

La biologie cellulaire (anciennement appelée cytologie) est une discipline scientifique qui étudie les cellules, du point de vue structural et fonctionnel, et les utilise pour des applications en biotechnologie.

Chapitre 3 : La membrane plasmique

A- Aspect ultra-structural de la membrane plasmique

I. Généralités :

La membrane plasmique est une structure mince et délicate, qui sépare la cellule vivante de son environnement et constitue une enveloppe continue de la cellule. Elle est une barrière très efficace qui **délimite, isole et protège la cellule**. Cette membrane est perméable et contrôle les échanges cellulaires. Aussi, elle reconnaît certains produits auxquels elle va réagir par le biais de récepteurs présents dans la membrane. Elle se caractérise par :

- ✦ sa composition chimique variable du à la nature des molécules qui la constituent,
- ✦ la filtration sélective de substances qui rentrent ou qui sortent du compartiment cellulaire,
- ✦ des mécanismes qui permettent le transport physique des substances à travers la membrane,
- ✦ des récepteurs qui s'unissent à des ligands spécifiques de l'extérieur pour informer la cellule.

II. Etude de la membrane érythrocytaire (L'Erythrocyte ou Globule Rouge ou Hématie):

a) Généralités : L'Erythrocyte ou Globule Rouge est une cellule anucléée Chez les mammifères (dépourvue de noyau), tandis que chez les oiseaux c'est une cellule nucléée.

Ces cellules sont très **faciles à obtenir par Hémolyse** et **faciles à étudier** puisqu'elles n'ont qu'une seule membrane, la membrane plasmique car le **globule rouge** est une cellule discoïde biconcave **dépourvue de noyau, de mitochondries et de ribosomes**,

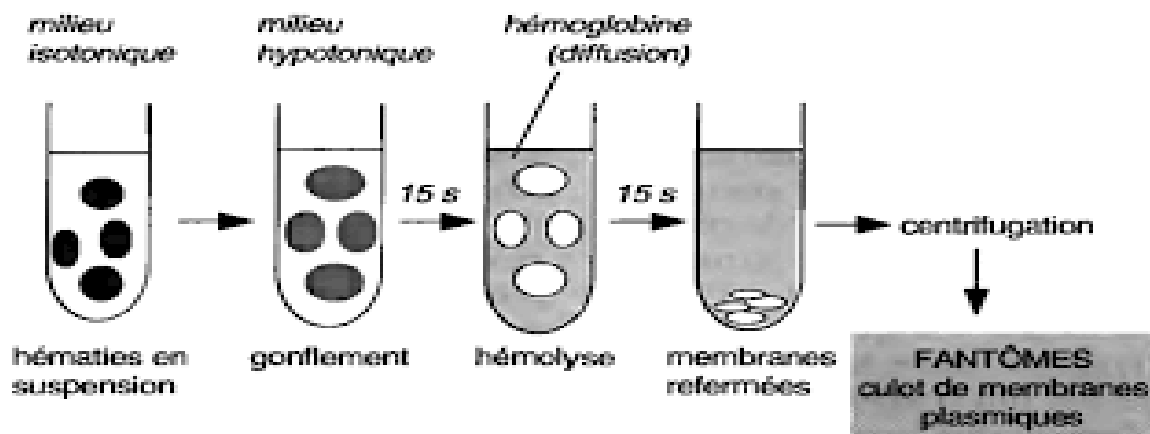
De diamètre de 7µm chez l'être humain, le volume occupé par les hématies dans un volume du sang total ou hématocrite est de 47 % chez l'homme et de 42 % chez la femme avec un nombre moyen de globules rouges : 4,6 à 6,2 millions/mm³ chez l'homme et de 4,2 à 5,4 millions/mm³ chez la femme.

b) L'Hémolyse:

Un globule rouge placé dans l'eau pure subit une pression osmotique considérable. L'eau pure (hypotonique) diffuse vers l'intérieur de la cellule (hypertonique) à travers la membrane. L'entrée massive d'eau dans l'hématie entraîne le gonflement puis l'éclatement du globule rouge suivi par la sortie de l'hémoglobine: c'est l'**hémolyse** des cellules. La pression osmotique est calculée par la **Loi de Vant'Hoff:**

