tube digestif au niveau du quel se fait la réabsorption par osmose du liquide sécrété par les cellules spécialisées qui tapissent la paroi intestinale.



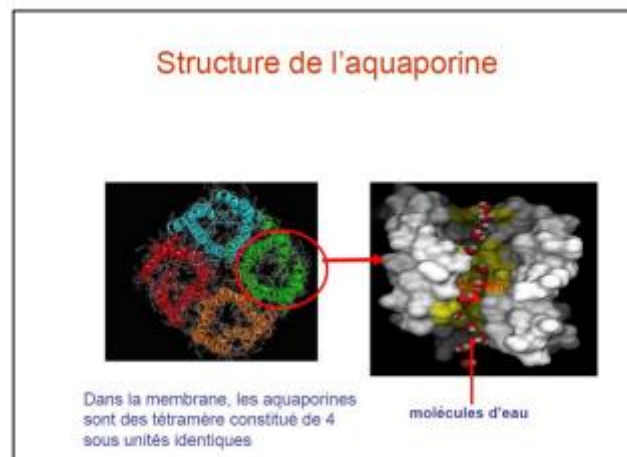
Comment l'eau traverse la membrane de la cellule ?

Peter Agre s'est mérité le Nobel de chimie 2003 pour sa découverte des aquaporines en 1988



1. Passage lent à travers les phospholipides membranaires.
2. Passage rapide à travers les canaux membranaires spécifiques aux molécules d'eau, les aquaporines.

Les aquaporines (on connaît plus de 200 sortes différentes dans le règne végétal qu'animale) permettent le passage de l'eau de part et d'autre de la membrane tout en empêchant les ions de pénétrer dans la cellule.



On distingue différentes aquaporines suivant leur localisation cellulaire ;

AQPO, AQP1; au niveau des membranes des globules rouges et des cellules rénales

AQP 2; au niveau du tube collecteur du rein

AQP 4; dans le cerveau

AQP7/AQP9; dans les adipocytes.

3. Transport actif

Le transport actif implique le transfert d'une molécule contre le gradient de concentration grâce à l'utilisation d'une protéine transmembranaire de type **pompe**. Il y a donc nécessité de fournir de l'énergie car ce transport n'est pas spontané. Il est considéré comme primaire si l'énergie provient de l'hydrolyse d'un nucléotide triphosphate (Ex: **ATP**) ou secondaire lorsque l'énergie provient du gradient électrochimique d'un autre élément que celui transporté (on parle alors de couplage).

Il existe de nombreux exemple chez les Eucaryotes : 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.

Il existe 3 types de transport actif :

- Primaire (Pompes)
- Secondaire (Cotransport)
- Vésiculaire

3.1 Les pompes (transport primaire)

Elles vont coupler le transport d'une molécule contre son gradient par l'hydrolyse de l'ATP d'une manière simplifiée.

A/ Les pompes ioniques :

- * La pompe à sodium- potassium-ATP ase qui va rejeter 3 Na^+ et faire entrer 2 K^+ .
- * La pompe Ca^{+2} + ATP ase qui assure la sortie du Ca^{++} vers le milieu extra cellulaire.
- * Pompe à proton (en thérapeutique les inhibiteurs de la pompe à proton en cas d'ulcère gastrique).

B /Les pompes à molécules :

Transporter de petits peptides, des hormones stéroïdes, différents types d'hormones, des molécules non biologiques (médicaments).

