

BIOLOGIE CELLULAIRE

S1

BENJELLOUN. J

CHERKAOUI. S

LAYACHI. R

Membrane plasmique

MEMBRANE PLASMIQUE

1. Définition

- Structure dynamique qui délimite la cellule.
Sépare l'intérieur de la cellule (cytoplasme) du milieu extérieur.
- Epaisseur très faible: 75 Å.
Ultrastructure observée au microscope électronique.
- Structure similaire entre les mbs de la cell et la mb plasmique.
Ex: mitochondrie, RE, AG, noyau...
On parle **d'unité membranaire**.

Les cellules eucaryotes sont subdivisées en compartiments limités par des mb simples ou doubles formant des organites (noyau, mitochondrie, chloroplaste, ...)

2. Isolement de la membrane plasmique

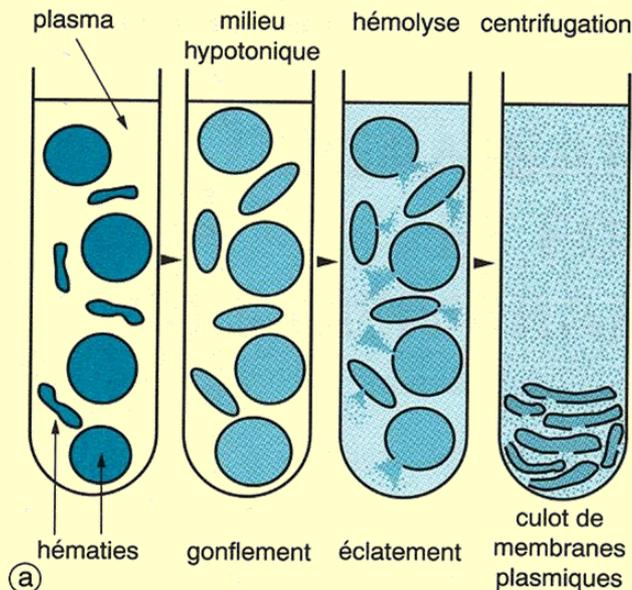
Se fait par fractionnement cellulaire **(TD2)** ou hémolyse.



Ex: **Hématies**, cell eucaryotes ayant perdu leur noyau et organites au cours de la différenciation cellulaire.

Très étudiées pour les raisons suivantes:

- facilité d'obtention (sans tuer l'animal).
- présence en très grand nombre.
- déjà isolées les unes des autres.
- absence d'organites.



Donc, un simple choc osmotique dans une solution hypotonique permet de faire éclater ces cell et éliminer le cytoplasme (hémoglobine).

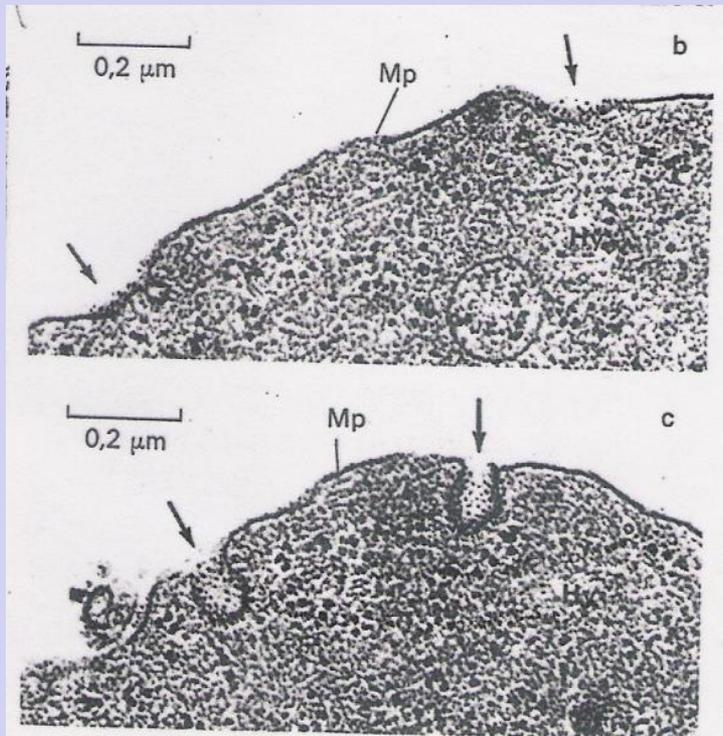
Une centrifugation permet de récupérer la fraction « membrane plasmique ».

3. Composition chimique de la membrane plasmique

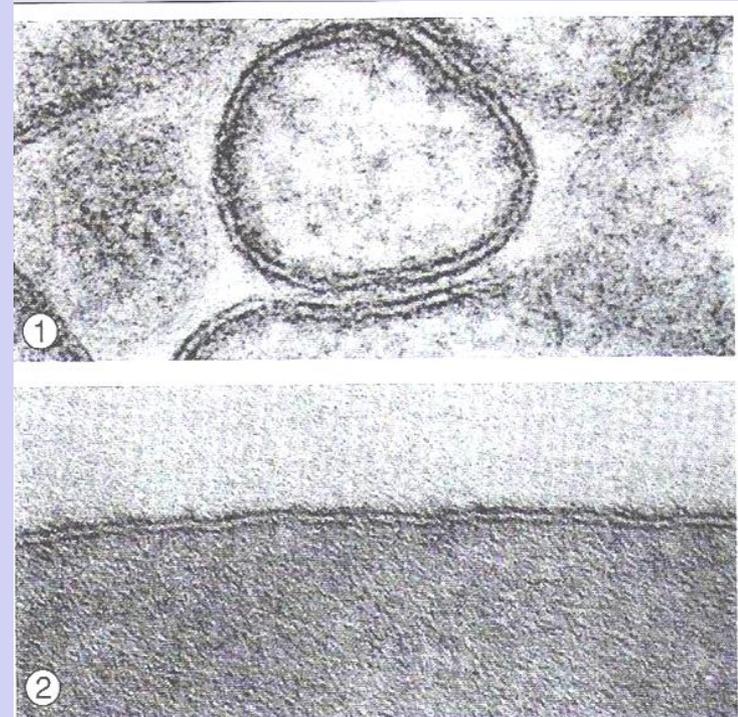
- 60% de protéines et glycoprotéines
- 40% de lipides (surtout des phospholipides et des glycolipides)

4. Structure de la membrane plasmique

4.1. Images au microscope électronique à transmission (TEM)

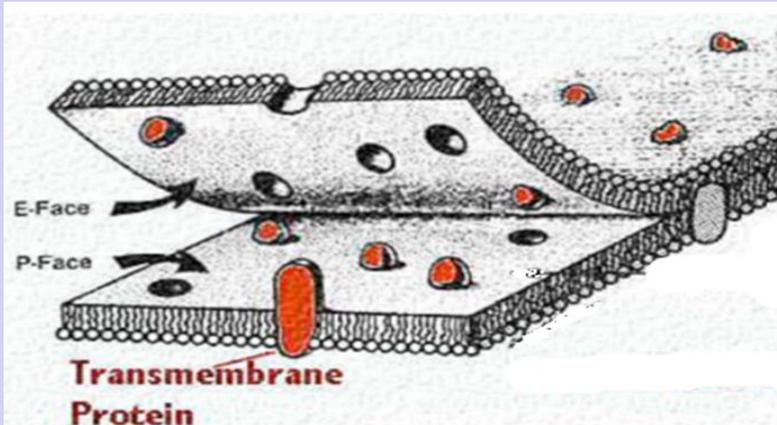


A faible Gr (3000-100 000x):
structure simple, dense et noire.



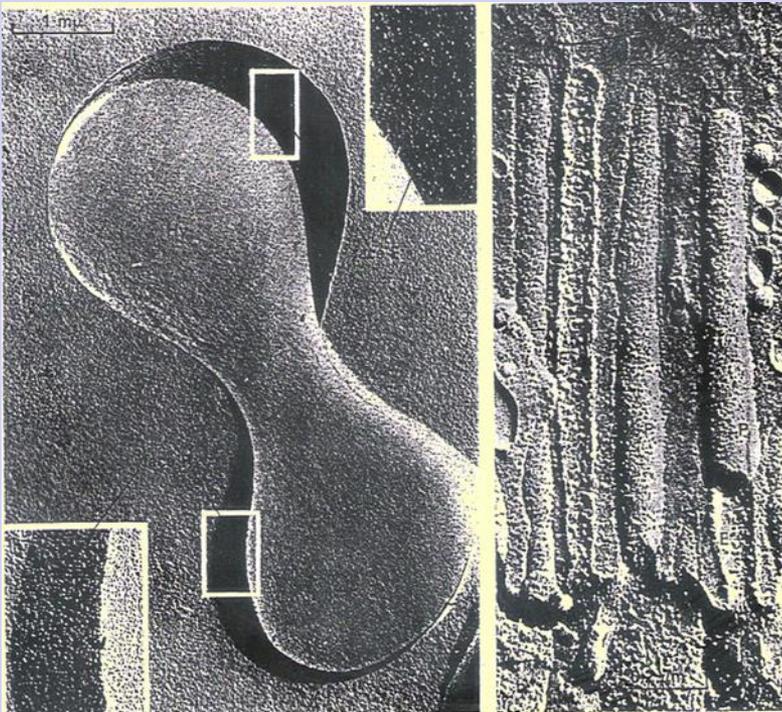
Gr >150 000x: structure en 3
feuillet: 2 feuillets denses
protéiques (20Å) entourant un
feuillet clair lipidique (35Å).
**Modèle de Danielli et Dawson
(1936)**

4.2. Observation à l'intérieur de la mb: cryodécapage et observation au MEB (TD1)



-Présence de particules protéiques dans les deux hémi-mb au sein de la bicouche lipidique ce sont des prot intégrées ou transmembranaires ou intrinsèques.

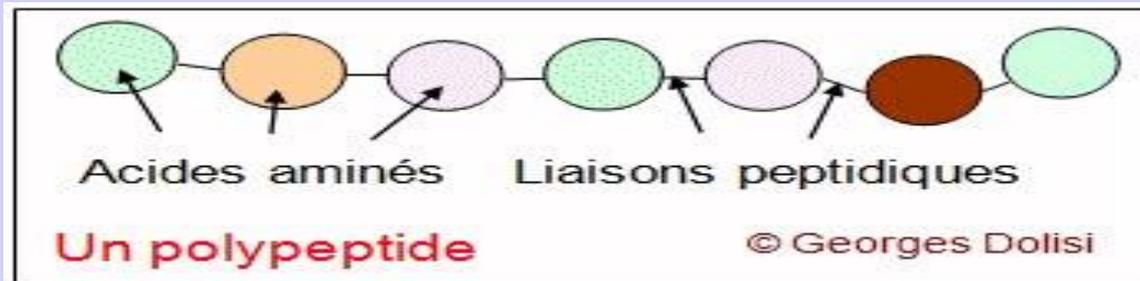
- Ces prot ne sont pas les mêmes sur la face E (exoplasmique) et sur la face P (protoplasmique).



4.3 Les protéines

4.3.1 Structure des protéines

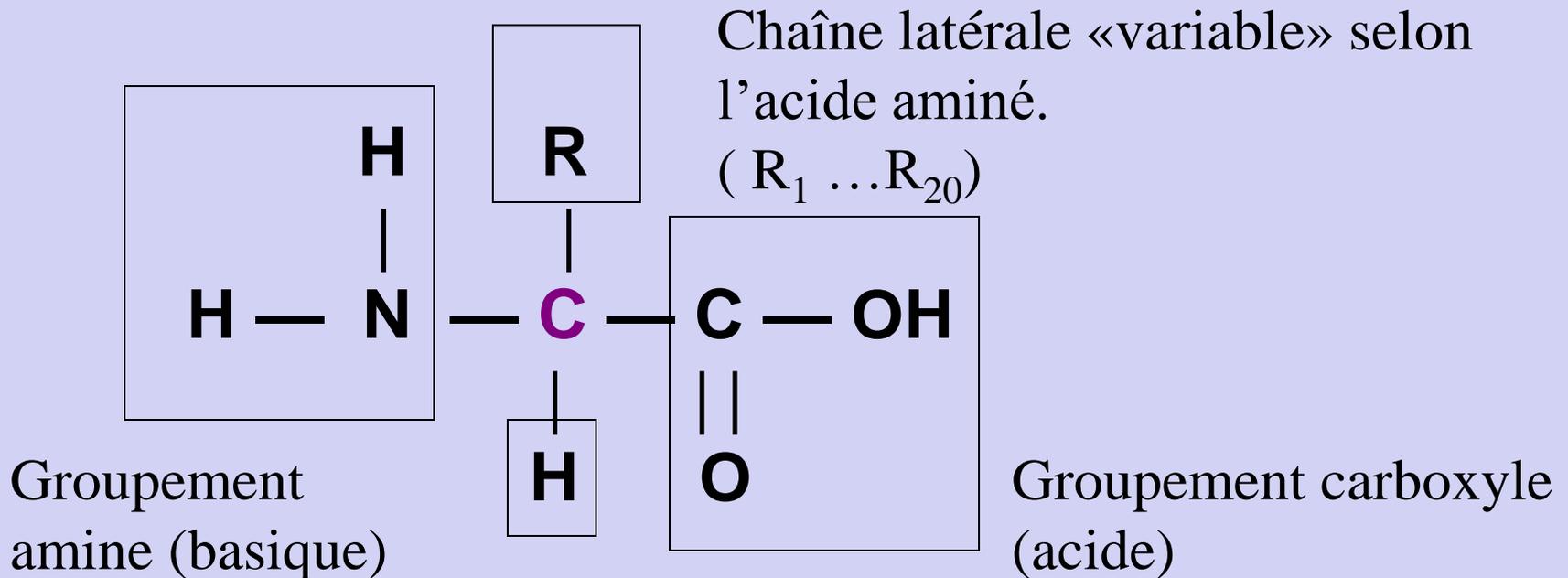
- Composés organiques contenant du C, H₂, O₂ et N₂
- Une protéine (polypeptide) est un polymère d'acides aminés (les monomères).



