

Les membranes biologiques

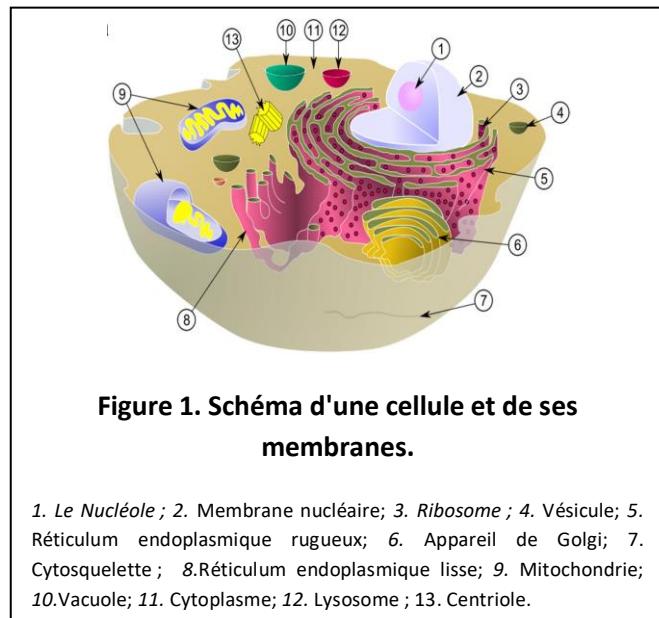
(Structures et fonctions)

Objectifs du cours

- Décrire la structure et la composition des membranes biologiques des eucaryotes.
- Décrire la structure et la propriété des principaux constituants des membranes (Phospholipides, cholestérol, protéines).
- Décrire les principales fonctions physiologiques des membranes.

Les membranes cellulaires

- Les membranes sont indispensables à la vie.
- La membrane biologique c'est toute paroi qui sépare deux milieux aqueux.
- protègent la cellule de son environnement.
- Frontière l'intérieur et l'extérieur de la cellule.
- Elles permettent aux cellules de maintenir un milieu interne différent du milieu extracellulaire.
- Elles possèdent une perméabilité très sélective.



- **Plasmalemme / Membrane périphérique ou (cyto)plasmique** → cellule.
- **Membrane intracellulaire/ endomembranes** → organite :
 - Simples (RE, golgi, lysosomes, ...).
 - Doubles (noyau, mitochondries, plastes).
- La M.P. est une Fine enveloppe, continu, entourant individuellement toutes les cellules, procaryotes comme eucaryotes; ainsi que leurs organites.
- La membrane endoplasmique est impliquée dans la régulation du milieu intracellulaire et les échanges intracellulaires.

La M.P. joue un rôle important dans les processus de:

- Nutrition, respiration et de sécrétions des cellules.
- Elle est semi-perméable.
- Les mouvements cellulaires (pseudopodes, endocytose-exocytose).
- Les phénomènes de reconnaissance (antigène de surface).

Surface membranaire

- Les membranes internes des organites possèdent une surface plus importante que la membrane plasmique.
 - Membrane plasmique $700 \mu\text{m}^2$.
 - Membranes internes $7000 \mu\text{m}^2$.

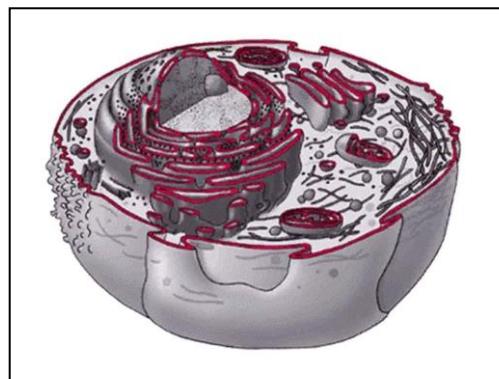


Figure 2. Les surfaces membranaires.

Enveloppe nucléaire

- Elle enveloppe le noyau, son épaisseur est de 6 nm.
- L'enveloppe nucléaire est formée de deux membranes, séparées par un espace inter membranaire de 20 à 50 nm.
- L'enveloppe nucléaire est dynamique.