- Rôle : élimination des toxiques : détoxification

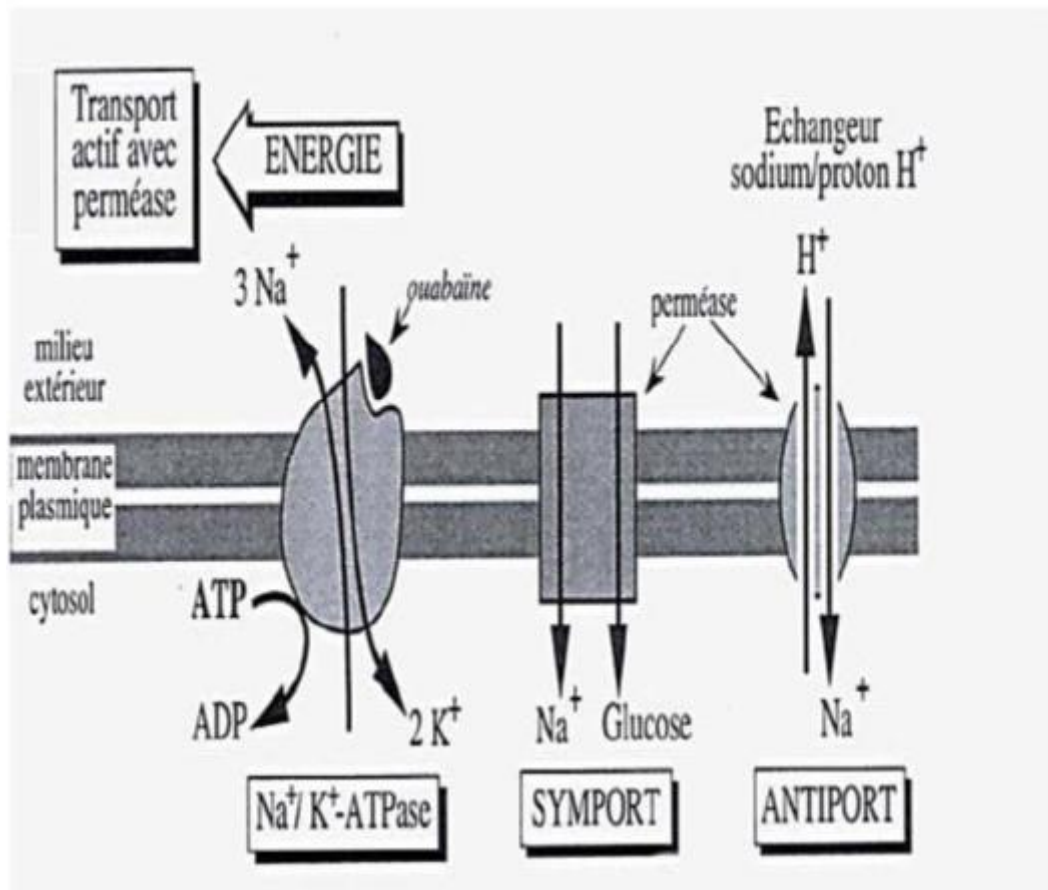


Figure 6 : Transport actif (primaire)

3.2 Transport secondaire

3.2.1 Les cotransporteurs

Ce sont des protéines qui transportent 2 molécules différentes :

- à la fois une molécule est transportée dans le sens du gradient, l'autre molécule est transportée différent de son gradient.
- La 1^{ère} molécule fournit de l'énergie pour la 2^{ème} qui passe contre son gradient.

On distingue 2 types de cotransporteurs :

- ✓ **Les symports** vont transporter les 2 molécules dans le même sens.
- ✓ **Les antiports** vont transporter les 2 molécules dans un sens opposé.