La structure de base de l'acide aminé est toujours la même:

un carbone central sur lequel se greffe:

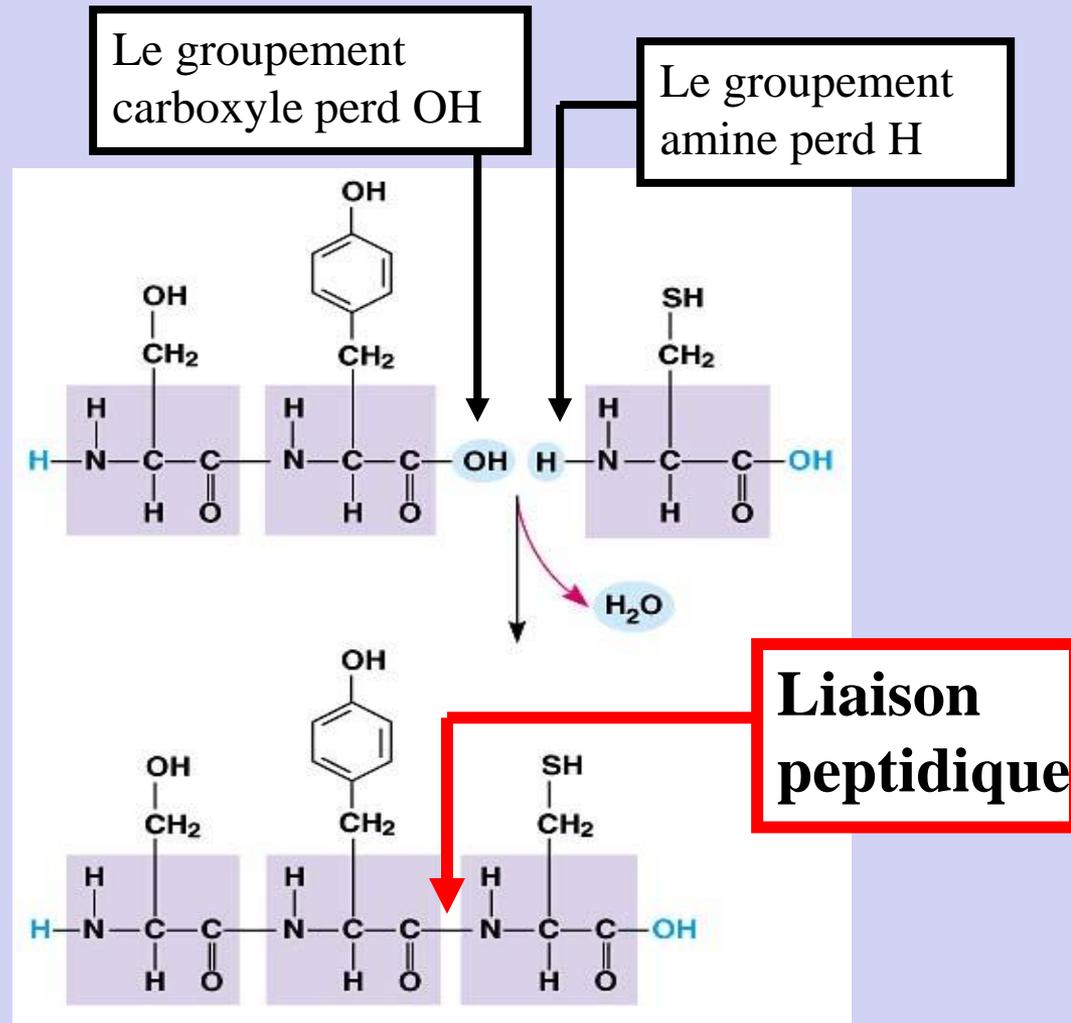
- un atome d'H
- deux groupements: amine et carboxyle
- une chaîne latérale qui varie selon l'acide aminé.



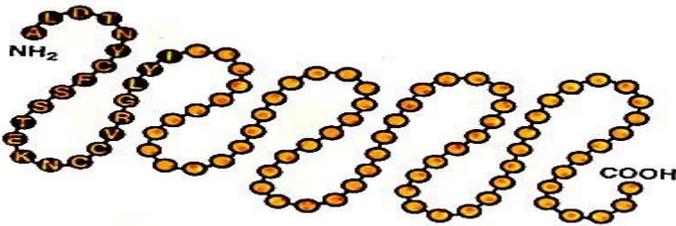
Les polymères d'acides aminés

2 a.a.reliés = dipeptide 3 a.a.reliés = tripeptide plusieurs a.a. reliés = polypeptide

- Par réaction de condensation
- Nécessite enzyme / énergie
- Le lien covalent formé est appelé « **liaison peptidique** ».



N-terminal



C-terminale

4.3.2 Exemple: les protéines membranaires

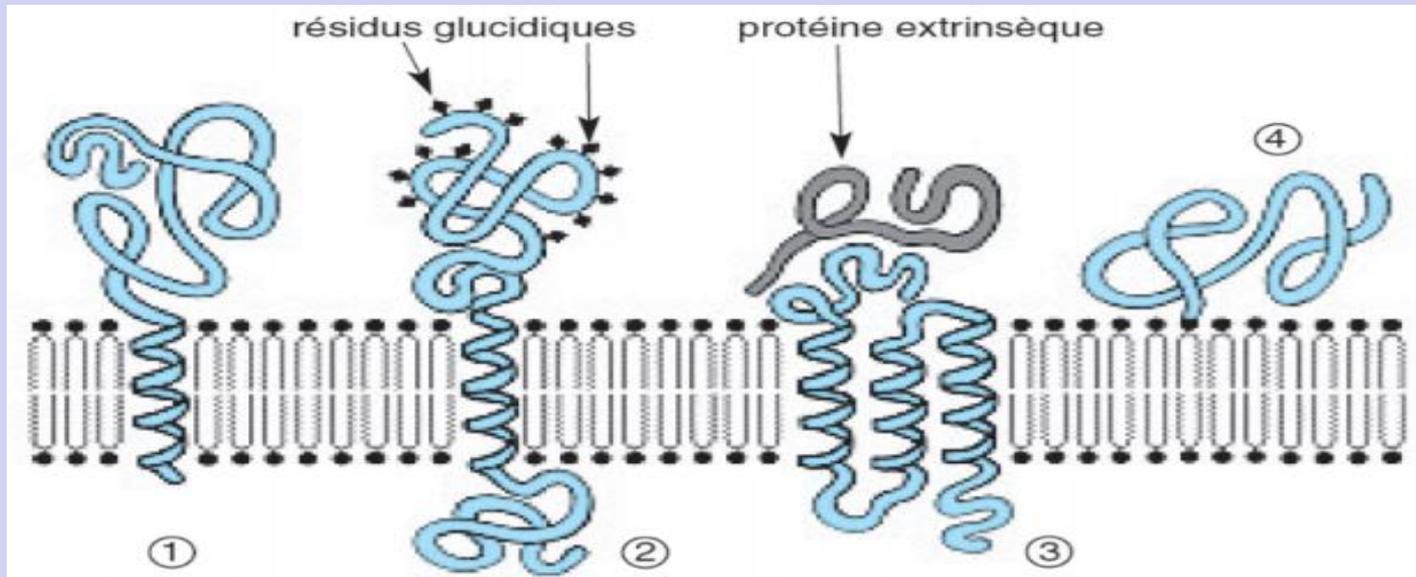
- Elles assurent la plus grande partie des fonctions spécialisées de la cellule.
- Il existe 2 grandes classes selon leur position dans la membrane:
 - Protéines intrinsèques ou intégrées
 - Protéines extrinsèques ou périphériques

Protéines intrinsèques ou intégrées

- transmembranaires (traversent la bicouche lipidique):
 - protéine à traversée unique (1) et (2)
 - protéine à traversée multiple (3)
- Ancrées (4) (liées avec les lipides par une liaison covalente).

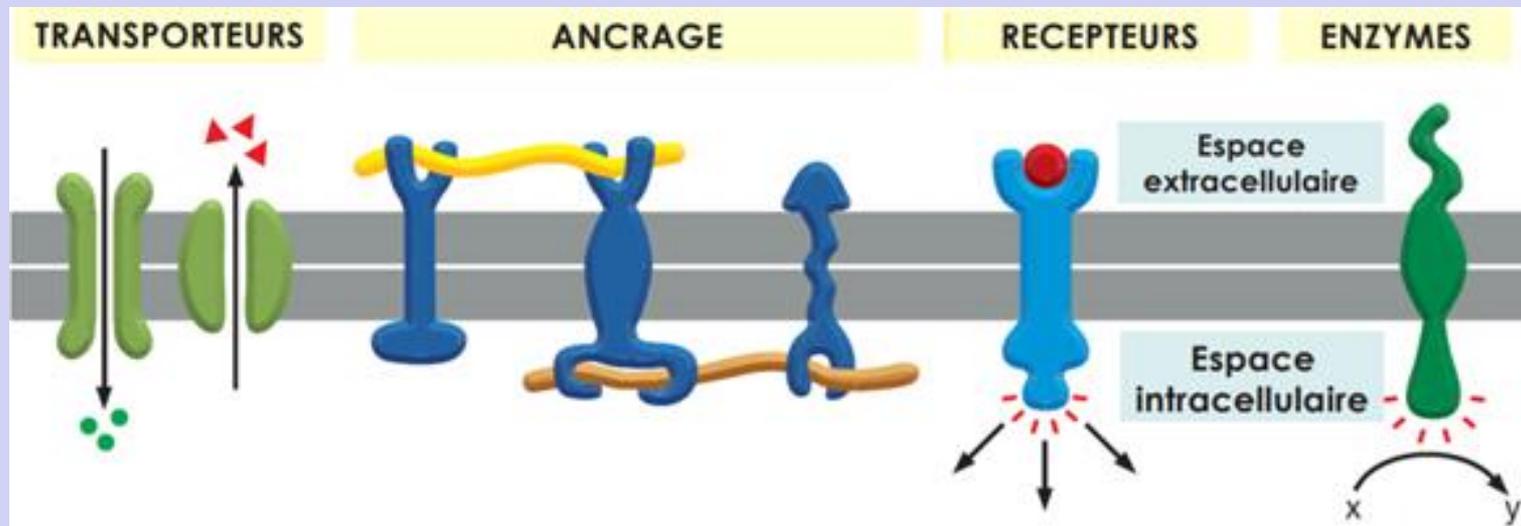
Protéines extrinsèques ou périphériques

- se trouvent du côté extracellulaire ou intracellulaire.
- liées par des liaisons H₂ ou ioniques avec les lipides ou les protéines intrinsèques.



4.3.3 Rôles des protéines membranaires

- Récepteurs et transporteurs (de matière ou d'information)
- Reconnaissance et adhérence entre cellules (ancrage)
- Accrochage aux cellules voisines ou à la matrice extracellulaire
- Capture d'énergie physique (lumière)
- Catalyse enzymatique.



4.4 Les lipides

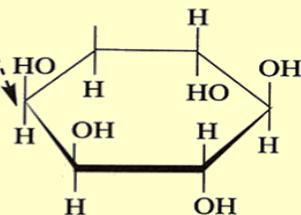
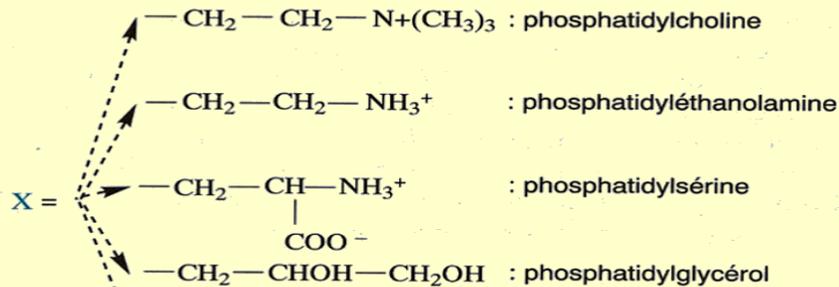
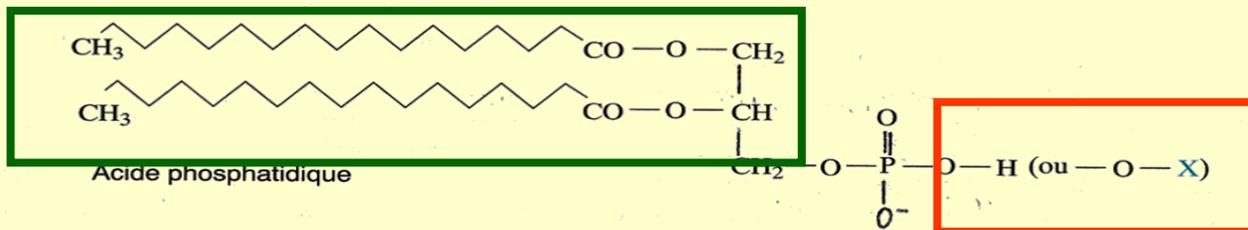
- Molécules organiques insolubles dans l'eau (hydrophobes) et solubles dans les solvants organiques (ether et choloroforme)
- Macromolécules formées d'une molécule de glycérol (alcool) et de 3 molécules d'acides gras .
- Formule générale $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$

4.4.1 Structure des lipides

Tous ces lipides sont amphiphiles, présentent 2 pôles:

- pôle hydrophile ou lipophile
- pôle hydrophobe ou lipophile

PÔLE LIPOPHILE OU HYDROPHOBE



: phosphatidylinositol

**PÔLE HYDROPHILE
OU LIPOPHOBE**

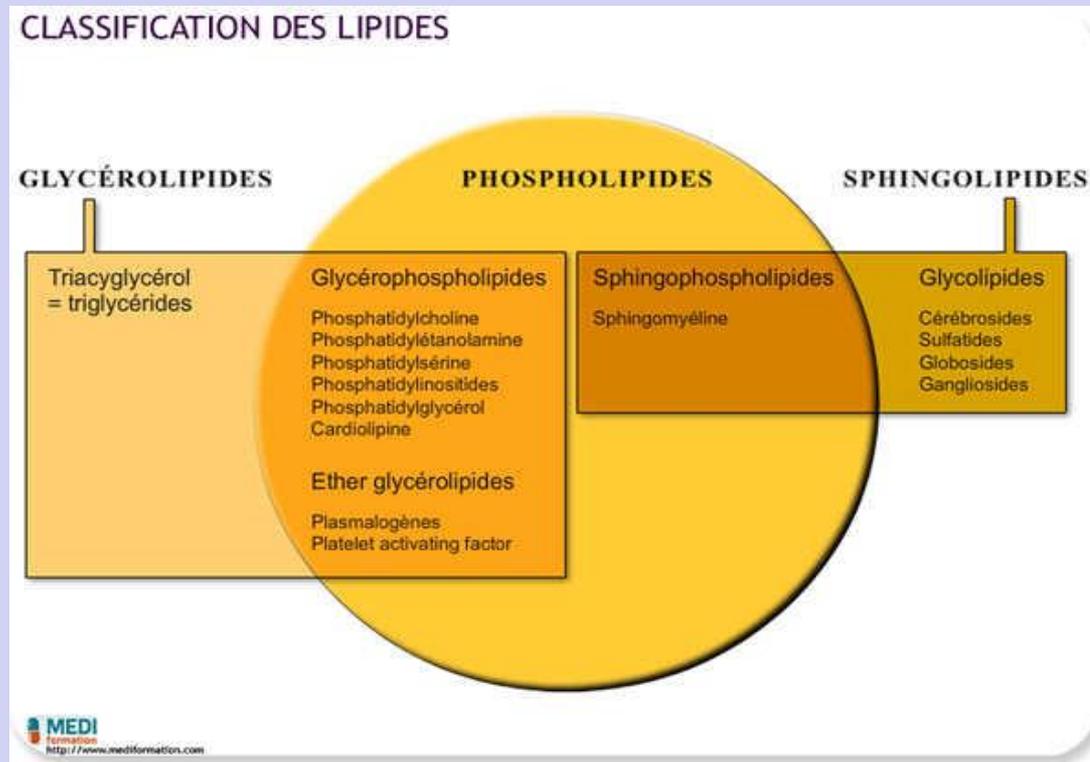
On distingue

-les lipides de réserve :

- les acides gras saturés et insaturés
- les lipides neutres : les triglycérides

-les lipides membranaires:

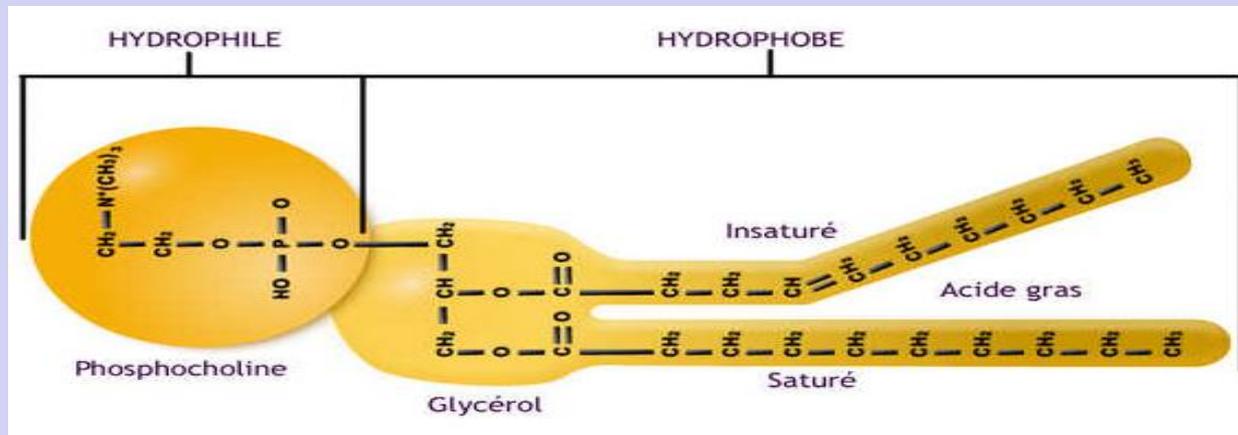
- les phospholipides et sphingolipides
- cholestérol



4.4.2 Les lipides membranaires

Phospholipides: assemblage de 2 acides gras, de glyc erol et de phosphate

- Ont une manière particulière de s'organiser en présence d'eau
- Présentent 2 pôles: hydrophobe et hydrophile
- Permettent à la membrane plasmique d'avoir un rôle hydrophobe.



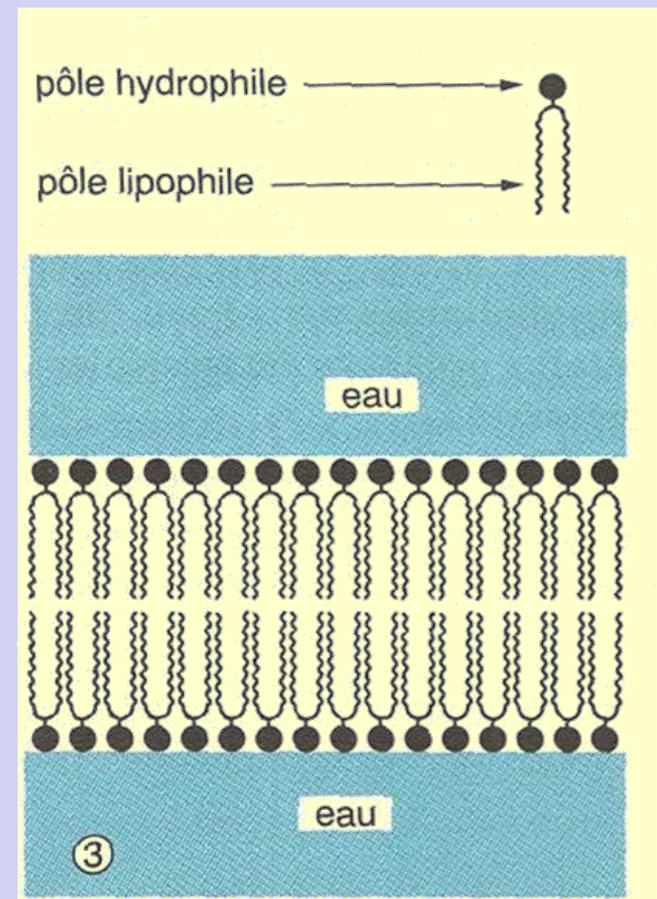
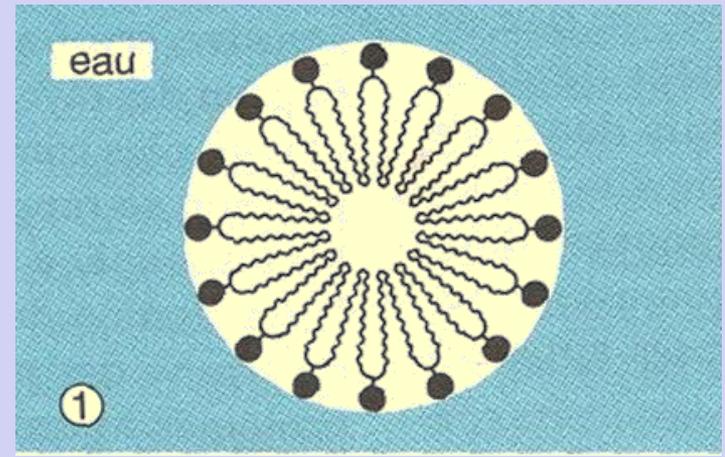
Cholestérol: composé d'un noyau st ro ide et un groupe alcool OH

- Stabilise les membranes cellulaires
- Augmente la fluidité membranaire

Les phospholipides sont amphiphiles: dirigent leur pôle hydrophile vers l'eau alors que les pôles lipophiles sont protégés de l'eau.

⇒ Ils adoptent spontanément deux conformations:

- Micelles (chaines courtes d'acides gras)
- Bicouches (dans la membrane)



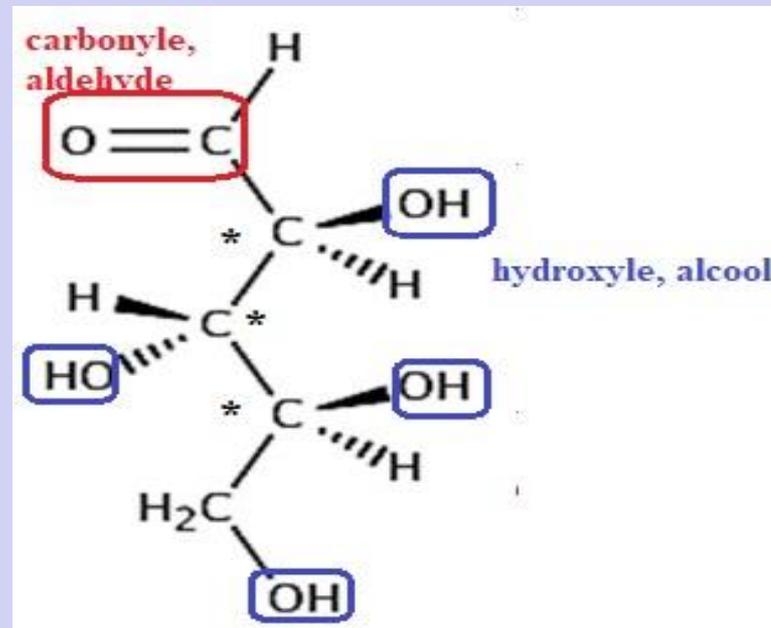
4.4.3 Rôles des lipides membranaires

- Energétique (source importante d'énergie)
- Stockage d'énergie (réserve de triglycérides)
- Structural (constituant des membranes cellulaires)
- Précurseur (synthèse d'hormones stéroïdes
ex: cholestérol)

4.5 Glucides

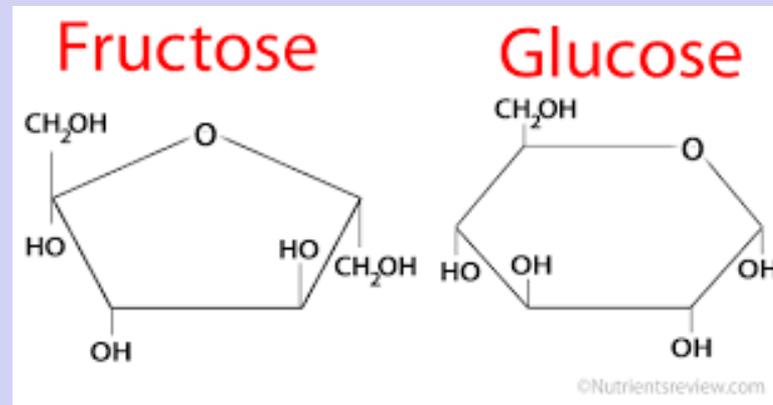
4.5.1 Structure

- Molécules organiques composées de C, H, O selon la formule brute $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- Caractérisés par la présence d'une fonction aldéhyde ou cétone et d'au moins une fonction alcool
- Hydrophiles



On distingue :

- les monosaccharides (glucose, galactose, fructose)



- les disaccharides (maltose, saccharose, lactose)

- les polysaccharides (amidon ,glycogène , cellulose.

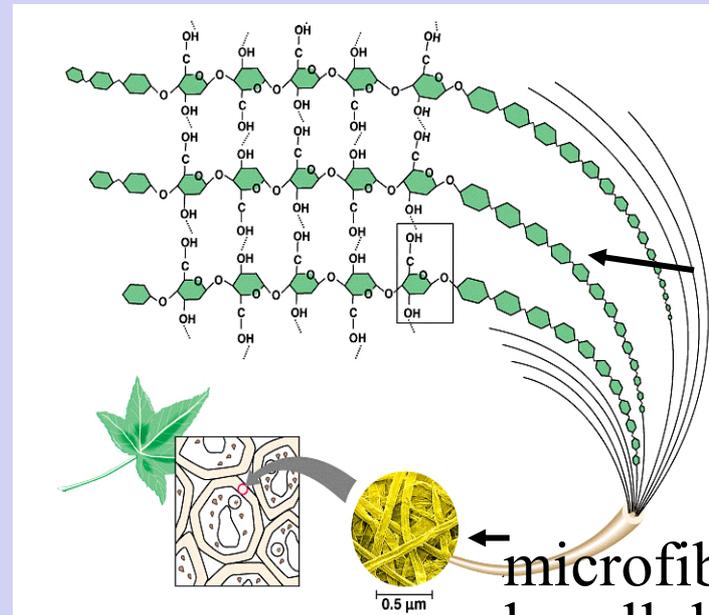
L'amidon. Gros polymère de glucose, formé de deux types de chaînes de glucose, situé dans les chloroplastes des plantes.

La cellulose. Gros polymère de glucose, situé dans la paroi des cellules végétales.



