

Cytologie : Membrane plasmique

I) Définition des membranes plasmiques

II) Composition chimique des membranes plasmiques

1. Lipides membranaires
 - a) Phospholipides
 - b) Glycolipides
 - c) Cholestérol
2. Protéines membranaires
 - a) Les protéines extrinsèques ou périphériques
 - b) Les protéines intrinsèques ou intégrées
 - c) Les protéines transmembranaires
3. Glucides membranaires

II) Propriétés des membranes

1. Autoassemblage des lipides
2. Asymétrie membranaire
3. Fluidité membranaire

III) Différenciation de la membrane plasmique

1. Différenciation apicale de la membrane plasmique
2. Différenciation basale de la membrane plasmique
3. Différenciation latérobasale de la membrane plasmique

I) Définition des membranes plasmiques

La membrane plasmique appartient aux membranes cellulaires. Elle sépare le milieu extracellulaire du milieu intracellulaire (= cytosol).

La membrane délimitant la cellule est appelée **membrane plasmique** et les membranes des organites sont appelées par le nom de l'organite concerné (membrane nucléaire, membrane mitochondriale, etc.).

Au microscope optique apparaît sous forme de trait homogène mais au microscope électronique elle est constituée d'une bicouche de 7 à 8 nm d'épaisseur.

Selon le modèle de **Singer et Nicholson en 1970** (le modèle de la mosaïque fluide avec composition très hétérogène) ; Les membranes cellulaires sont des doubles couches phospholipidiques dans lesquelles s'insèrent de manière **asymétrique** et **inhomogène** d'autres structures les caractérisant.

Composition chimique hétérogène qui varie d'un type cellulaire à un autre ou bien entre deux régions différentes au sein de la cellule.

En microscopie électronique on observe une tri-lamination de la membrane : un feuillet clair de 3 nm (environ 2 fois la longueur d'une chaîne d'acide gras) entouré par 2 feuillets sombres de 2,5 nm chacun ; l'épaisseur totale est donc d'environ **8 nm**. Ceci a permis de mettre en évidence la structure en bicouche phospholipidique de la membrane plasmique. Donc c'est une structure dynamique et fluide.

Caractéristiques de la membrane plasmique :

- **Composée d'une bicouche de phospholipides** : assure la stabilité de la membrane par rapport aux deux milieux liquidiens qui la bordent (milieux intra et extracellulaire).
- **Contient un stérol** : le cholestérol, qui a un rôle structural et contrôle la fluidité membranaire.
- **Des protéines et/ou glycoprotéines** sont insérées dans la bicouche et interviennent dans de nombreux processus (transport, récepteur, enzyme, adhérence...).
- **Organisation asymétrique** entre les deux feuillets liés à la composition en phospholipides, la nature des protéines insérées, la présence ou non de glucides, liens avec le cytosquelette, avec la matrice extracellulaire...
- **Composition chimique hétérogène** qui varie d'un type cellulaire à un autre ou bien entre deux régions différentes au sein de la cellule.

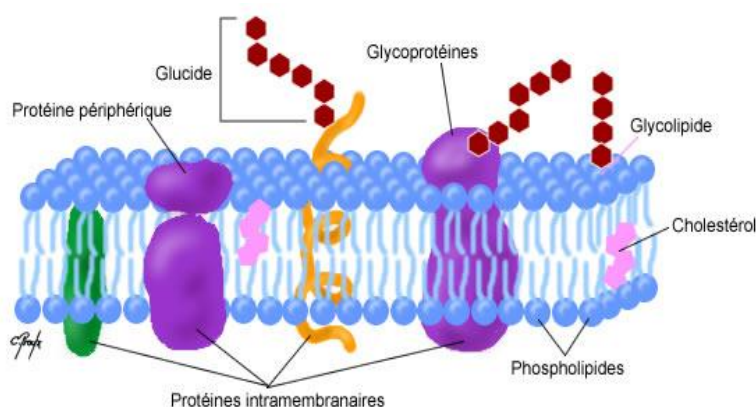


Fig.1. Représentation de la membrane plasmique

I) Composition chimique des membranes plasmiques

Les membranes sont constituées (en poids sec de membrane) de 49% de **lipides**, 43% de **protéines** et **8%** de **glucides**.