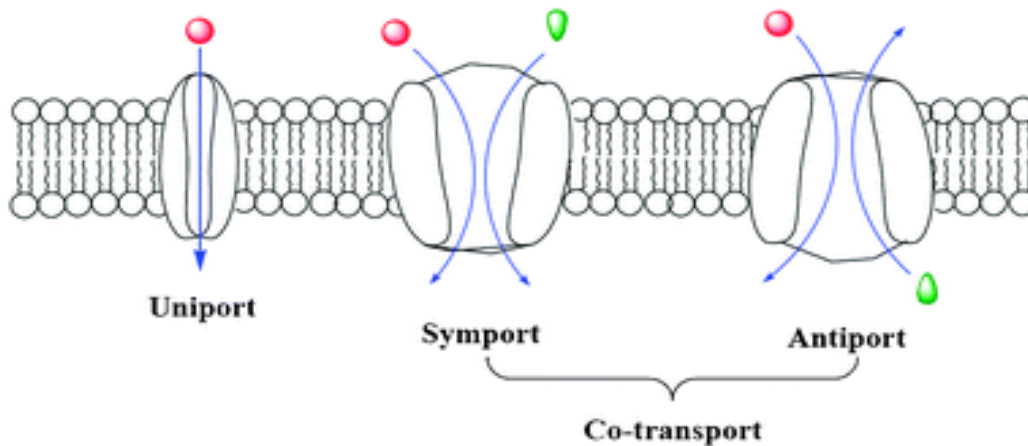


Figure 7 : Représentation des transports de type uniport, symport et antiport

3.3 Transport de macromolécules et de particules (transport vésiculaire)

Les cellules eucaryotes possèdent un réseau complexe de membranes intracellulaires qui communiquent entre eux grâce à des vésicules qui bourgeonnent d'un compartiment donneur et fusionnent avec un compartiment accepteur. Au cours de ces transports vectoriels ou le trafic membranaire, les grosses particules et les macromolécules traversent la membrane et ce mécanisme de transport est activé par l'ATP.

Certaines molécules (protéines par exemple) et particules sont trop grosses pour franchir les membranes par des transporteurs membranaires. Leur transport va donc nécessiter des mouvements de la membrane plasmique pour évacuer/ingérer ces molécules. Les deux principaux modes de transport vésiculaire sont l'exocytose et l'endocytose.

A) Exocytose

C'est le mécanisme selon lequel des substances sont exportées à l'extérieur de la cellule (*exo: à l'extérieur*). Très souvent déclenchée par un signal provenant de la surface de la cellule, tel que la liaison d'une hormone à un récepteur membranaire, le mécanisme de l'exocytose permet la sécrétion d'hormones, dans certains cas l'élimination des déchets.

La substance devant être libérée est d'abord enfermée dans un sac membranaire appelée vésicule de sécrétion. La vésicule migre en direction de la membrane plasmique, elle fusionne avec elle et déverse son contenu à l'extérieur de la cellule.