Amylose
Chaîne droite

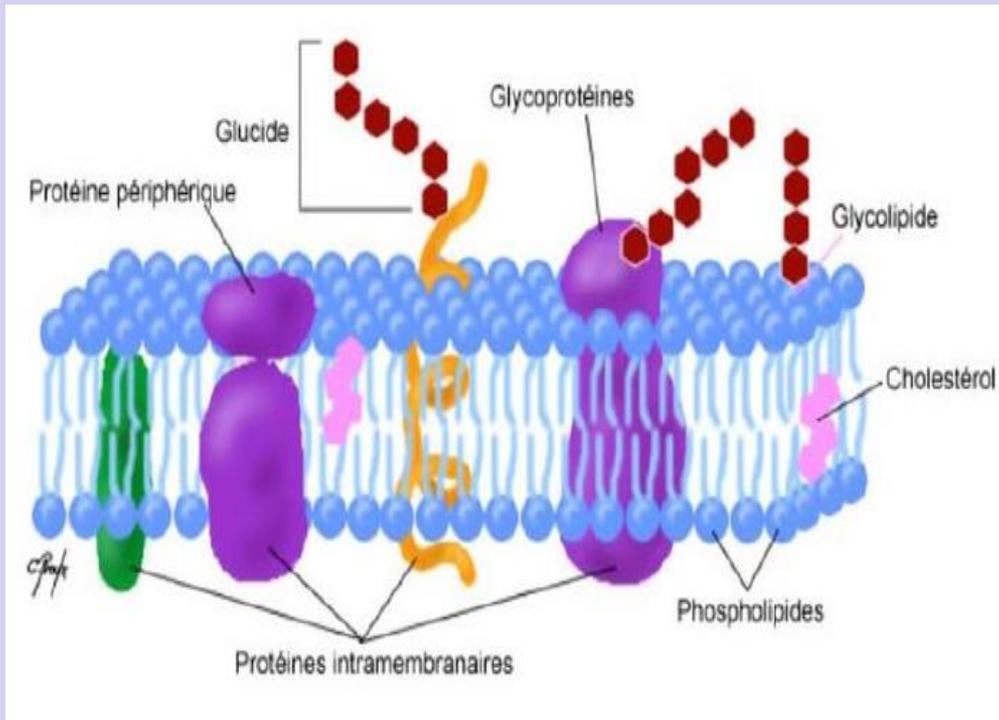
Amylopectine
Chaîne ramifiée



molécule
de
cellulose

microfibrille
de cellulose
(environ 80
molécules de
cellulose)

4.5.2 Les glucides membranaires: Ex glycoprotéines et glycolipides



- Localisés à la surface externe de la mb pl
- ⇒ structure légèrement dissymétrique de la mb
- Il s'agit de chaînes glucidiques attachées soit aux prot soit aux lipides membranaires

4.5.3 Fonctions des glucides

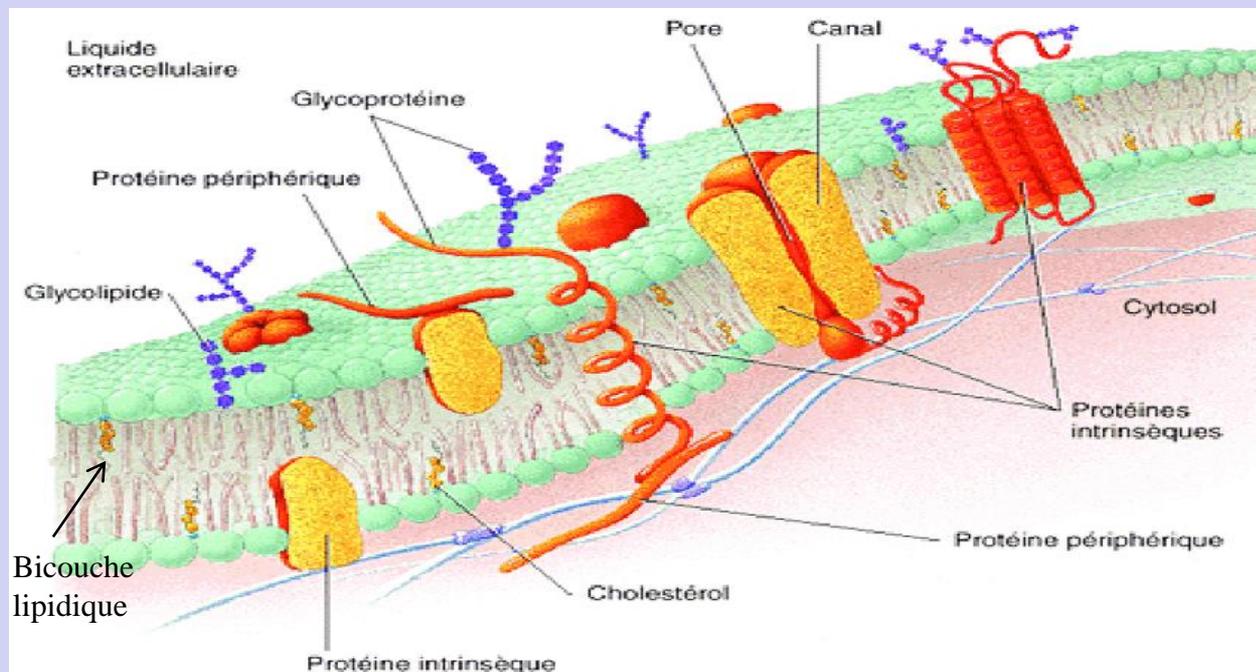
Jouent plusieurs rôles:

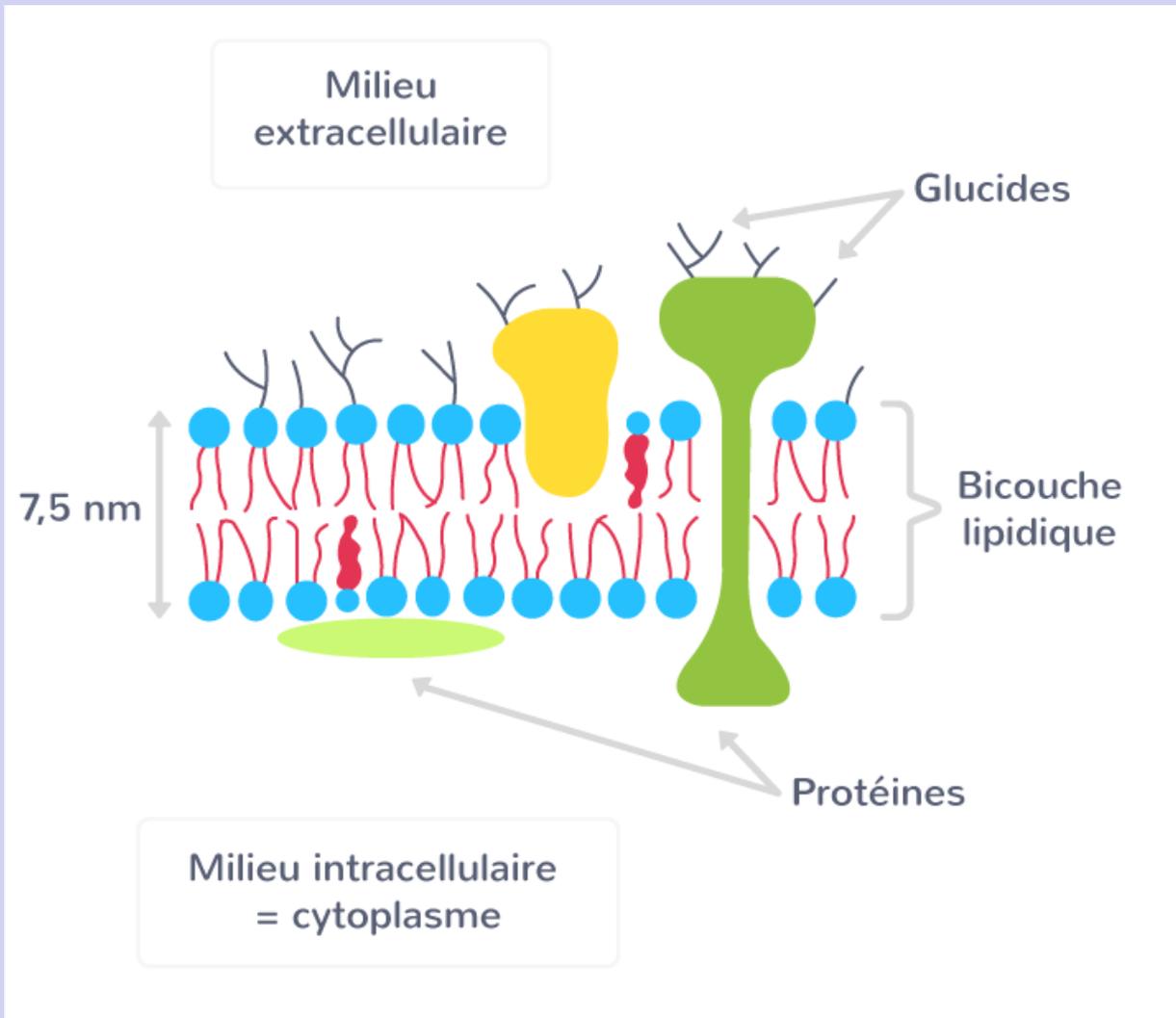
- Réserve énergétique (amidon et glycogène)
- Structural (cellulose)
- Reconnaissance et communication entre cellules
- Constitution de macromolécules biologiques fondamentales (glycoprotéines, acides nucléiques...)

5. Modèle moléculaire de la mb pl: Mosaïque fluide

(Singer et Nicholson 1972)

- **Prot de deux types:** Prot extrinsèques (périphériques) et Prot intrinsèques (intégrées)
- **Bicouche lipidique** interrompue par des prot intrinsèques .
- **Revêtement glucidique** sous-forme de filaments à la surface ext





**Modèle moléculaire de la mb pl: Mosaïque fluide
(Singer et Nicholson 1972)**

6. Fonctions de la membrane plasmique

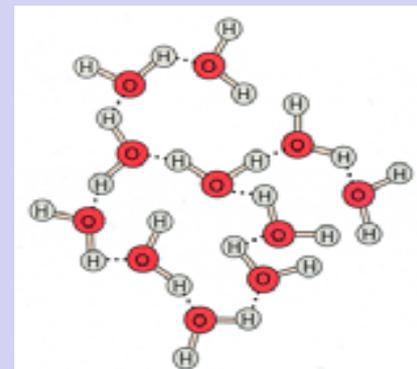
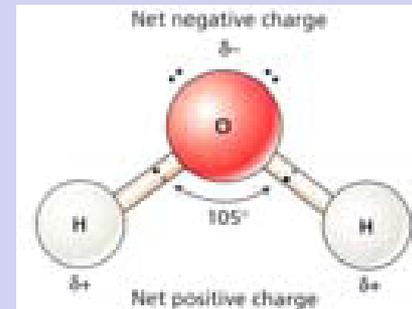
- Protection et conservation de la vie cellulaire
- Régulation des échanges avec le mil ext (perméabilité cellulaire)
- Signalisation : réception et transduction des signaux du mil ext (lumière, hormone,....).

6.1. Perméabilité membranaire

Passage de l'eau et des molécules dissoutes à travers la mb.

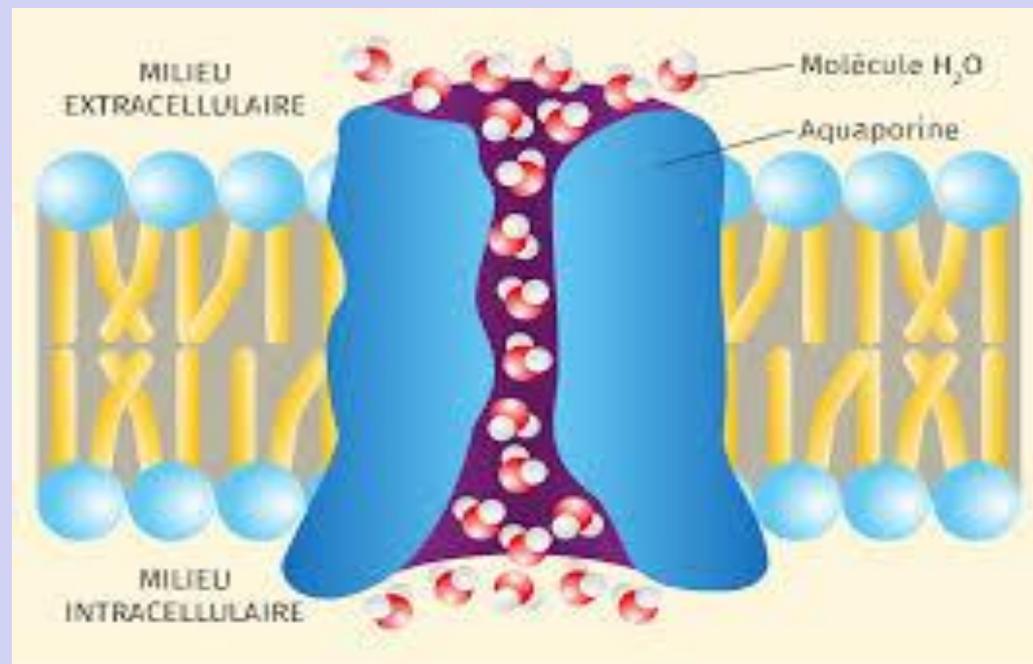
6.1.1. Perméabilité à l'eau: solvant biologique

- Eau: milieu naturel de vie.
- Constitue 70% des organismes vivants.
- Molécule où l'atome d'oxygène et l'atome d'hydrogène occupent les sommets d'un triangle.