Membranes des organes

- ✓ Chaque organe est constitué de tissu.
 - ✓ Chez les animaux, les épithéliums, sont également appelés membranes.
- **Les méninges**
- La dure-mère (Méninge externe).
 - L'arachnoïde (enveloppe intermédiaire).
 - Pie-mère (enveloppe interne).

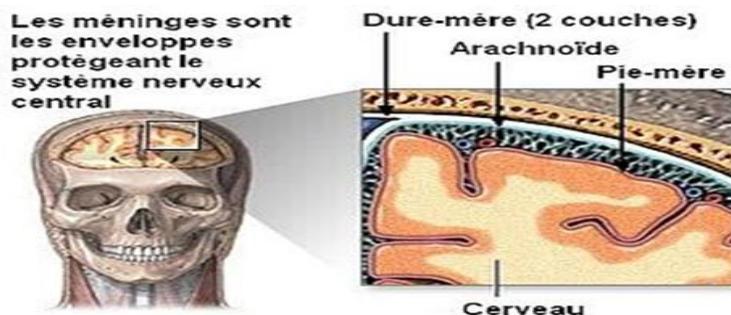


Figure 3. Les méninges.

- **Le poumon** est revêtu d'une membrane appelée plèvre
- Le feuillet viscéral
 - Le feuillet pariétal

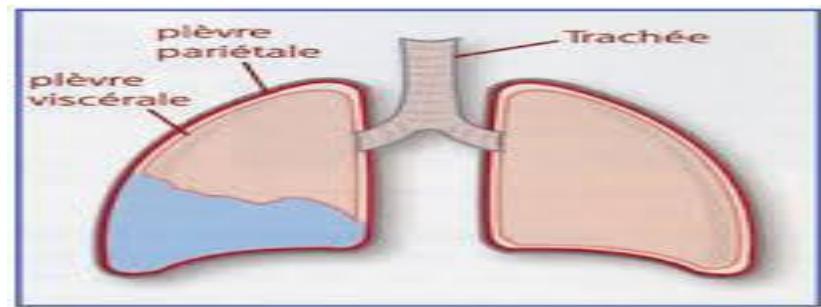


Figure 4. Représentation schématique d'un épanchement pleural.

- La cavité abdominale est tapissée par le péritoine attaché au mésentère revêtant les organes abdominaux.

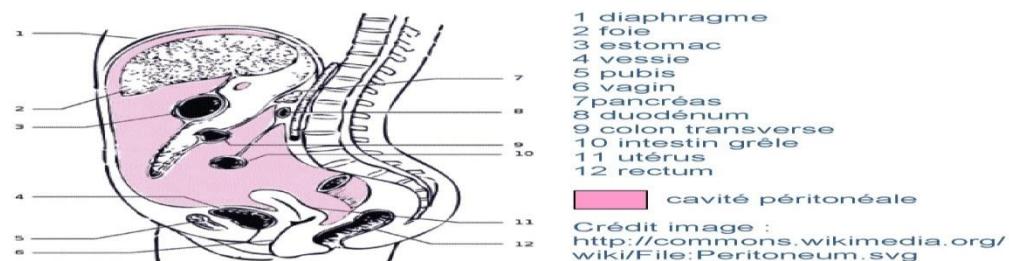


Figure 5. Coupe sagittale du péritoine.