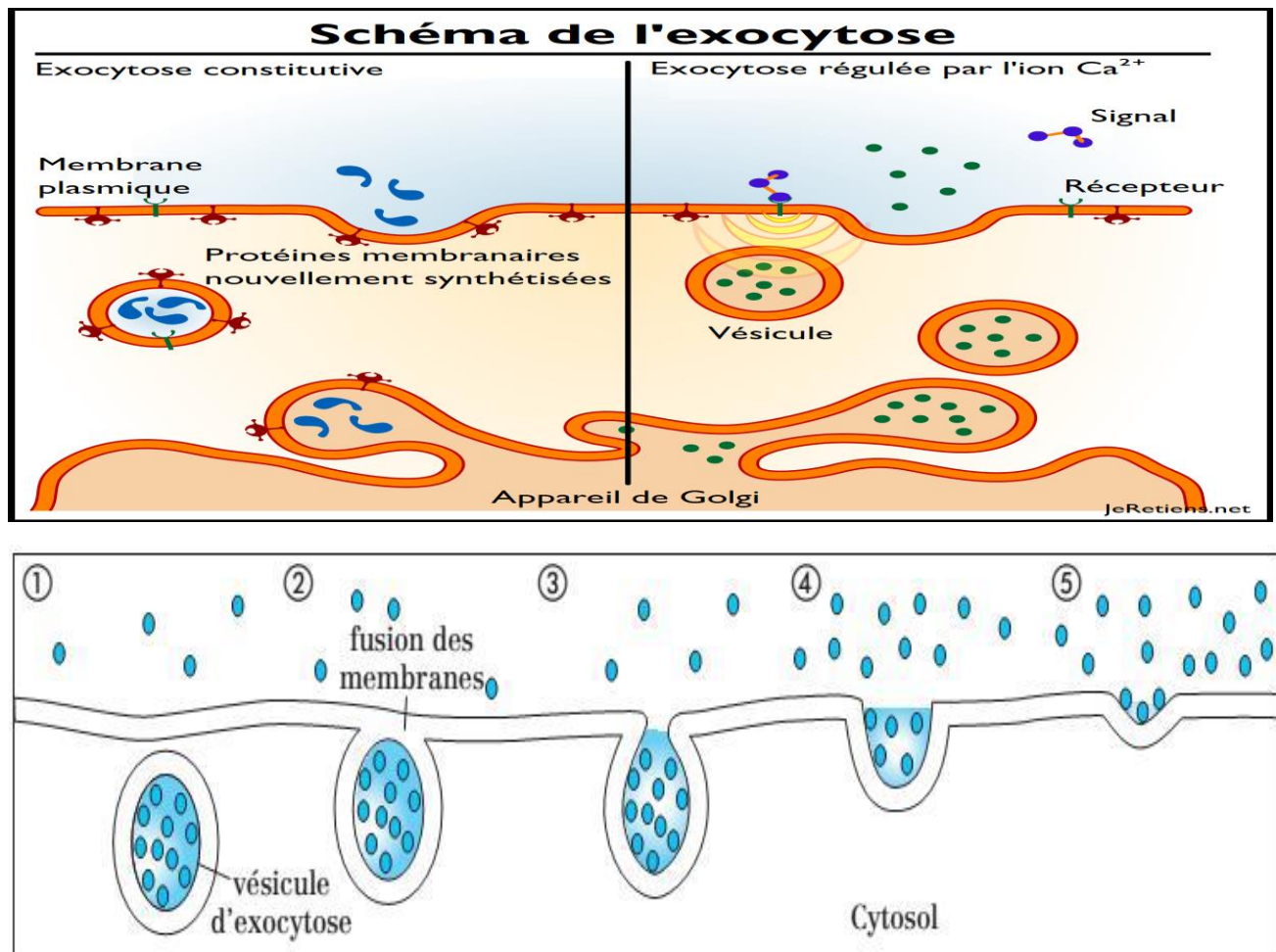


Figure 8 : Illustration de l'exocytose (Exemple du contenu : déchets, hormones)

B) L'endocytose (« vers l'intérieur de la cellule » :

Est un phénomène propre aux cellules eucaryotes sans paroi. Des substances extracellulaires pénètrent dans la cellule par invagination de la membrane plasmique avec formation d'une vésicule entourée d'une membrane. Lorsque la vésicule est formée, elle se détache de la membrane plasmique et entre dans le cytoplasme, où son contenu est ensuite digéré. On connaît trois formes d'endocytose : la phagocytose (solides), la pinocytose (liquides), et l'endocytose par récepteurs interposés déclenchée par des molécules se fixant spécifiquement sur des récepteurs. Les vésicules fusionnent souvent avec d'autres vésicules contenant des enzymes digestives.

1/Phagocytose :

Lors de la **phagocytose** (« action de manger d'une cellule, (**phagein** = manger) »), des portions de la membrane plasmique et du cytoplasme s'étendent pour entourer un objet relativement gros ou solide, tel un amas de bactéries ou de débris cellulaires, des polluants ou encore des

allergènes, et l'englobent. Il est nécessaire qu'il y ait interaction entre la surface du matériel qui va être englobé et la surface de la cellule grâce aux molécules de reconnaissance exprimées sur les deux. La vésicule ainsi formée est appelée **phagosome** («corps mangé»). Dans la plupart des cas, le phagosome fusionne avec un lysosome, soit une structure cellulaire spécialisée contenant des enzymes digestives et la partie digestible de son contenu est hydrolysée (figure 9 et 10).