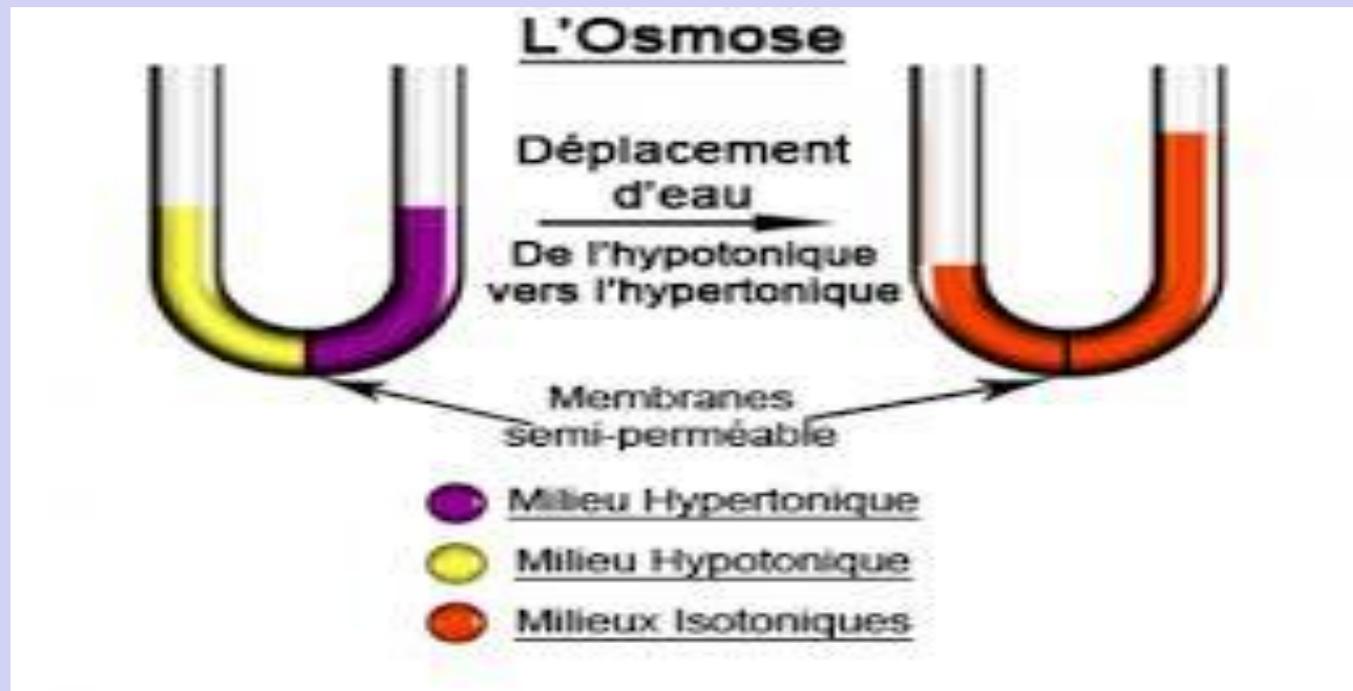
- Les e^- du nuage électronique sont inégalement répartis : défaut d' e^- au niveau de l'hydrogène et excès d' e^- au niveau de l'oxygène.
- Cette électronégativité crée un dipôle électrique d'où appellation de **molécule polaire**.
- Cette polarité conditionne les interactions avec les autres types de molécules d'où le caractère hydrophile (aime l'eau) ou hydrophobe (repousse l'eau), considéré comme un facteur très important.

- Sa petite taille et son manque de charge lui permettent de traverser la bicouche lipidique ou d'emprunter des pores hydrophiles.
- Le passage de l'eau à travers la mb pl se fait selon la loi d'osmose
- Il est assuré par des protéines spécifiques appelées **aquaporines**.



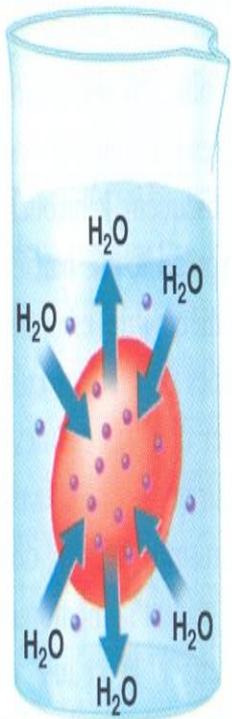
Loi d'osmose

- Le transport de l'eau est régi par la loi d'osmose et il est dit passif (voir cours transports).
- L'osmose correspond au passage d'un solvant à travers une mb hémiperméable = mb plasmique.
- Ce flux s'effectue d'une solution hypotonique (**moins concentrée** : diluée) vers une solution hypertonique (**plus concentrée**) et il conditionne l'état cellulaire .



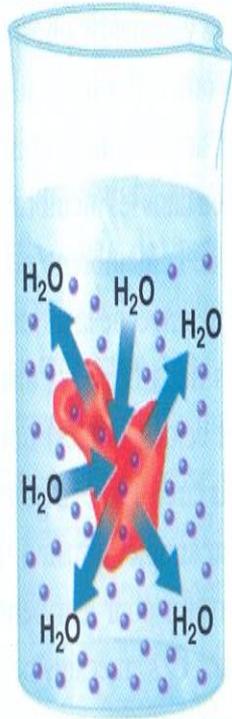
Cellule animale: hématies

(a) Solution hypotonique



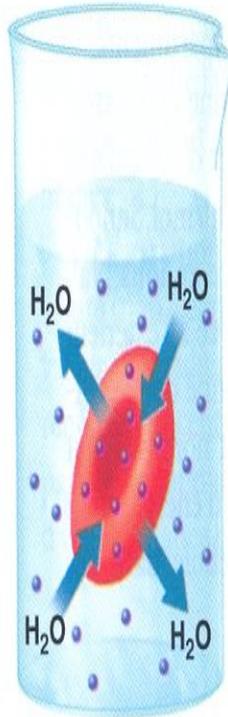
Gain net en eau
Les cellules gonflent

(b) Solution hypertonique



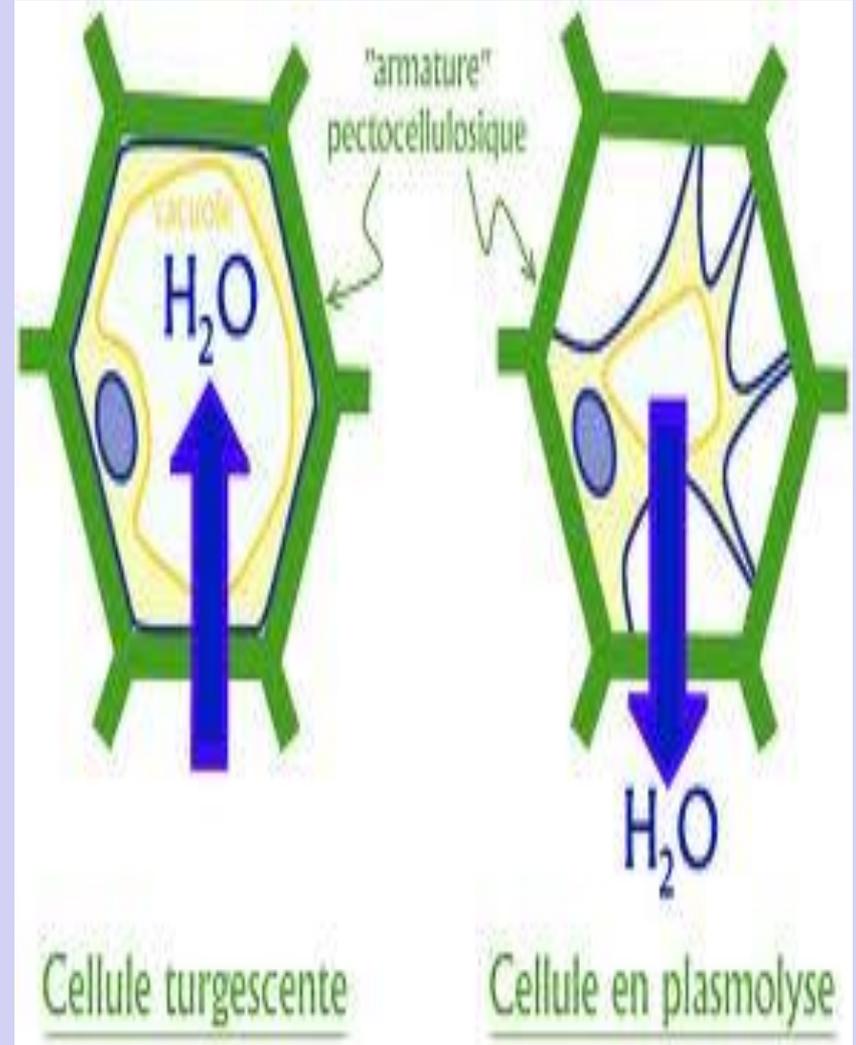
Perte nette d'eau
Les cellules se contractent

(c) Solution isotonique



Ni perte, ni gain net

Cellule végétale



6.1.2. Perméabilité aux molécules dissoutes

a- Facteurs

La perméabilité membranaire aux molécules dissoutes est influencée par trois facteurs principaux:

- La liposolubilité
- La taille
- La charge électrique

- **liposolubilité:** facteur positif qui favorise le passage à travers la mb à cause de la nature hydrophobe (lipophile) de la bicouche lipidique membranaire.

- **taille:** facteur négatif. Les petites molécules traversent plus vite que les grandes (à liposolubilité égale). La mb est imperméable aux macromoléc (trop grandes).

Ex: prot, polysaccharides et acides nucléiques.

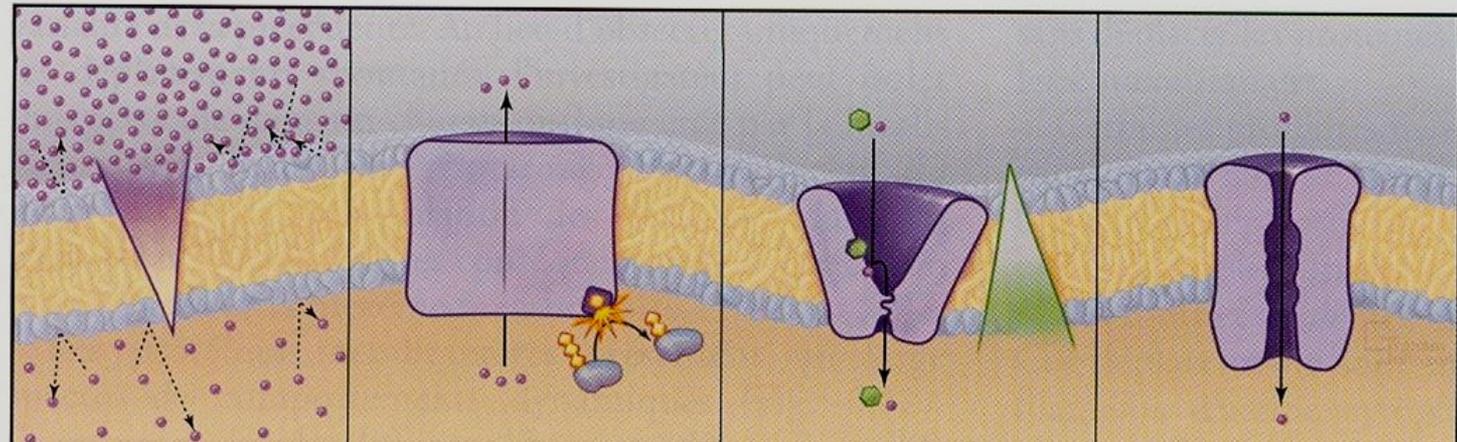
Ces moléc peuvent quand même entrer ou sortir de la cell par endocytose ou exocytose.

- **Charge électrique:** facteur négatif. Les ions (Mg^{++} , K^+ , Cl^-) sont hydrophiles et très hydratés ce qui les empêchent de traverser la bicouche lipidique.

b- Différents types de transport

La bicouche lipidique est une barrière à la diffusion des ions et des moléc polaires dont la masse moléculaire > 150 Da

⇒ intervention de prot intégrées qui vont permettre un passage sélectif à travers celle-ci.

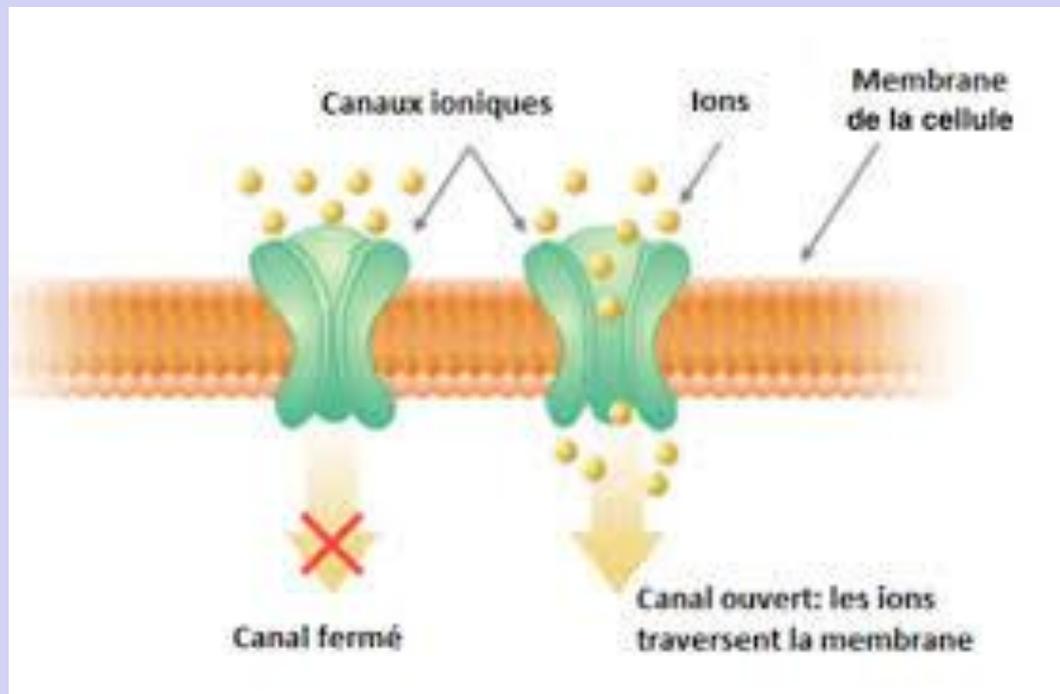


	Pompe	Transporteur	Canal
Spécificité	Intégrale	Intermédiaire	Seulement 10–20× 10^6
Vitesse (ions/s)	100	$< 1\ 000$	Dans le sens du gradient
Gradient	À contre-courant	Dans le sens du gradient*	Dans le sens du gradient
Apport d'énergie	Nécessaire	Non	Non
Ions/modification conformationnelle	≈ 1	≈ 1	Plusieurs