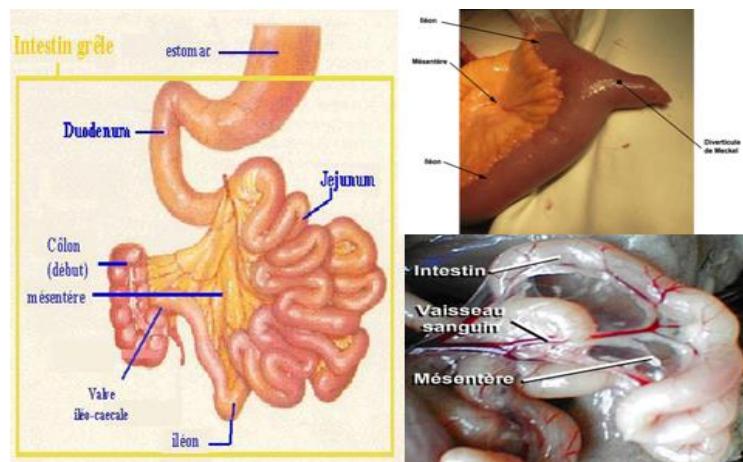


Figure 6. Le mésentère.

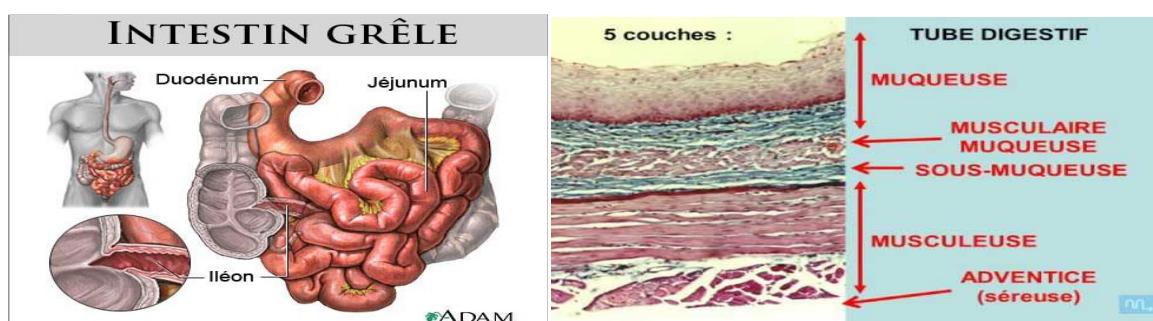


Figure 7. L'intestin grêle.

- Les vaisseaux sanguins et les canaux glandulaires sont tapissés de membranes.

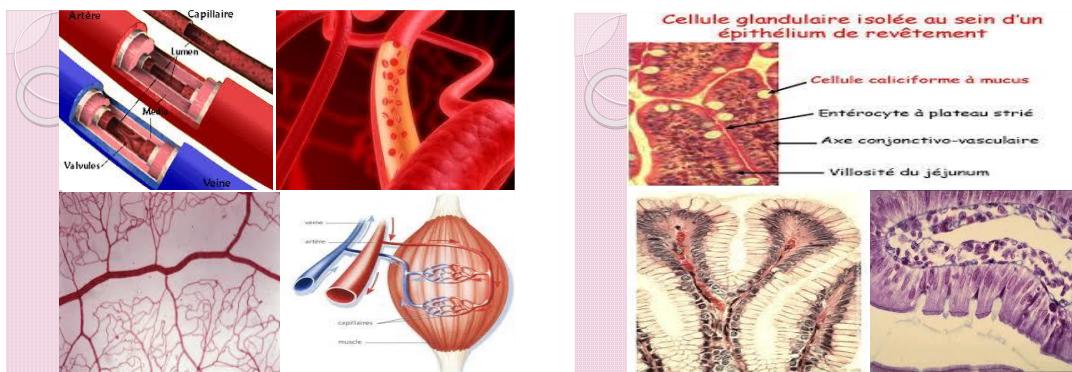


Figure 8. Les vaisseaux sanguins et les canaux glandulaires.

- Les membranes revêtant les cavités de l'organisme sont appelées **membranes séreuses** ➡
Le revêtement lisse des cavités du corps humain (la plèvre, le péritoine et le péricarde....).