P= RT. C/M (C= concentration du soluté, M=masse molaire, T=température absolue, R=constante des gaz parfaits)

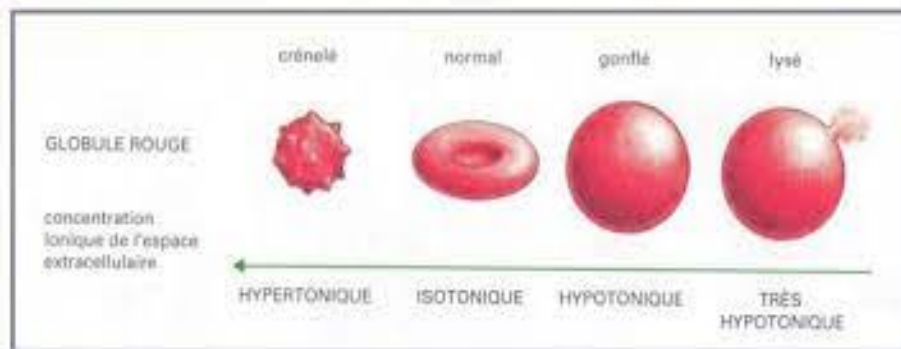
La centrifugation permet de faire sédimenter les membranes des G.R. éclatées et de les étudier car la membrane érythrocytaire porte des déterminants de groupes sanguins et représente un modèle idéal pour l'étude de la structure et des fonctions des membranes cellulaires



La membrane plasmique est constituée de **40% de lipides**, 60% de **protéines avec Holoprotéine = Ag D (facteur Rhésus) et Hétéroprotéines = Glycoprotéines** tels que la **Glycophorine C**, 55% de phospholipides, 25% de cholestérol et 20% des glycolipides.

- ♦ la reconnaissance et l'identité des cellules (ex : marqueurs glucidiques à la surface des hématies).

♦ Les glycolipides des membranes des globules rouges, définissent le groupe sanguin de l'individu. Il s'agit d'oligosaccharides liés aux lipides au niveau de la membrane des hématies. Ex : fucose et galactosamine spécifiques des antigènes du groupe A, tandis que fucose et galactose spécifiques des antigènes du groupe B.



Remarque: La production des globules rouges a lieu dans la moelle osseuse sous le contrôle d'une hormone, l'érythropoïétine (EPO).

III. Structure :

1. **En microscopie optique** : la membrane plasmique apparaît sous forme d'un trait ou d'une ligne.
2. **En microscopie électronique** : On peut observer en détail sa structure grâce à deux techniques utilisées en microscopie électronique : la technique des coupes minces et celle des répliques (cryodécapage)

a. Observation après la technique des coupes minces : (Des coupes ultrafines de 300 à 600 Å à l'ultramicrotome, fixation au tétroxyde d'osmium, déshydratation à l'alcool et inclusion à la résine),

D'une épaisseur de 75Å, elle apparaît formée de trois feuillets : deux feuillets osmiophiles sombres séparés par un feuillet osmiophobe clair. Le feuillet dense externe porte des molécules de glycoprotéines perpendiculaires à la membrane qui représentent le "cell coat" ou "glycocalyx" qui représente **l'identité de la cellule** et qui est responsable de **l'asymétrie** de la membrane.

b. Observation après la technique des répliques (cryodécapage): la membrane plasmique clivée en deux hémi membrane: l'une externe exoplasmique et l'autre interne du côté hyaloplasmique.

IV. Organisation générale : La membrane plasmique est constituée par :

1. une double couche de phospholipides.
2. Des protéines intra membranaires (intrinsèques).
3. Des protéines extra membranaires (extrinsèques) : face cytosolique et face extracellulaire.
4. Des molécules de cholestérol, de glycolipides et de glycoprotéines
5. Le cell-coat (glycocalyx), représenté par un feutrage de fibrilles constituées par des glucides.

V. Composition chimique:

La membrane plasmique est constituée de **40% de lipides**, **52% de protéines** et **8% de glucides**.