*Peut véhiculer un autre soluté contre le gradient

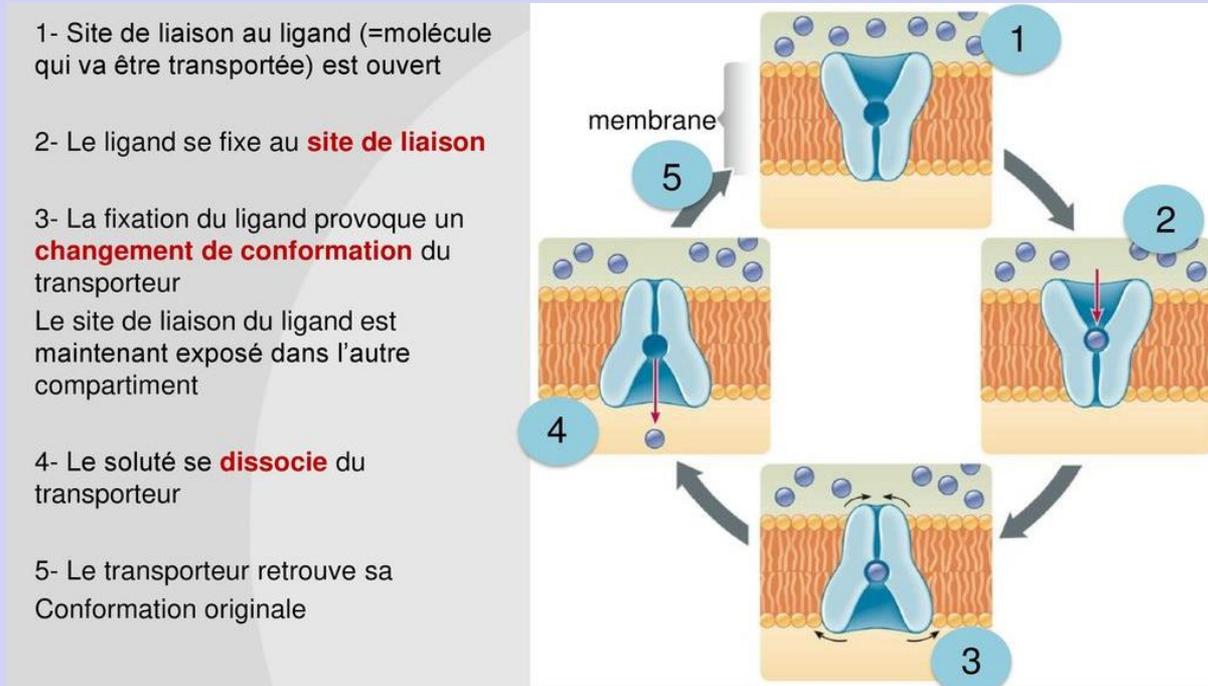
➤ Canaux ioniques

- Protéines intrinsèques présentant des pores qui permettent le passage de certains ions ou molécules de petite taille à travers la mb pl.
- A chaque ouverture du canal, des milliers ou millions d'ions diffusent à travers la mb dans le sens du gradient électrochimique.



➤ Les transporteurs

- Protéines permettant le passage spécifique d'un type de mol. donnée
- Ne font passer qu'un nombre limité d'ions
- Ne nécessitent pas d'énergie: **transport passif**
- Passage des molécules dans le sens du gradient de concentration du (+) vers le (-)



➤ Les pompes

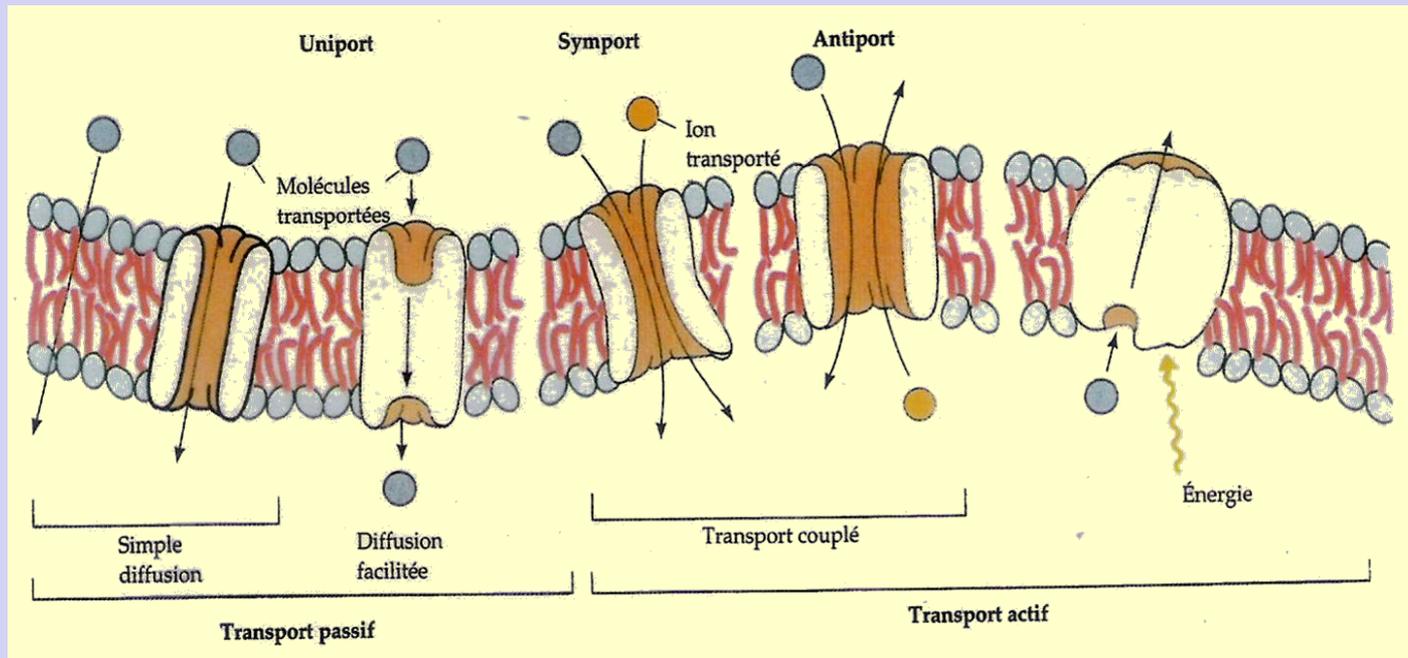
- Protéines permettant un **transport actif** contre le gradient de conc. du (-) concentré vers le (+) concentré
- Nécessite un apport d'énergie par hydrolyse d'ATP
- Ex pompe Na^+/K^+ (ATPase Na^+/K^+)

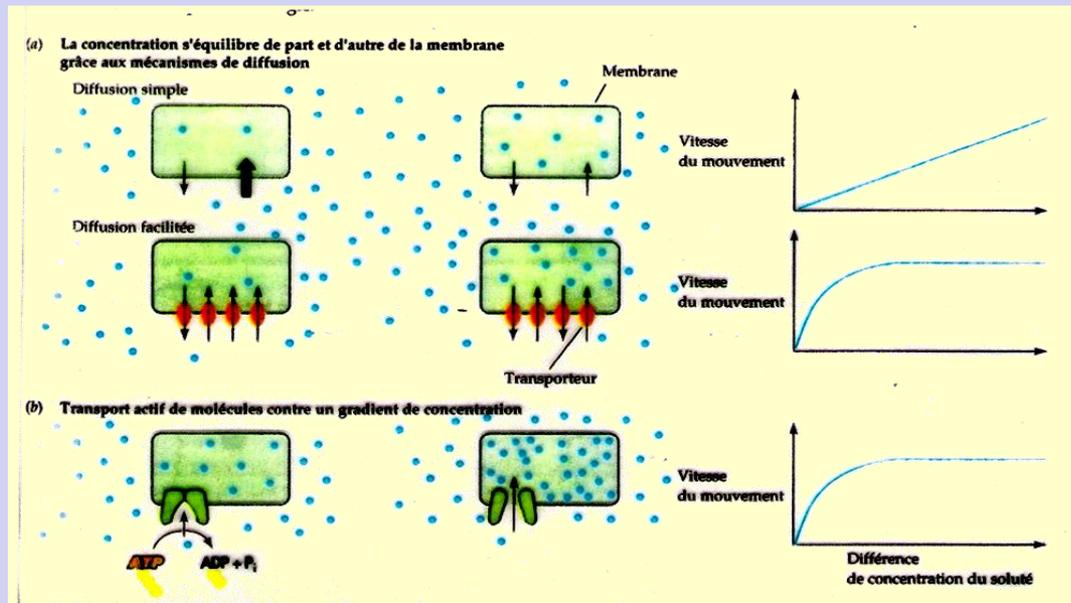
Il existe 2 types de transports actifs

- ✓ Transport actif primaire : la protéine qui effectue le transport utilise directement l'énergie de l'ATP
- ✓ Transport actif secondaire : la protéine qui effectue le transport utilise un gradient de conc. résultant du transport actif primaire

Le transport fonctionne selon trois systèmes:

- Système uniport : transport **d'1 molécule** à travers la mb à l'aide d'un transporteur
- Système antiport : transport simultané de **2 substances** dans des **sens opposés** (ex. Na^+/K^+)
- Système symport : transport simultané de **2 substances** dans le **même sens** (ex. glucose et Na^+)



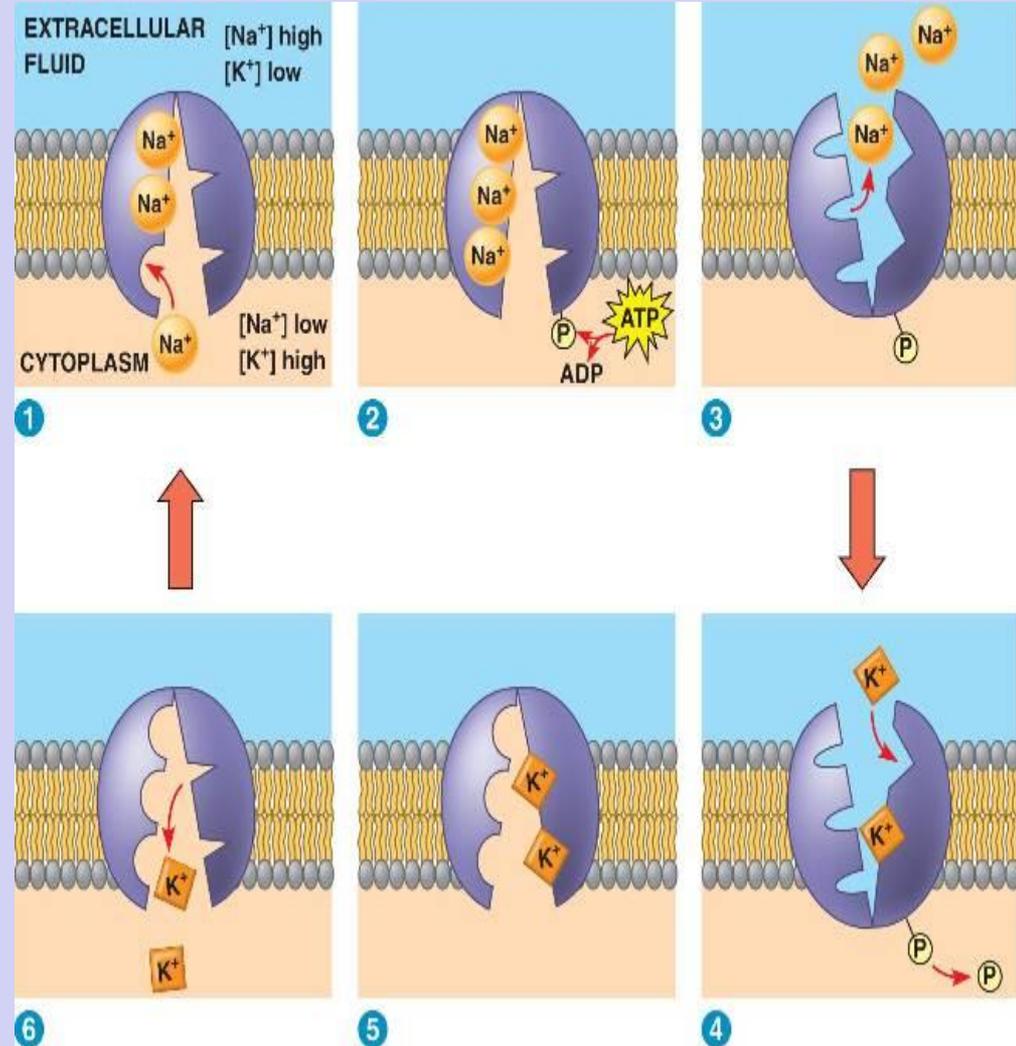


La différence entre les trois types de transports est révélée par la vitesse de transport de l'élément en fct de sa concentration:

- ✓ transport linéaire: diffusion simple.
- ✓ transport facilité: palier qui montre l'existence d'un état de saturation.
- ✓ transport actif: le transport ne se fait qu'en présence d'une source d'énergie.