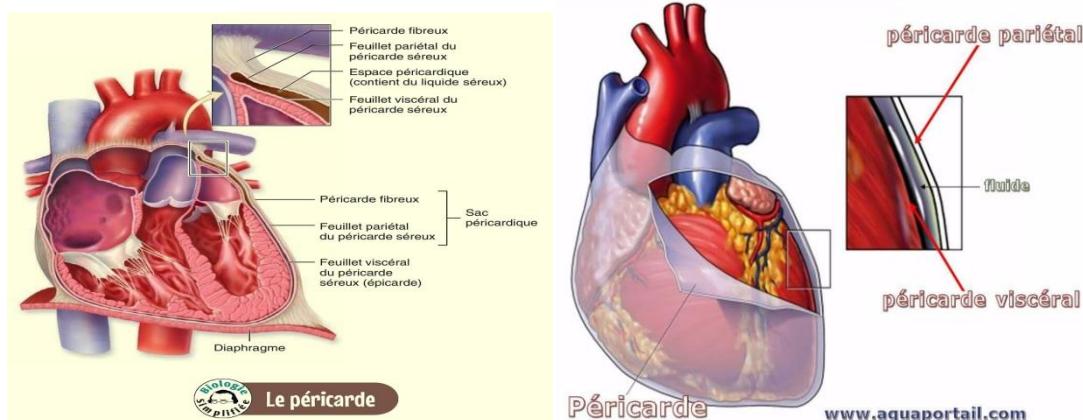


Figure 9. Le péricarde.

- Les membranes couvrant les articulations sont les **membranes synoviales**.

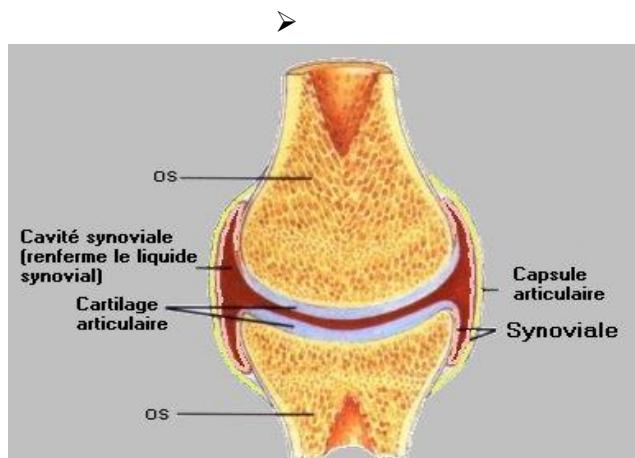


Figure 10. La membrane synoviale.

- Les inflammations des membranes sont désignées en ajoutant le **suffixe -ite** à leur nom anatomique (Exple: **Synovite** ; **péritonite** ; **péricardite**...).

Applications

- ✓ Les membranes artificielles sont utilisées depuis plusieurs années dans la recherche et l'industrie:
- ✓ Elles sont utilisées pour le désalémentation des eaux.
- ✓ Et dans le traitement des eaux usées.
- ✓ Dans le domaine pharmaceutique.
- ✓ Dans le domaine biomédical (appareil d'hémodialyse).

Structure de la membrane plasmique

 **Vers 1925: Gorter et Grendel** → Les molécules de lipides disposés en double couche (absence de protéines).

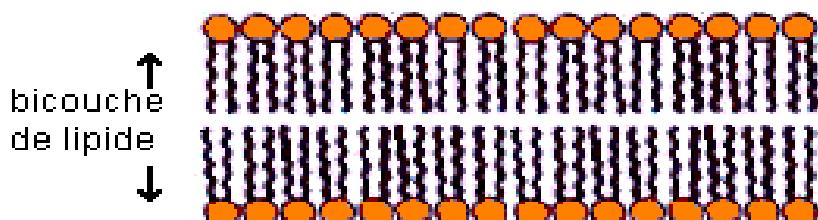


Figure 11. Le modèle de Gorter et Grendel.

 **Modèle de Danielli et Dawson (1935)**

La double couche des molécules de lipides est prise en sandwich entre une double couche de molécules de protéines.