1. Les lipides membranaires : Eléments de base de la membrane plasmique: 55% de phospholipides, 25% de cholestérol et 20% des glycolipides.

o Les Phospholipides

Les phospholipides présentent une tête hydrophile (aimant l'eau ou polaire formée de phosphate et groupement spécialisé) et une queue hydrophobe (craignant l'eau ou apolaire glycérol et acides gras). L'exemple le plus classique de phospholipide est la phosphatidylcholine

o Le cholestérol :

Il est présent dans les membranes des cellules animales seulement, (absent des cellules végétales et des bactéries). Il représente ¼ des phospholipides et il est composé d'un groupement polaire, et d'un groupe stéroïde. La variation de sa teneur agit sur la fluidité de la membrane.

Le cholestérol est la forme présente chez les mammifères, l'ergostérol chez les champignons et le stigmastérol chez les plantes.

o des glycolipides:

Les glycolipides résultent de la liaison d'un simple hexose à une fonction hydroxyle d'un glycérol (glycéroglycolipide) soit à la sphingosine (sphingolipide). Les glycéroglycolipides appartiennent au règne végétal et les glycosphingolipides sont rencontrés dans les cellules animales.

2. Propriétés des lipides membranaires :

♦ **L'asymétrie de la bicouche lipidique** : la répartition des lipides entre les deux feuillets internes et externes est asymétrique.

○ **La fluidité** : la fluidité de la membrane dépend de l'insaturation des phospholipides, de la quantité de cholestérol et de la température. L'insaturation des chaînes hydrocarbonées augmente la fluidité de la membrane. Une baisse de la température provoque la synthèse de lipides membranaires insaturés, entraînant une augmentation de la fluidité de la membrane.

○ Le cholestérol solidifie la membrane en se plaçant entre les molécules de phospholipides, immobilise les chaînes hydrocarbonées voisines rendant la membrane plus rigide et plus fluide.

3. Les protéines :

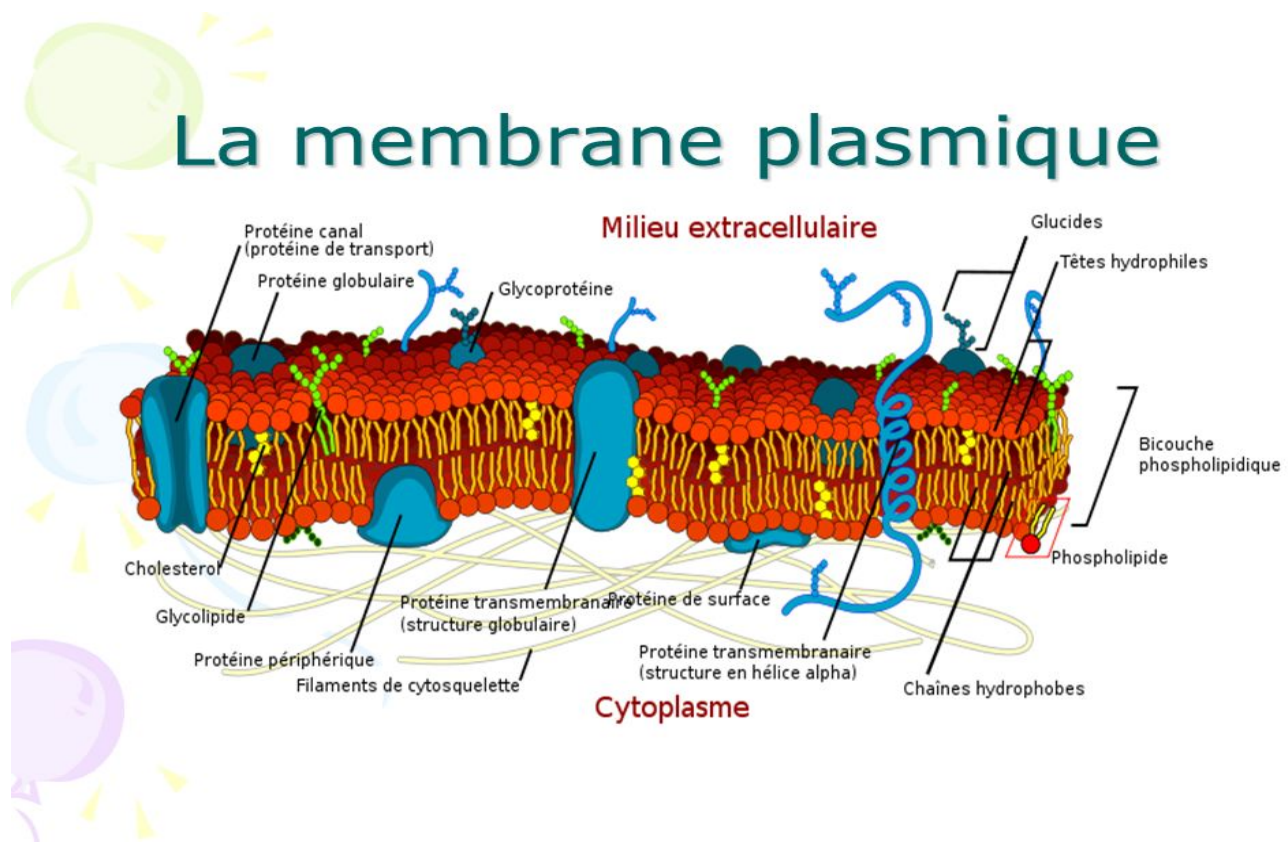
Les protéines intrinsèques pénétrant dans la bicouche lipidique et la traversent, exposant des faces cytoplasmique et extracellulaire de la cellule. Les protéines périphériques ou extrinsèques sont en dehors de la bicouche lipidique mais sont unis par covalence à un lipide qui fait partie de la bicouche.