Ex de transport actif primaire: pompe Na^+/K^+

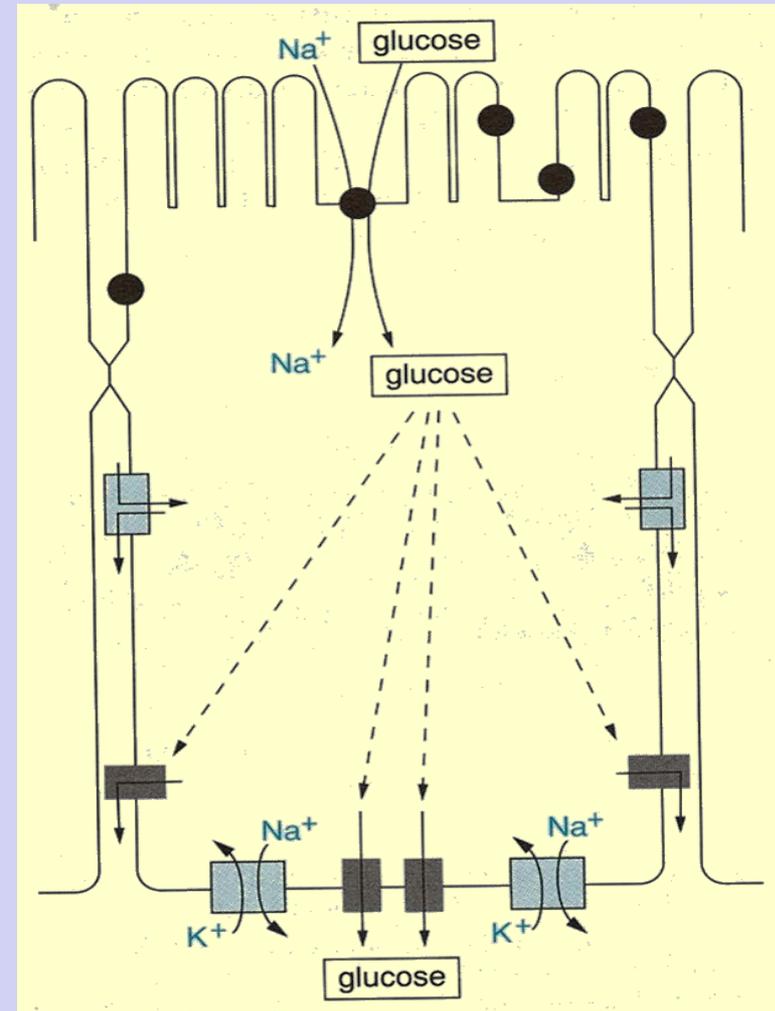
- Entrée et fixation de 3Na^+ dans la pompe (1)
- Fixation de l'ATP et sa dégradation en $\text{ADP}+\text{P}_i$ (2)
- Changement de conformation de la pompe et libération des Na^+ vers l'ext (3)
- Entrée de 2K^+ (4)
- Fixation de 2K^+ (5)
- Libération des K^+ dans le cytoplasme et retour de la pompe à l'état de repos (6)



Ex de transport actif secondaire: étude de la cell épithéliale de l'intestin

Au niveau de la mb basale:

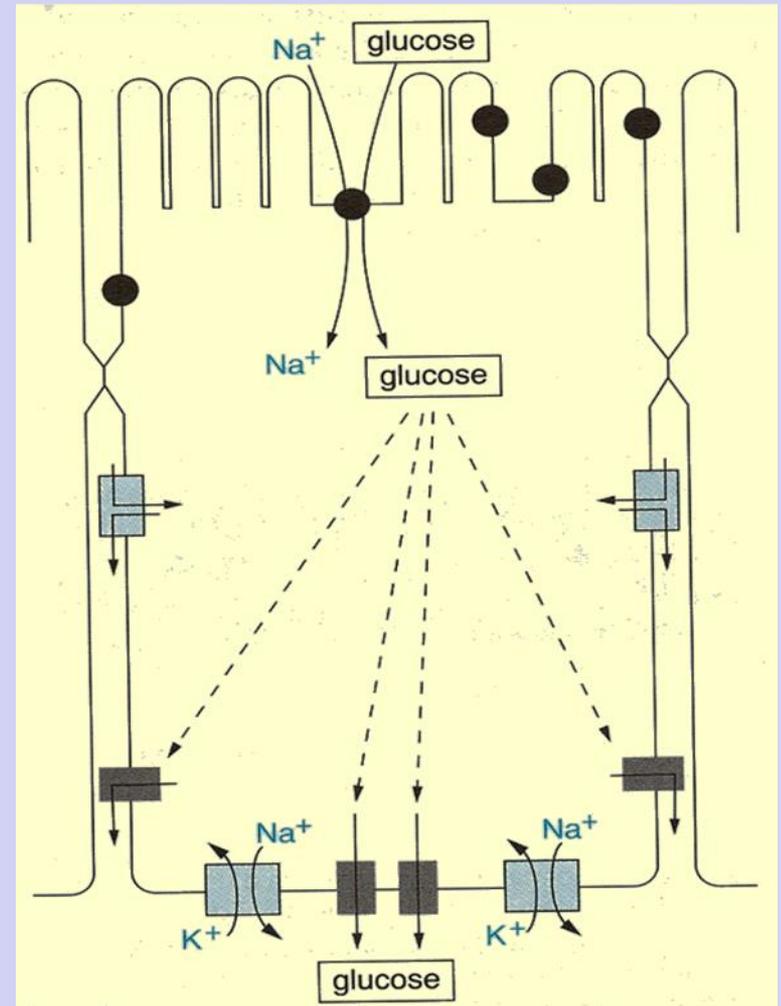
Na^+ est pompé activement vers le mil ext alors que K^+ entre dans la cell contre son gradient par la pompe Na^+/K^+ ATPase (pompe, antiport) qui se trouve sur la mb basale: **transport actif primaire.**



Au niveau de la mb apicale:

Pompe Na^+/K^+ \Leftrightarrow \searrow cct de Na^+
à l'intérieur.

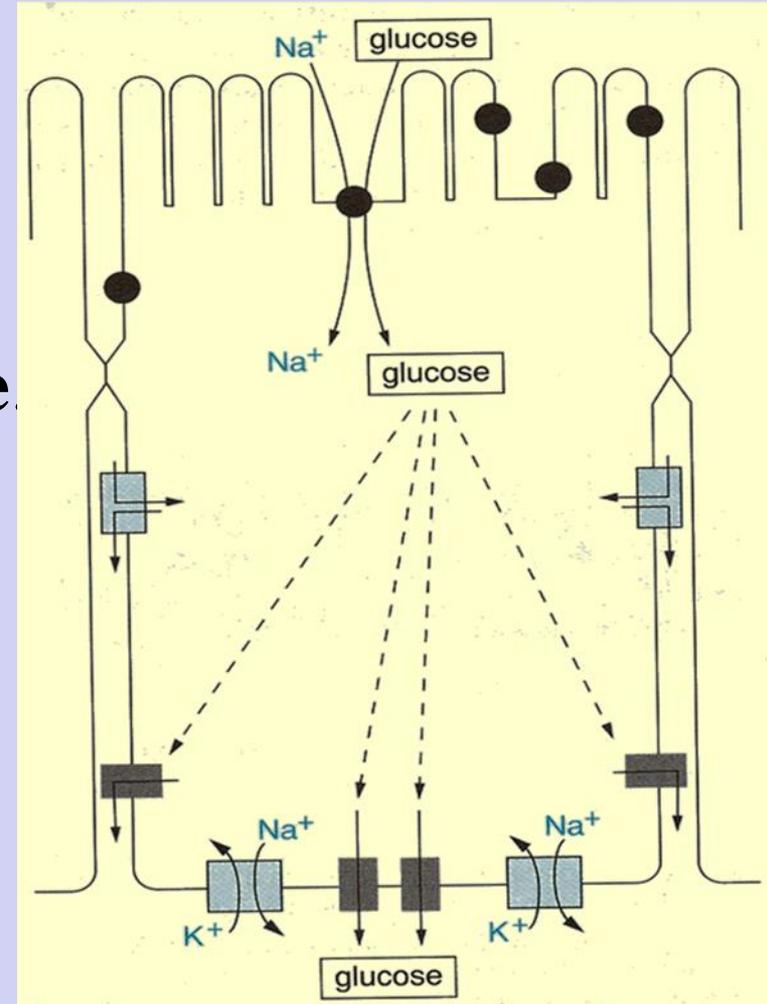
Pour compenser cette perte, le Na^+ diffuse rapidement à l'int suivant le grad de cct et entraîne l'entrée de glucose **contre son gradient** par un transporteur de type **symport $\text{Na}^+/\text{glucose}$** .



Ce transport facilité et passif du Na^+ profite du gradient ionique établi par le transport actif (pompe Na^+/K^+).

C'est un **transport actif secondaire**.

Au niveau de la surface basale, le transporteur (perméase) est de type **uniport**: le glucose est exporté passivement.

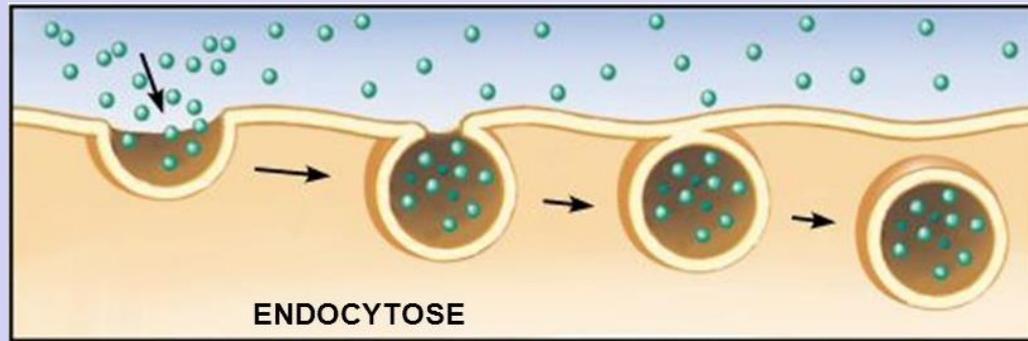


6.1.3 Perméabilité aux macromolécules: Endocytose-Exocytose

6.1.3.1 - Endocytose

Ingestion des particules par la cellule qui se fait par plusieurs étapes :

- invagination de la mb pl et dépôt de particules
- formation de la vésicule qui entoure les particules
- détachement de la vésicule



Il existe 3 types d'endocytose: pinocytose , phagocytose et endocytose à clathrine dépendante

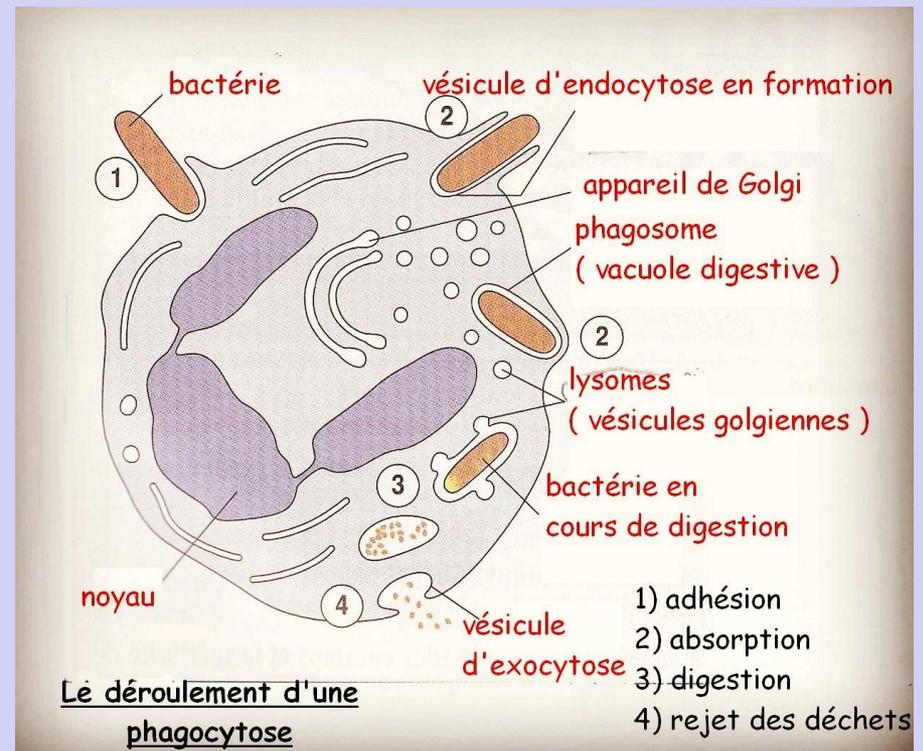
a- Pinocytose non spécifique

Ingestion de liquide, de solutés et de petites particules dans des petites vésicules (150 nm de diam.).

b- Phagocytose

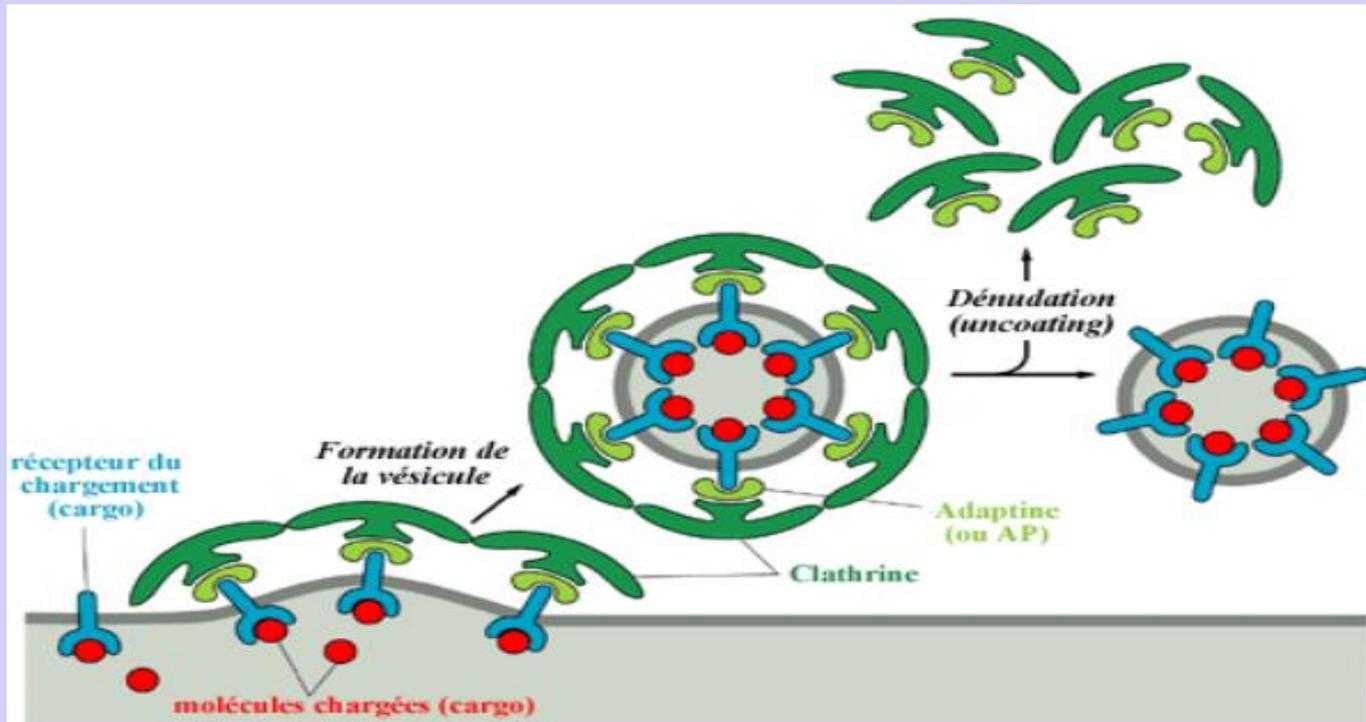
Ingestion de grosses particules: microorganismes, cellules sénescents ou débris cellulaires dans de grosses vésicules ou vacuoles: **phagosomes** (>250nm).