1) Lipides membranaires

Au sein de la membrane les lipides sont présents sous différentes formes ; parmi elles on compte les phospholipides, les glycolipides et le cholestérol. possèdent une caractéristique commune, l'**amphiphilie** (ou amphipathie) c'est à dire un domaine hydrophile et un domaine hydrophobe.

a) Phospholipides (lipides simples C,H,O et lipides complexes C,H,O+p+N+OSES

Les phospholipides présentent tous une tête hydrophile (phosphate et groupement spécialisé) et une queue hydrophobe (glycérol et acides gras).

On distingue deux types de phospholipides : (glycérophospholipides, sphingophospholipides)

- **Le glycérophospholipide**: 2 acides gras + 1 glycérol (CH₂OH-CHOH-CH₂OH) + 1 phosphate + 1 alcool (sérine, choline, éthanolamine)=composé azoté.
- **Sphingophospholipides** : Différence avec les glycérophospholipides : le glycérol est remplacé par la sphingosine. Sont constitués de sphingosine + acide gras + phosphate + alcool.

b) Glycolipides

Les glycolipides sont de deux types, on trouve les **glycéroglycolipides** et les **sphingoglycolipides**. Il est intéressant de préciser que les glycolipides des membranes des érythrocytes (globules-rouges), définissent le groupe sanguin de l'individu.

c) Cholestérol

Le cholestérol est composé d'un noyau stéroïde, d'une queue hydrophobe et d'une fonction alcool hydrophile – OH. La molécule est donc amphiphile, représente environ un quart des lipides membranaires et influence la fluidité membranaire.

Le cholestérol régule la fluidité membranaire : il **rigidifie** la membrane à haute température et la **fluidifie** à basse température.

Remarques :

- La plupart des phospholipides sont synthétisés sur la face cytosolique de la membrane du réticulum endoplasmique.
 - Les sphingolipides sont synthétisés sur la face luminale des citernes golgiennes.
- Il est intéressant de préciser que les glycolipides des membranes des érythrocytes (globules rouges) définissent le groupe sanguin de l'individu.

2) Protéines membranaires

Les protéines membranaires ont des rôles bien spécifiques au sein de la double couche phospholipidique : **récepteurs, transporteurs, adhérence cellulaire, catalyse enzymatique, messagers intracellulaires, etc.** Chaque protéine possède une extrémité N-terminale et une extrémité C-terminale. Les protéines sont ancrées de différentes manières dans la membrane.

a) Les protéines extrinsèques ou périphériques

Les protéines extrinsèques sont localisées en dehors de la bicouche phospholipidique et sont ainsi soit entièrement intracellulaire, soit entièrement extracellulaire (sont des protéines hydrosolubles). Elles ne sont jamais liées de façon covalente à la bicouche lipidique, elles font des interactions faibles (**liaisons hydrogènes** ou **ioniques**) avec :

- les têtes polaires des lipides membranaires ;
- les régions polaires de protéines intrinsèques.

b) Les protéines intrinsèques ou intégrées

Ce sont les protéines qui se trouvent au sein de la bicouche lipidique (sans la traverser).

b1. protéines ancrées

b2. protéines transmembranaires

Protéines transmembranaires qui traversent les deux feuillets. Ces protéines sont liées de manière stable à la membrane, équipées d'une hélice α qui leur permet ce passage à travers la membrane. Certaines peuvent avoir plusieurs hélices alpha et ainsi passer plusieurs fois à travers la double couche lipidique (comme les récepteurs à certains hormones).