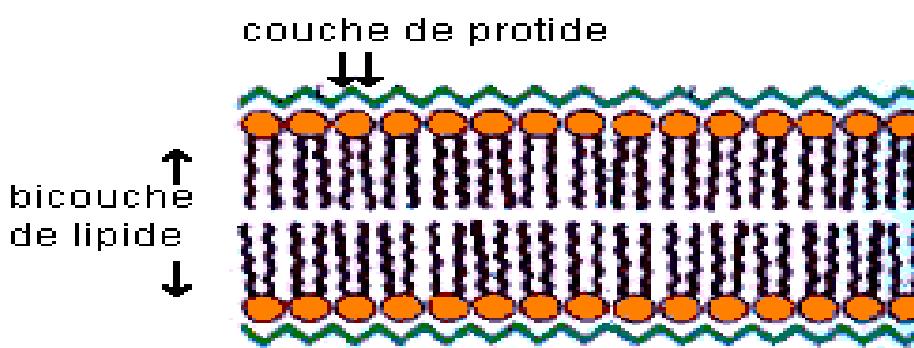


Figure 12. Le modèle de Danielli et Dawson.

 **Vers 1950: Mise en évidence de la bicouche lipidique membranaire.**

- M.E.T. montre une structure trilaminaire de 75 Å° (7,5nm):
 - Deux feuillets denses de 20Å°(2 nm).
 - Un feuillet clair de 35Å°(3,5 nm).
 - Un feuillet supplémentaire de glycoprotéines: *Cell coat* = Glycocalyx.

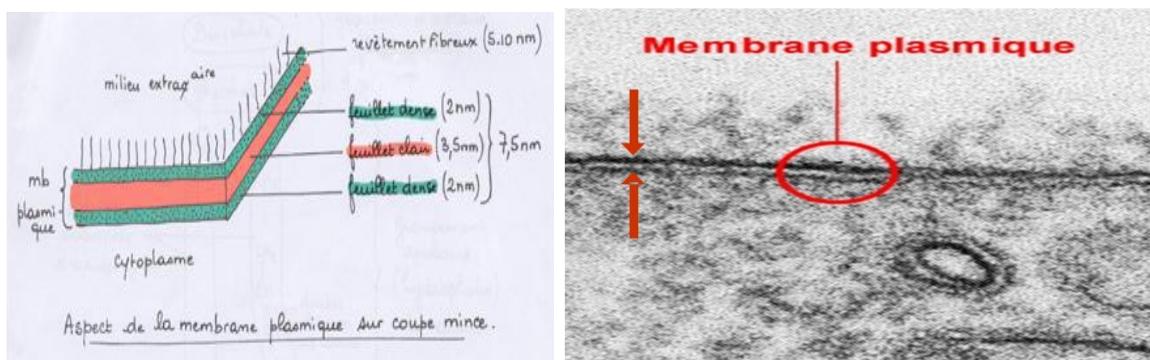


Figure 13. La structure trilaminaire de la membrane plasmique.

Modèle de Singer et Nicolson (1972) (mosaïque fluide)