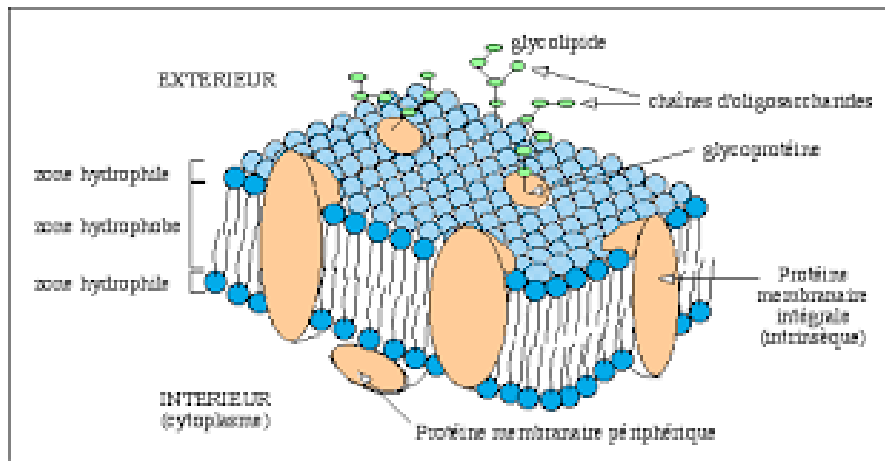
Les protéines membranaires ont des rôles spécifiques dans la bicouche phospholipidique : récepteurs, transporteurs, adhérence cellulaire, catalyse enzymatique, messagers intracellulaire.

4. Les glucides :

Représentés en faible quantité dans la membrane plasmique et se présentent sous deux formes, les glycolipides et les glycoprotéines associées au feuillet dense externe pour former le cell-coat ou cellules du Glycocalix (complexe HLA). Les glucides participent à la charge négative de la membrane.

Architecture moléculaire : Singer et Nicholson ont proposé en 1972, un modèle d'architecture moléculaire qui définit la membrane comme une **mosaïque fluide et asymétrique**.





Représentation tridimensionnelle de la membrane plasmique (Singer et Nicholson, 1972)

Toutes les membranes des organites cellulaires sont de même structure que le Plasmalemme et sont tous tristratifiées et constituées de Protéine et Phospholipides. (Unité membranaire).

VI- Notion de microdomaine membranaire (épaisseur et diamètre).

Un **microdomaine** est une petite zone ou région d'une membrane cellulaire qui a une structure distincte et une fonction distincte. Par exemple, une [bordure en brosse](#) de [cellules épithéliales](#).

La membrane plasmique des cellules épithéliales polarisées comporte deux domaines distincts, le domaine apical et le domaine basolatéral. Chaque domaine a une composition en lipides et en protéines déterminée, leur permettant d'assurer des fonctions spécifiques.