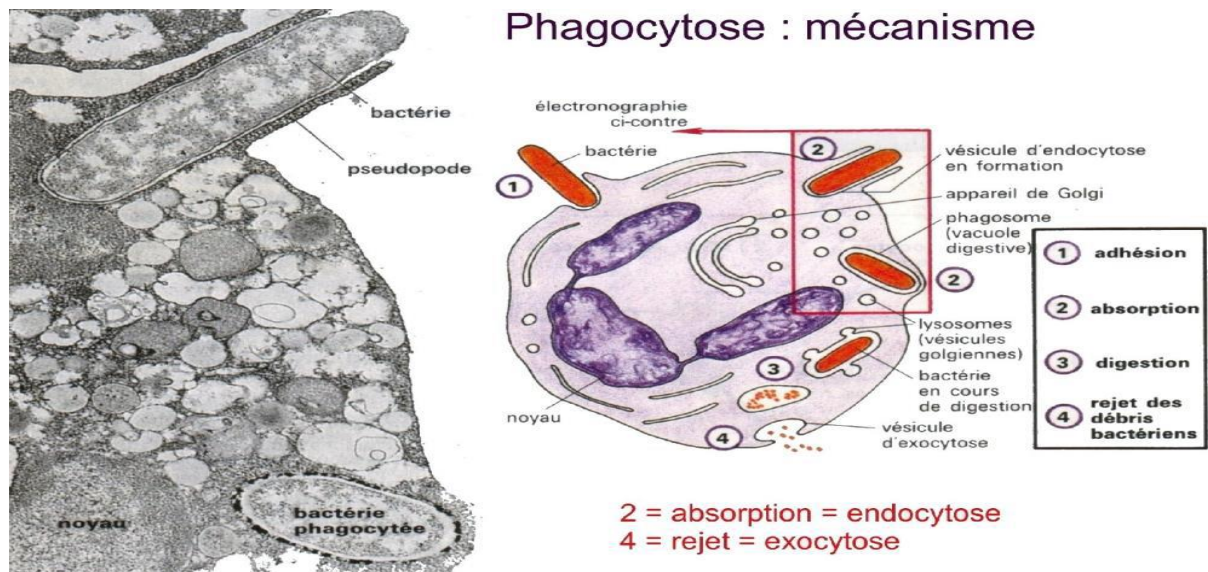


Figure 9 : Illustration de mécanisme de phagocytose

2/ Pinocytose

Tout comme on peut dire que les cellules mangent, on peut également affirmer qu'elles boivent, et ce par le mécanisme appelé **pinocytose** (« action de boire de la cellule, (**pinein** = **boire**)»). Lors de la pinocytose, un petit repli de membrane plasmique englobe une gouttelette de liquide extracellulaire contenant des molécules dissoutes (Figure 10). La gouttelette entre dans la cellule à l'intérieur d'une minuscule vésicule pinocytaire. Contrairement à la phagocytose, la pinocytose est très commune chez la plupart des cellules. Elle revêt une importance toute particulière pour les cellules qui assurent l'absorption des nutriments, comme celles qui tapissent les intestins.

Lors de la phagocytose et de la pinocytose, des morceaux de la membrane plasmique se détachent de celle-ci au moment de l'absorption des vésicules. Cependant, au cours de l'exocytose, ces mêmes morceaux de membrane reviennent s'ajouter à la membrane plasmique, dont la surface reste remarquablement constante.

3/ l'endocytose par récepteurs interposés :

Contrairement à la phagocytose et à la pinocytose, qui sont des mécanismes d'ingestion non spécifiques, **l'endocytose par récepteurs interposés** est extrêmement sélective. Les récepteurs sont des protéines de la membrane plasmique qui ne se lient qu'à certaines substances. Les récepteurs et les substances qui y sont fixées entrent ensemble dans la cellule à l'intérieur d'une petite vésicule appelée vésicule tapissée, de clathrine, une couche protéique formant des poils raides sur la face cytoplasmique de la vésicule (figure 10).