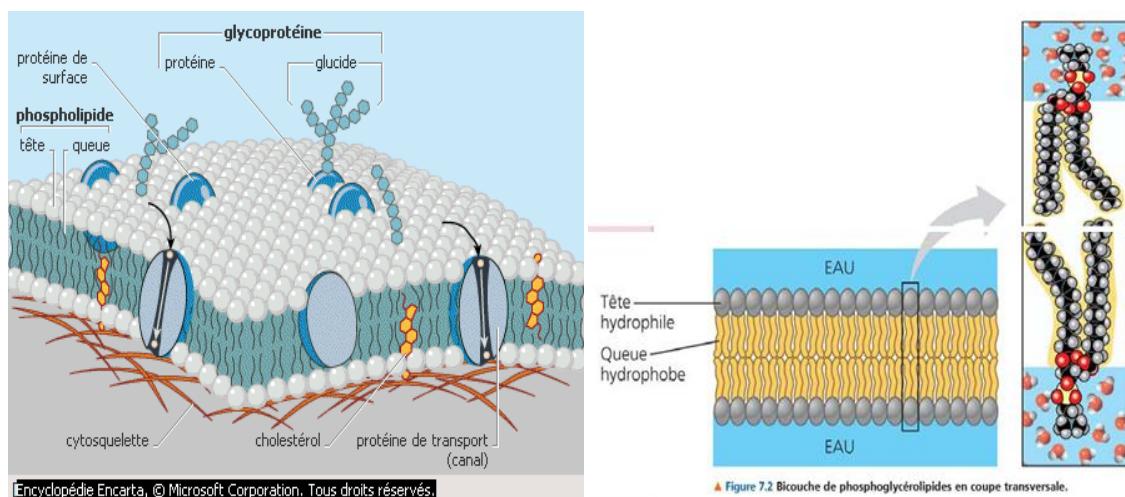


Figure 14. Le modèle de Singer et Nicolson (mosaïque fluide).

Les protéines sont réparties et insérées dans la double couche lipidique

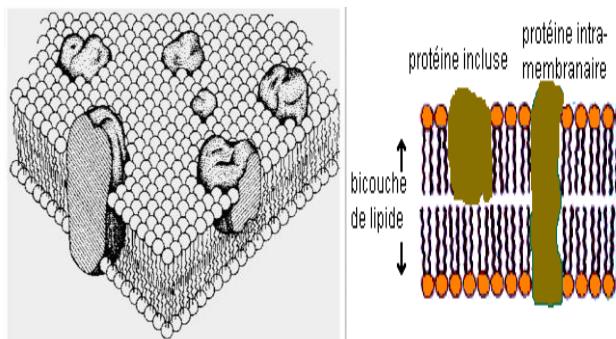


Figure 15. Les protéines membranaires.

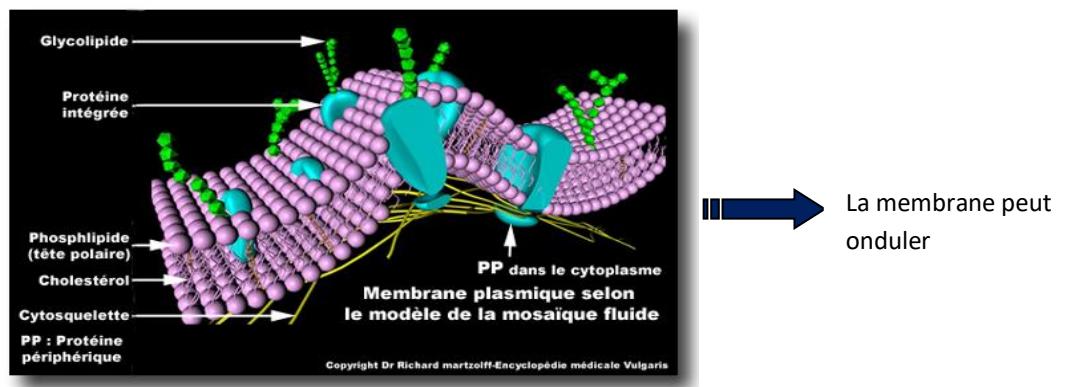
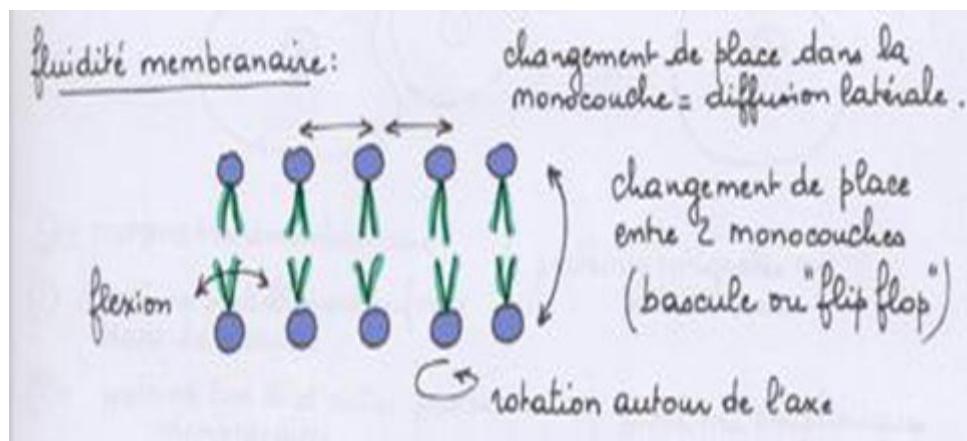


Figure 16. Membrane plasmique selon le modèle de la mosaïque fluide.