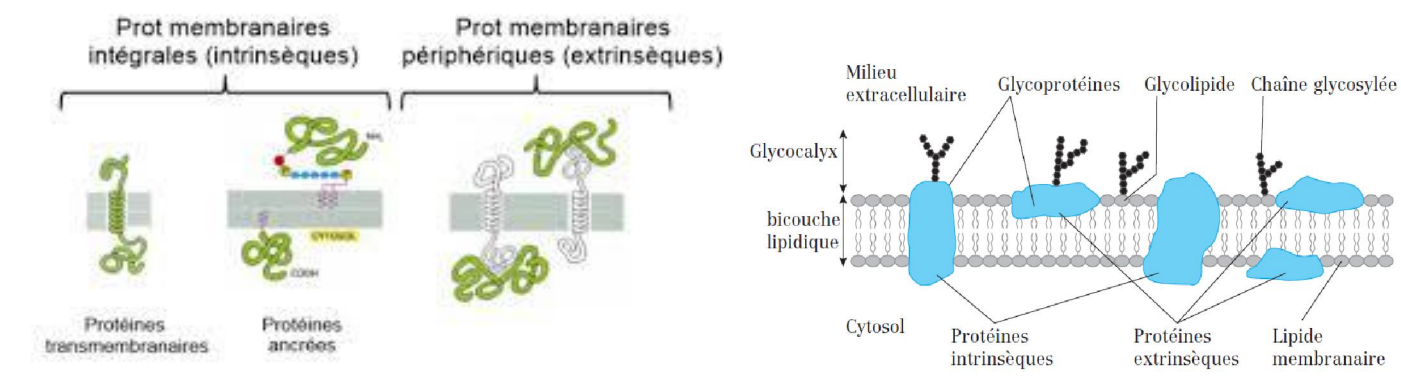


Fig.2. Protéines membranaires

3) Glucides membranaires

Au niveau de la membrane les glucides n'existent pas à l'état libre. La grande majorité des glucides membranaires sont sous forme de glycoprotéines et une petite partie sous forme de glycolipides forment ce qu'on appelle **Le glycocalix** = « **manteau cellulaire** » ou « **cell coat** ». Au niveau de la membrane les glucides n'existent pas à l'état libre.

Les glycoprotéines contiennent des polysaccharides courts, souvent ramifiés et n'excédant pas 50% du poids moléculaire de la glycoprotéine. Le sucre terminal est souvent de l'acide sialique chargé négativement.

Les protéoglycanes sont également des glycoprotéines, mais qui contiennent des polysaccharides à chaîne longue composée d'unités disaccharidiques répétées à l'infini, représentant jusqu'à 90% du poids moléculaire globale. Souvent un des deux sucres de l'unité est aminé, on parle alors de glyco-amino-glycane (ou GAG) dont le plus simple est l'acide hyaluronique.

Les glucides membranaires peuvent avoir plusieurs rôles :

- Ils assurent la **cohésion** (solidité et force aux tissus) et la **reconnaissance** des cellules adjacentes.

- Ils interviennent aussi dans les phénomènes de **pénétrabilité** de vésicules et vacuoles (pinocytose et phagocytose).

Pour information, les protéoglycanes sécrétoires composent la matrice extracellulaire (tissu conjonctif, cartilage, etc.) et sont différents des protéoglycanes cellulaire.

II) Propriétés des membranes

Comme les lipides sont constitués d'un domaine hydrophile et un domaine hydrophobe. Cette propriété est capitale, car elle permet l'**autoassemblage** en une bicouche : deux feuilletts lipidiques accolés par leurs domaines hydrophobes.

A. Autoassemblage :

Lorsque les lipides membranaires sont en phase aqueuse, ils peuvent s'organiser de plusieurs manières différentes :

A.1. Bicouche lipidique

Les têtes polaires sont dirigées vers l'extérieur, en contact avec le milieu aqueux. Les queues apolaires sont dirigées vers le centre, elles font des interactions hydrophobes entre elles et sont protégées du milieu aqueux grâce aux têtes polaires. Cette organisation correspond à celle des membranes cellulaires.

Phospholipides, cholestérol et glycolipides sont insolubles dans l'eau comme tous les lipides. De plus, ils sont dits amphipathiques (=amphiphiles=bipolaires) car possèdent un groupe polaire ou hydrophile (qui aime l'eau) et un groupe apolaire ou hydrophobe (qui n'aime pas l'eau).

A.2. Micelle

Ce sont des structures sphériques dans lesquelles les têtes hydrophiles (les têtes polaire) des molécules amphipathiques ont tendance à s'exposer à l'eau de façon à présenter les queues hydrophobes vers l'intérieur, protégées du milieu aqueux par les têtes polaires. On les obtient suite à des traitements de la membrane plasmique par des détergents.

A.3. Liposome

Ce sont des structures artificielles, fabriquées *in vitro*. Les liposomes ont la forme de petites vésicules sphériques délimitées par une double couche lipidique et remplies de milieu aqueux. Les têtes hydrophiles des molécules amphipathiques ont tendance à s'exposer à l'eau de façon à présenter les queues hydrophobes vers l'intérieur. Les bicouches lipidiques à leur tour tendent à former des compartiments clos (de 25 nm). Cette aptitude a fait de ces molécules des constituants idéaux pour la formation des membranes cellulaires. Ils peuvent aussi être utilisés comme vecteurs pour délivrer des drogues ou des médicaments à des cellules car ils ont la capacité de fusionner avec la membrane plasmique pour y délivrer leur contenu.