Remarque : les vésicules enveloppées de clathrine qui transportent du matériel destiné à l'exocytose régulée ou aux endosomes [de l'appareil de Golgi vers le compartiment endosomal tardifs] ou de la membrane plasmique vers le compartiment endosomal précoce (endocytose).

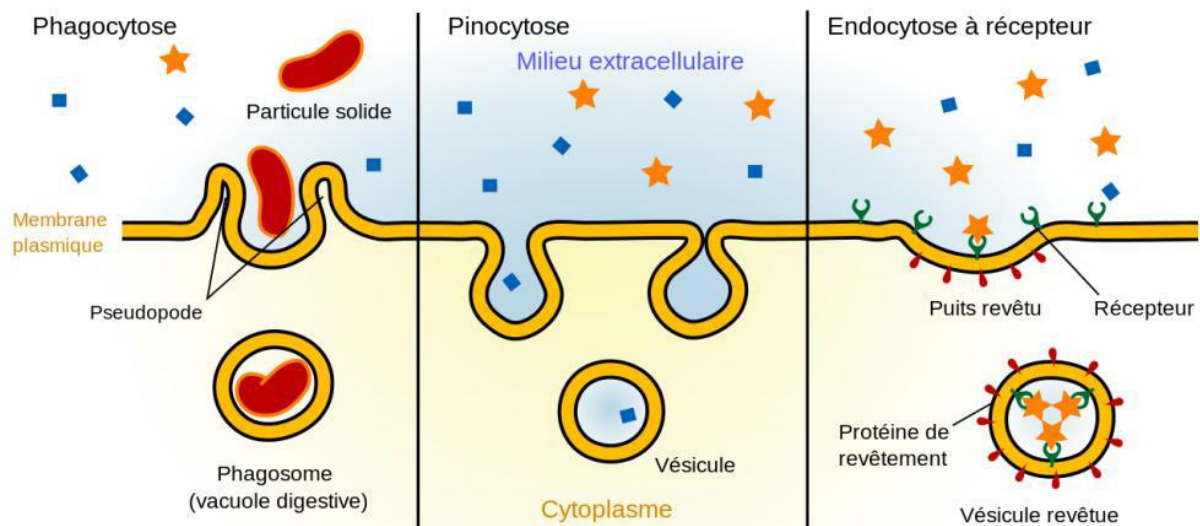


Figure 10 : Les trois types d'endocytose.