Figures 17. Les mouvements des phospholipides membranaires.

Composition chimique

Les lipides

- Représentent (~40%) du poids total de la membrane.
- Sont des molécules amphiphiles:
 - Un pôle hydrophile (= tête) qui aime l'eau et,
 - Un pôle hydrophobe (= queue) qui craint l'eau.
- ✓ Les lipides forment en milieux aqueux des micelles (les lipc

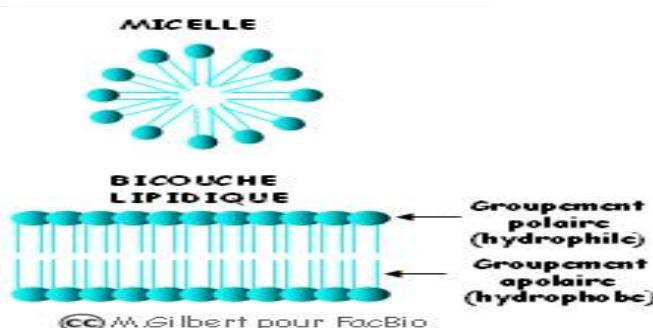
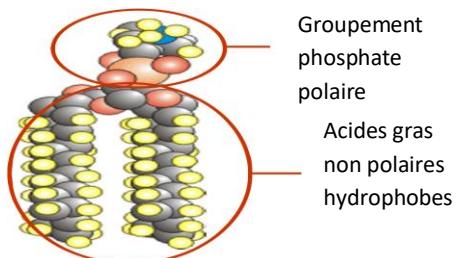


Figure 18. Les micelles.

Dr. EL MAHI F.Z
Maître de Conférences
en Cytologie
Fac de Médecine-UDL-SBA

➤ **Les lipides membranaires impliqués sont:**

- Les phospholipides: 50 - 60%.
- Le cholestérol: 17 - 23%.
- Les glycolipides: 7 - 8%.

a)- Les phospholipides

- Sont composés d'une tête polaire contenant un groupement phosphate et de deux bras carbonés.
- Ils peuvent s'organiser en micelles et/ou bicouche lipidique en milieux aqueux.

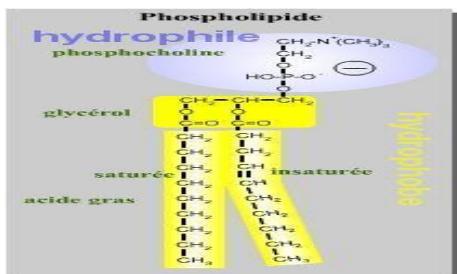


Figure 19. Phospholipide.

- ✓ En milieux aqueux, il y a formation des micelles ou d'une double couche lipidique.

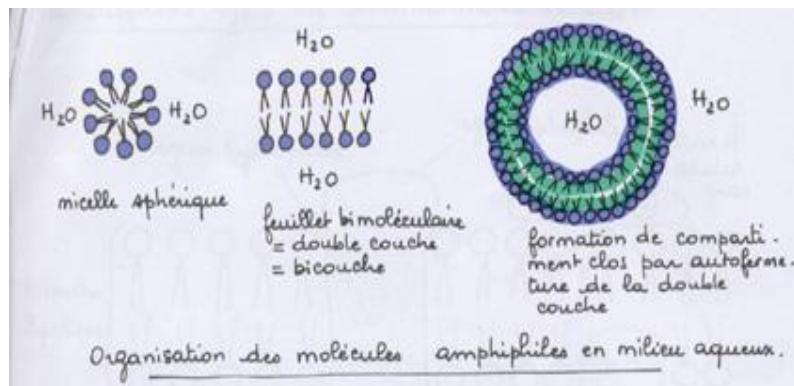


Figure 20. Organisation des molécules amphiphiles en milieu aqueux.