Les épithéliums constituent une barrière entre le milieu extérieur et les différents tissus de l'organisme et jouent un rôle fondamental dans les échanges entre des milieux qu'ils séparent.

Pour assurer ces fonctions de barrière et de transport, les cellules épithéliales ont développé une organisation polarisée, en particulier au niveau de leur membrane plasmique qui présente un pôle apical dirigé vers l'extérieur et un pôle basolatéral qui repose sur une lame basale

VII. Spécialisations de la membrane plasmique:

- ◆ Sont des transformations morphologiques de la membrane plasmique parfois complexes.
- ◆ Confèrent à la cellule une fonction particulière.

1) Spécialisations de la membrane plasmique apicale :

a. Microvillosités : Ce sont des expansions cytoplasmiques en doigts de gant (de longueur de $1,5\mu\text{m}$ et $0,1\mu\text{m}$ de large) **qui augmentent la surface de la membrane cellulaire** et renferment un axe formé de micro-filaments d'actines et de nombreuses protéines permettant l'association du cytosquelette avec les protéines membranaires qui interviennent dans les phénomènes d'absorption. Pouvant être isolées ou groupées :

- ✦ **Les microvillosités isolées :** sont distantes les unes des autres et se caractérisent par une irrégularité de forme et inégalité de taille et de diamètre.
- ✦ **Les microvillosités groupées:** Recouvrent tout le pôle apical de la cellule et sont identiques dans la forme, la longueur et le diamètre.

Exemple: Le plateau strié des entérocytes (épithélium intestinal), et la bordure en brosse des tubes contournés du Rein.



b. Les cils vibratiles : sont des expansions cytoplasmiques mobiles :

- ✦ Douées de mouvements pendulaires ou ondulants.
- ✦ possédant un squelette de microtubules et de protéines associées.
- ✦ Entraînant les particules et les liquides à la surface de l'épithélium.

Exemple: Epithélium respiratoire, Epithélium tubaire.

c. Les stéréocils : Ce sont des expansions immobiles qui:

- ◆ Ressemblant à de très longues microvillosités, mais dépourvus du cytosquelette d'actine.
- ◆ S'agglutinent par touffe à la surface.
- ◆ Guident l'évacuation du produit de sécrétion.

Exemple: Epithélium des voies excrétrices masculines : épидидyme.

2) Spécialisation de la membrane basale: qui dessine des invaginations plus ou moins profondes qui pénètrent dans le cytoplasme basal et divisent celui-ci en compartiments toujours ouverts vers le cytoplasme.

Exemple: cellules des tubes contournés du Rein.

3) Les interdigitations ou jonctions intercellulaires:

Qui sont des interpénétrations de membranes latérales de cellules voisines ou cellules proches, souvent rectilignes et suivent des contours sinueux par place. **Les jonctions intercellulaires** diffèrent par leur :

- ✦ Forme : **Zonula** (jonction étendue en ceinture) et **Macula** (jonctions circulaires s/forme d'un point).
- ✦ Selon l'espace intercellulaire:
 - ✓ Occludens: ou l'espace intercellulaire est nul.
 - ✓ Adherens: ou l'espace intercellulaire est large.
 - ✓ Gap: ou l'espace intercellulaire est réduit.

Ces dispositifs permettent: l'Adhésion des cellules, leur cohésion et interagissent directement par contact. Elles échangent des informations en adhérant l'une à l'autre par des **jonctions cellulaires**. Il en existe trois types :