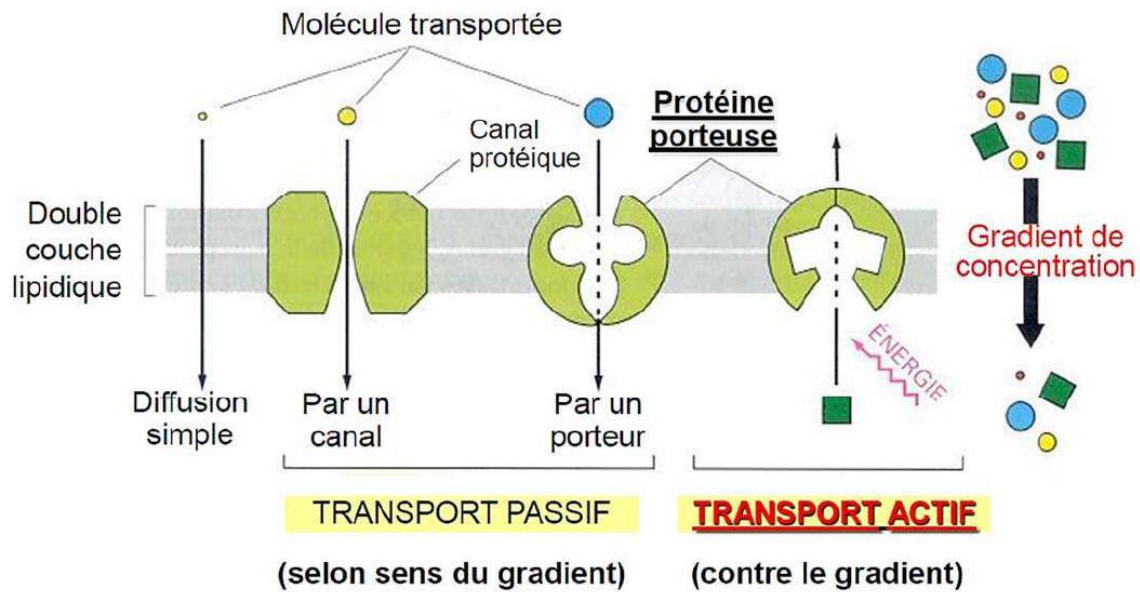
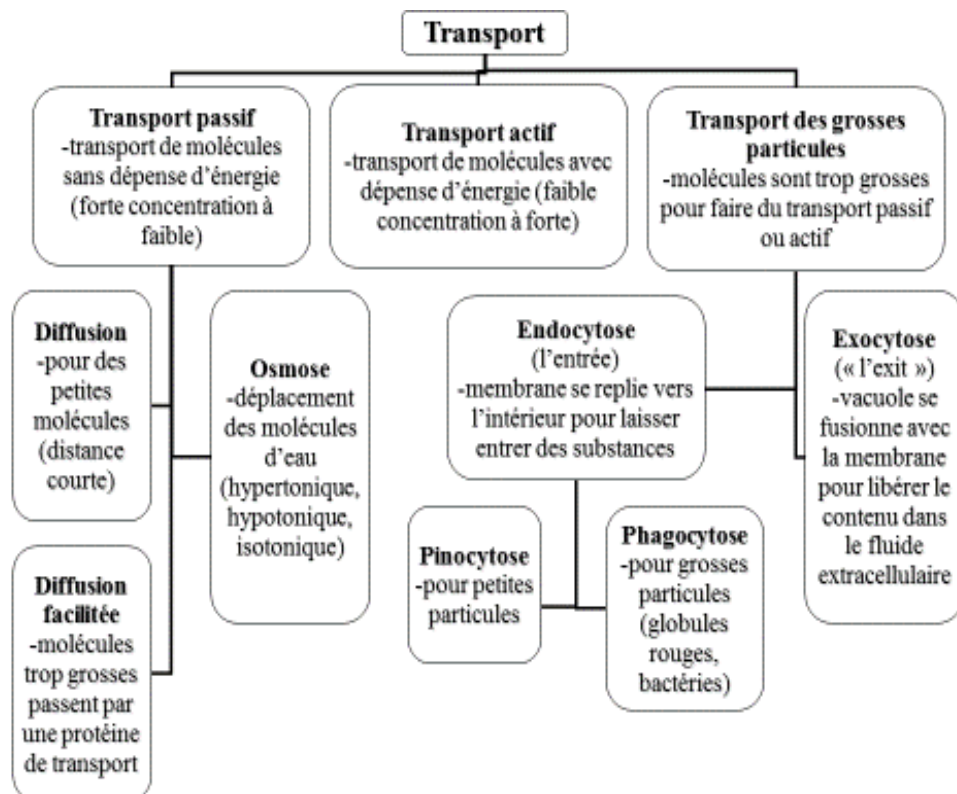


Figure 11 : Récapitulatif des transports membranaires



Conclusion :

Les mécanismes de transport membranaire contribuent au maintien de la composition du milieu intra-cellulaire nécessaire au bon déroulement des réactions biochimiques intracellulaires.