Ex :cell spécialisées les leucocytes ou globules blancs (macrophages et neutrophiles) qui ont pour rôle de défendre l'organisme contre l'infection en ingérant les μ org envahisseurs.



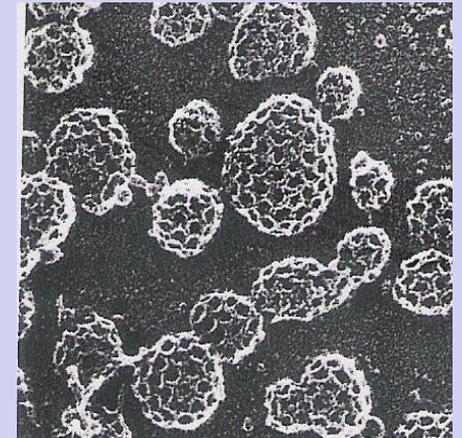
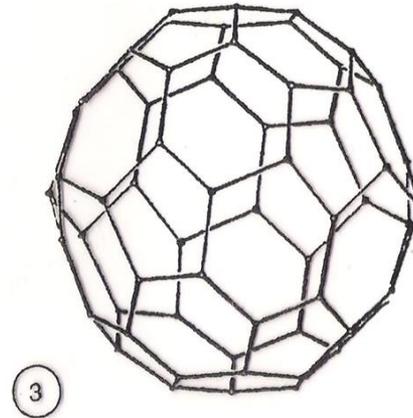
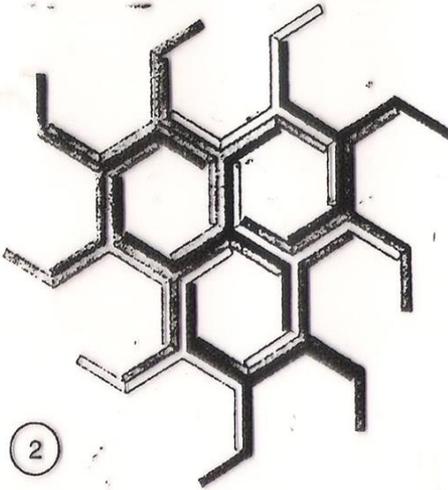
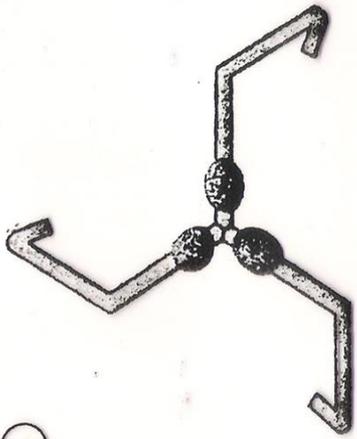
c-Endocytose clathrine dépendante

- Des récepteurs (protéines transmembranaires) fixent les macromolécules.
- Regroupement des macromolécules au niveau d'un « puits recouvert de clathrine».
- Le puits s'invagine puis se détache sous forme d'une vésicule recouverte.

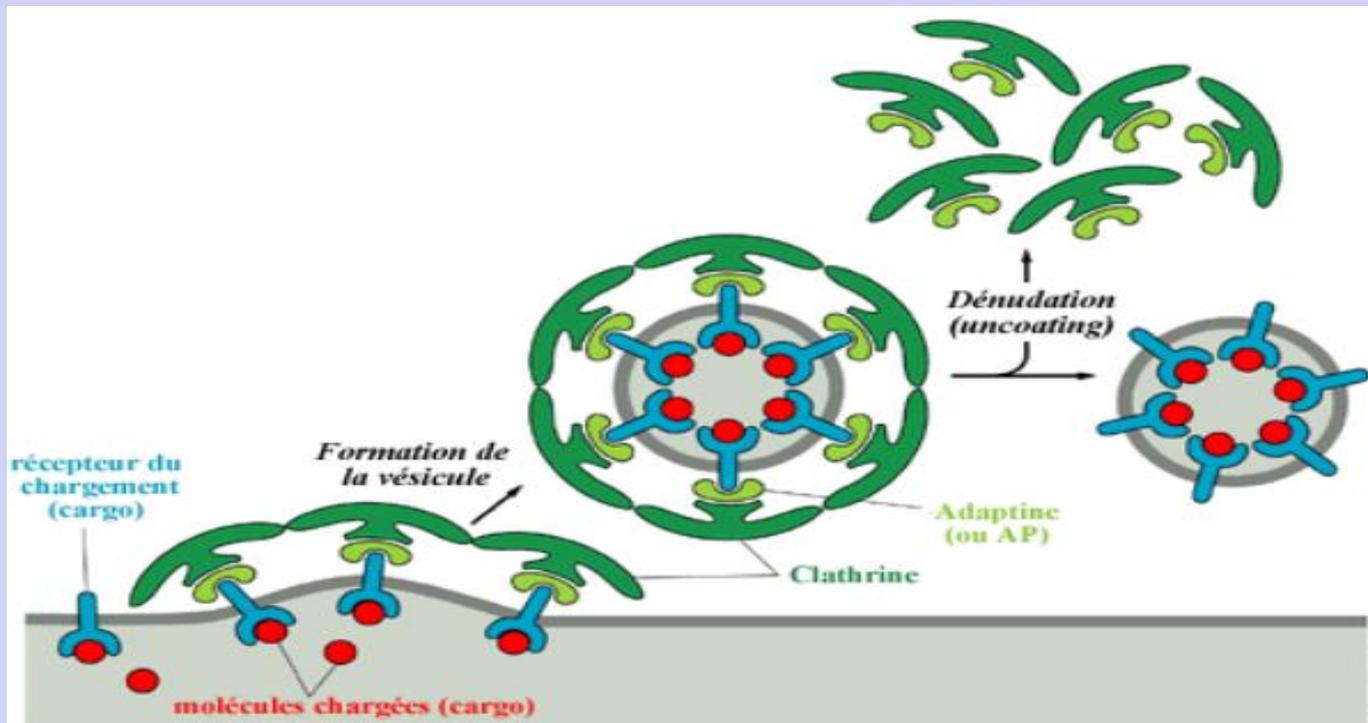


Organisation de la clathrine

Molécules (formée de 3 chaînes lourdes et 3 chaînes légères) s'agencent pour former un réseau hexagonal plan \Rightarrow cage sphérique formée d'hexagones et de pentagones.



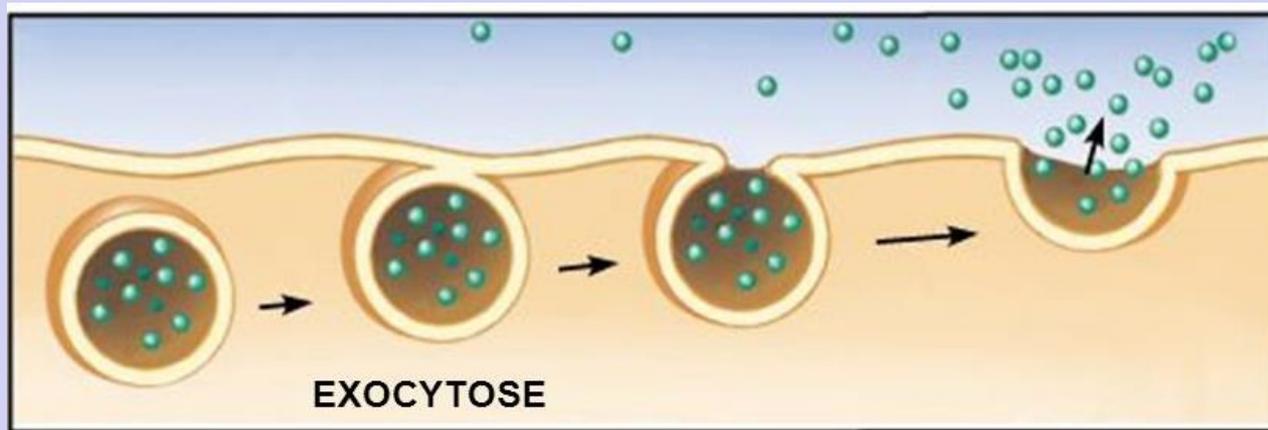
- Ce réseau de prot (clathrine) forme une enveloppe autour de la vésicule d'endocytose qui se détache de la mb.
- Cette enveloppe est perdue par les vésicules permettant leur fusion.



6.1.3.2 Exocytose

Processus permettant la sortie des particules ingérées vers le milieu extra cellulaire selon les étapes suivantes:

- migration de la vésicule vers la mb pl.
- accolement de la mb de la vésicule à la mb plasmique
- ouverture au niveau de la mb pl par l'intervention d'enzymes
- libération du contenu de la vésicule vers l'extérieur



Remarque : la surface et le volume cellulaires restent constants, donc la même quantité de mb est restituée par exocytose. On peut parler d'un cycle endocytose – exocytose.

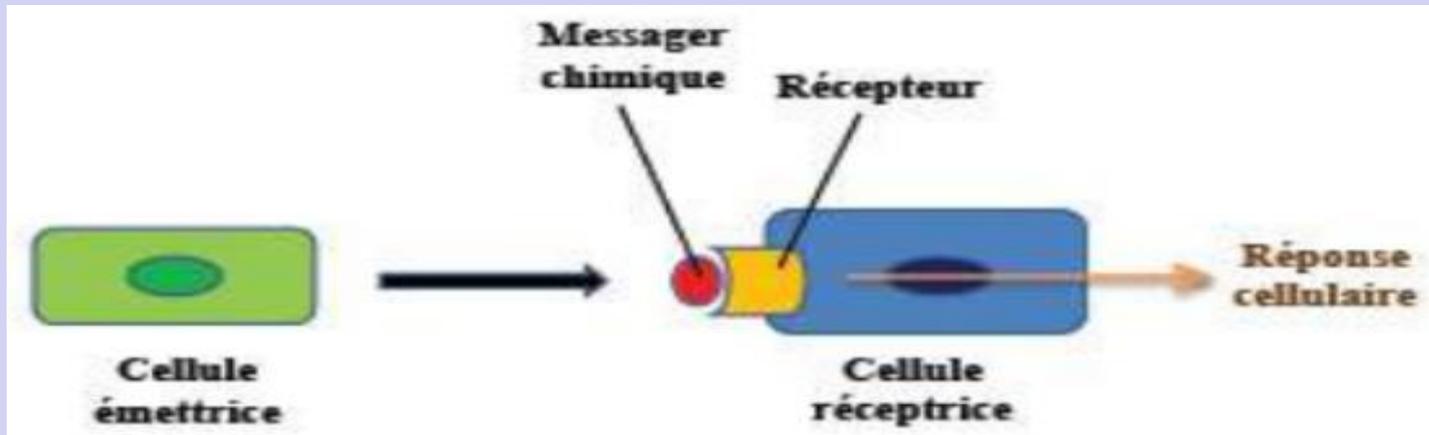
7 - Signalisation

Les signaux peuvent être de \neq types : molécules chimiques, hormones, neurotransmetteurs, infections... : **molécules informatives**.

C'est une communication intercellulaire, souvent à distance se faisant entre deux types de cell: cell de transmission et cell cible.

Cell de transmission (émettrice): synthétise le signal (moléc informative) et le fait sortir, souvent par exocytose, dans le milieu extracell.

Cell cible (réceptrice): capte le signal grâce à des récepteurs sur sa mb pl.



Le signal est reçu au niveau de la mb pl de la cellule cible par une protéique spécifique composée de:

- Récepteur externe
- Partie catalytique interne qui provoque une réponse cellulaire. C'est **la transduction** càd réception d'un signal externe et formation d'un 2^{ème} signal intracellulaire pour y répondre.

Ex: Insuline, hormone protéique (51 aa), hydrophile, synthétisée dans le pancréas et agit au niveau du foie et d'autres cell (cell cibles).

L'insuline (molécule informative) reconnaît les cell cibles grâce aux récepteurs spécifiques de la mb pl. (500 à 100 000 récepteurs/cell)

Le récepteur hormonal : prot intrinsèque transmembranaire composée de 2 parties:

-**partie externe** avec un site spécifique de reconnaissance de l'hormone

-**partie interne** enzymatique qui provoque une cascade de réactions en réponse à l'information reçue.

Il peut y avoir une amplification de l'effet selon \neq mécanismes / au nombre de récepteurs sur la surface membranaire.