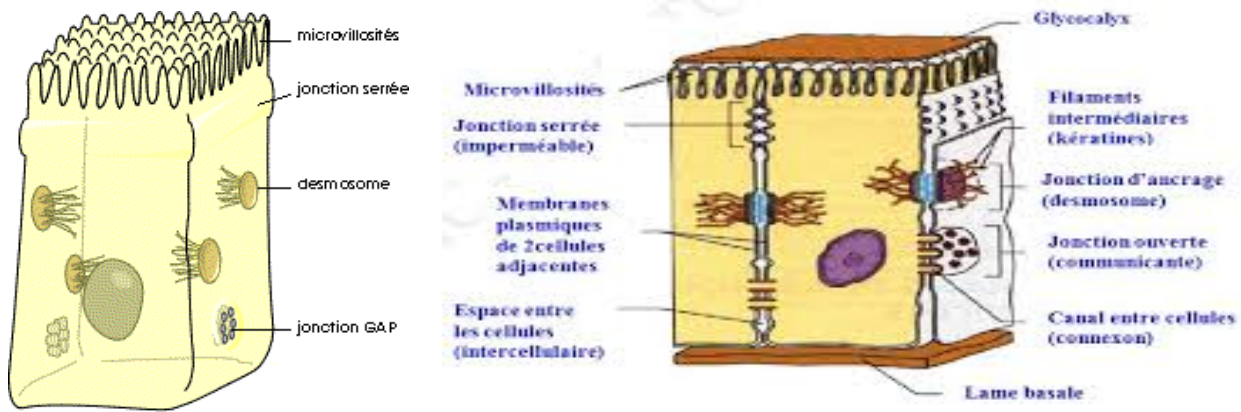
A. Jonctions serrées (tight junctions): se compose de deux membranes collées, soutenues par des protéines (occludine et claudine):

- ✦ Obturent complètement l'espace intercellulaire.
- ✦ Siège: cellules endothéliales, Epithéliums ou elles jouent un rôle de perméabilité sélective,

B- les jonctions d'ancrage : cette jonction permet aux cellules de s'accrocher entre elles, notamment pour former [les tissus](#) : Les **Desmosomes** (cellule épithéliale) **qui** présentent une forme ovale, 100nm pour le petit axe et 400nm pour le grand axe comme des boutons-pressions qui adhèrent entre elles à l'aide d'ions calcium. L'espace intercellulaire est élargi: 200 à 500nm avec pour rôle: -la cohésion architecturale du tissu épithélial et La transmission et l'amortissement des forces mécaniques s'exerçant sur les cellules épithéliales.

C. Les Gap jonctions ou jonctions communicantes:

Formées de petits canaux tubulaires intercellulaires qui traversent les membranes plasmiques des deux cellules permettant le passage de molécules entre cellules adjacentes et présentes dans la plupart des tissus de l'organisme qui permettent le passage d'ions et de petites molécules de PM inférieur 1500 daltons.



La communication intercellulaire: elle peut être:

1. **Synaptique chimique:** le premier messager (neurotransmetteur) est libéré dans l'élément pré-synaptique, et agit sur l'élément post synaptique (récepteur).

2. **Endocrine:** l'hormone (premier messager) synthétisé par la cellule endocrine, libérée dans la circulation générale, et agit sur la cellule cible (récepteur spécifique).

Dispositifs de jonction intercellulaire

4- Le cell coat:

✦ **Structure:** Fins filaments ramifiés perpendiculaires sur face de la membrane, formées de courtes chaînes d'oligosaccharides liées aux protéines membranaires ou aux lipides, d'un diamètre de 1nm, et épaisseur variable (200nm pour l'entérocyte).

✦ **Rôle du cell coat:** Protection de la membrane plasmique à charge négative, rôle dans les phénomènes de reconnaissance cellulaire: les chaînes oligosaccharidiques du cell coat peuvent jouer un rôle antigénique et sont spécifiques de l'individu.

a. Le système HLA: L'antigène HLA est composé de deux polypeptides. Il est porté par toutes les cellules d'un individu pour permettre la reconnaissance et la transmission synaptique du soi.

b. Antigénicité des globules rouges: L'antigénicité des hématies, caractéristique des groupes sanguins est portée par des chaînes oligosidiques du cell-coat.

Références bibliographiques :

1. Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes, 2ème édition. J c Callen.DUNOD.2005.
2. La cellule et sa physiologie : M Bendjelloul. Office des Publications Universitaires 2011.
3. La cellule. (Cours) Université Oran1 Ahmed Benbella, Faculté de Médecine, Dpt de Médecine, Service d'Histologie-Embryologie Pr Ag Belarbi-Amar
4. Cytologie & Physiologie cellulaire. M. Abdelali, H. Benzine-Challam, A.Madoui-
5. Dekar. Office des Publications Universitaires 2008.
6. La cellule et sa physiologie : M Bendjelloul. Office des Publications Universitaires 2011.
7. S. Singer and G. Nicolson, "Model of fluid mosaic membrane," *Science* (80-.), 1972.