Les molécules amphiphiles

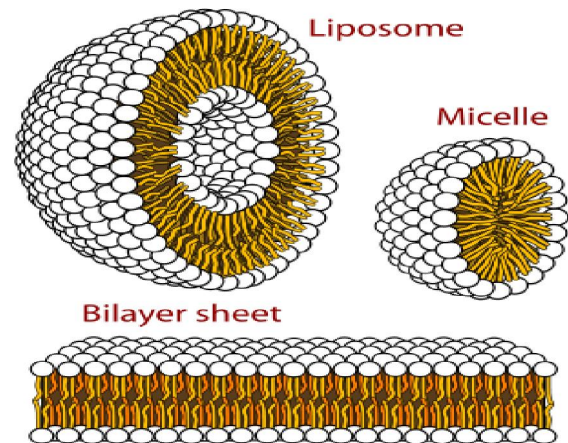
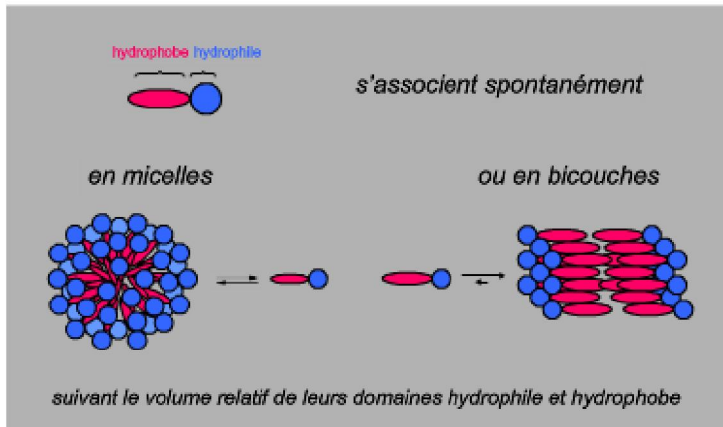


Fig.2. Polarité des membranes

B- Asymétrie membranaire

Toutes les membranes biologiques sont constituées de feuillet dont les compositions lipidiques sont différentes, sauf le cholestérol qui se trouve en quantité équivalente dans l'un ou l'autre des feuillet, pouvant basculer facilement de l'un à l'autre.

Le feuillet interne est caractérisé par les phosphatidyl-sérine (amphotère ; Qui agit à la fois comme un acide et comme une base : qui peut fournir un ion H⁺ et le capter) et phosphatidyl-éthanol-amine (charge négative).

Le feuillet externe est caractérisé par la sphingomyéline (charge négative) et la phosphatidyl-choline(charge négative).

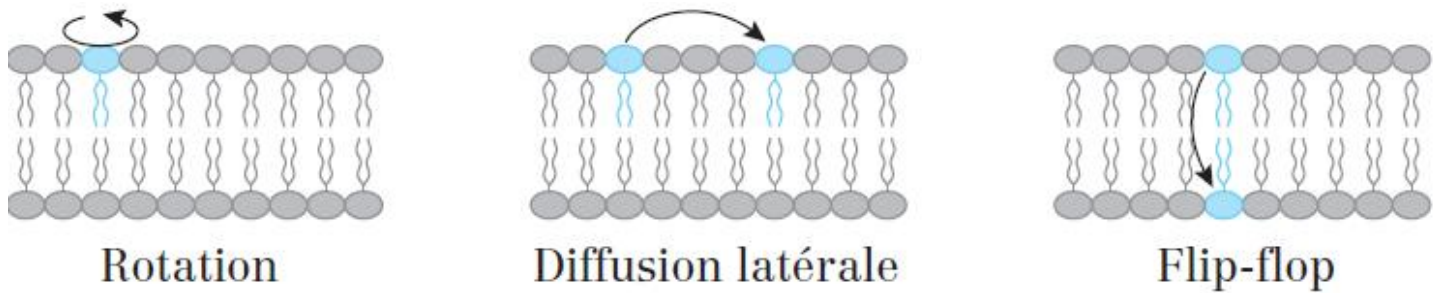
L'asymétrie des lipides entraîne ainsi une asymétrie de la charge globale de chaque feuillet. On visualise également une asymétrie des protéines présente dans la double couche phospholipidique ; ces protéines participent à caractériser les propriétés de la membrane, que cela soit du côté intracellulaire ou extracellulaire.

La plus grande asymétrie est celle présente au niveau des glucides, en effet tous les motifs glucidiques sont localisés sur le feuillet externe de la membrane plasmique. Pour les organites intracellulaires les sucres sont dirigés vers la lumière de l'organite. « L'arbre glucidique » présent au niveau du feuillet externe de la membrane plasmique forme ce que l'on appelle le **glycocalix** (chez les bactéries c'est un peptidoglycane (ou la muréine), les végétaux cellulose).

C) Fluidité membranaire

La mobilité des lipides est nécessaire pour l'activité cellulaire. Ils peuvent se mouvoir de différentes manières au sein de la membrane : rotation (tourne autour de son axe), diffusion latéral (changement de place) et flip flop (passage d'un feuillet à l'autre).

La fluidité membranaire intervient dans différentes fonctions cellulaires : absorption, sécrétion, protection, adhérence, communication, interaction avec la matrice, etc.



Les trois types de mouvements des lipides membranaires

La fluidité est influencée par différents facteurs, des facteurs externes comme la température (une augmentation de la température entraîne la fluidification de la membrane) et des facteurs internes :

- La composition en acides-gras : Plus les chaînes carbonées des acides-gras sont courtes et insaturées plus la membrane est fluide.
- La proportion de cholestérol : Le cholestérol renforce la solidité et rigidité membranaire.
- Le nombre de protéines : Les protéines diminuent la fluidité membranaire.
- La température : La fluidité augmente lorsque la température augmente.

III) Différenciation de la membrane plasmique

On distingue 3 principaux types de différenciation de la membrane plasmique, qui touche des pôles différents de la cellule concernée.

1. Différenciation apicale de la membrane plasmique :

1.1. Les microvillosités

Les **microvillosités** sont de fins prolongements cellulaires de forme cylindrique localisées sur des cellules épithéliales. Elles se situent au pôle apical de la cellule (extrémité cellulaire vers le milieu extérieur, s'oppose au pôle basal), et servent à absorber des substances. Ces microvillosités selon le type cellulaire forment : **un plateau strié, une bordure en brosse ou des stéréocils**.

- **Sont des projections du pôle apical de la membrane plasmique des cellules épithéliales d'environ de 1 à 2µm µm de longueur et 0,1 µm de diamètre**
- **En général spécialisées dans l'absorption**

1.2. Les stéréocils : 5-10µm

1.3. Les cils: 5 à 7 µm de longueur

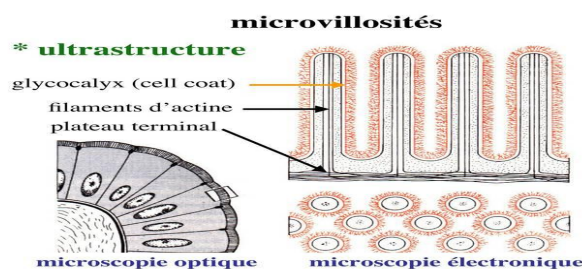


Fig.4. Les microvillosités isolées.

Il faut bien faire la différence entre : - microvillosités : mobiles et mouvement asynchrone
 - cils : mobiles et mouvement synchrone
 - stéréocils : immobiles

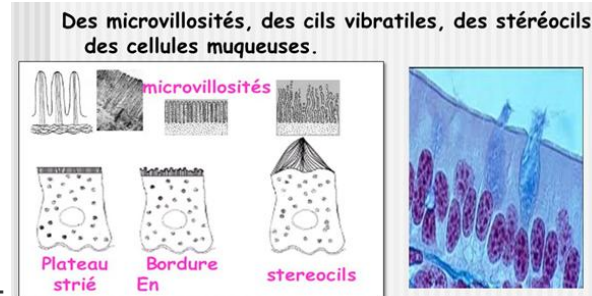


Fig.5. Spécialisation du pôle apical de la membrane plasmique

2. Différenciation basale de la membrane plasmique :

2.1. Les invaginations

Correspondent à des replis profonds de la membrane plasmique au niveau du pôle basal des cellules épithéliales, le plus souvent au niveau de cellules qui sont sujettes à des échanges d'eau et de minéraux de manière bidirectionnelle avec la matrice extracellulaire (reins)

3. Différenciation latérobasale de la membrane plasmique :

3.1. Les jonctions cellulaires

Rôle dans la communication cellulaire.