● **Parmi les phospholipides citant:**

- ✓ Glycérophospholipides: Les phosphatidyl-cholines.
- ✓ Les phosphatidylsérines.
- ✓ Les phosphatidyléthanolamines et,
- ✓ Les sphingomyélines.



Figure 22. Sphingosine.

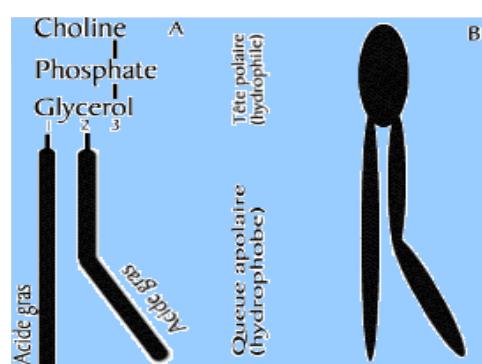


Figure 21. Glycerophospholipides.

- **Les lipoprotéines** \Rightarrow transport des lipides dans l'organisme.

b) - Le cholestérol

- Très abondante dans les M.P. des eucaryotes
- Il se trouve principalement dans la demi-membrane extracellulaire.

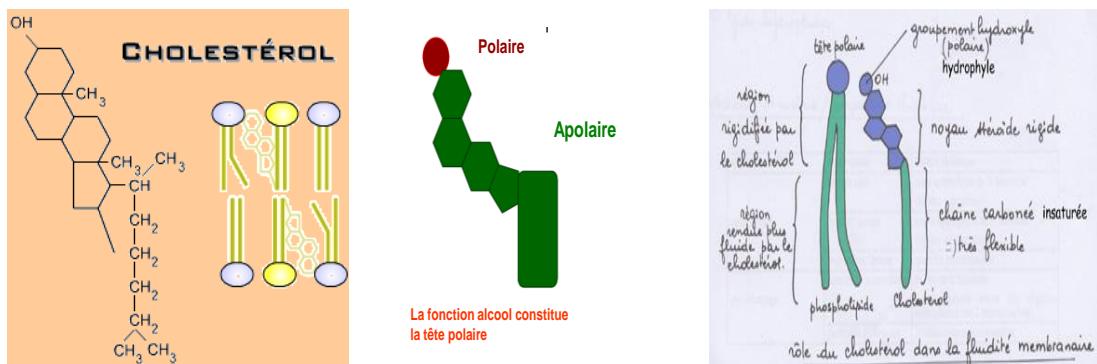


Figure 23. Le cholestérol.

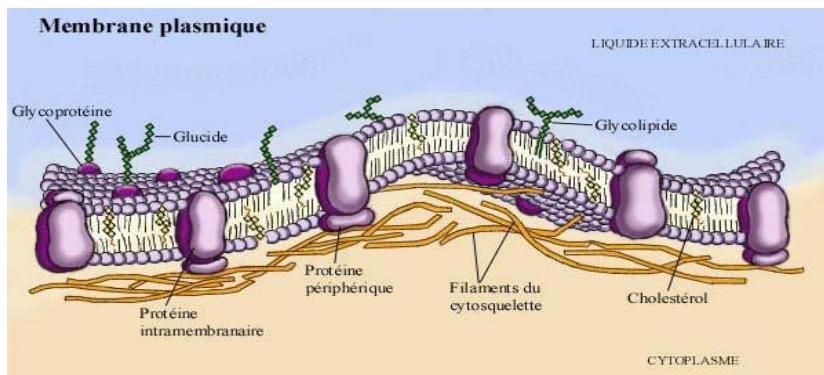
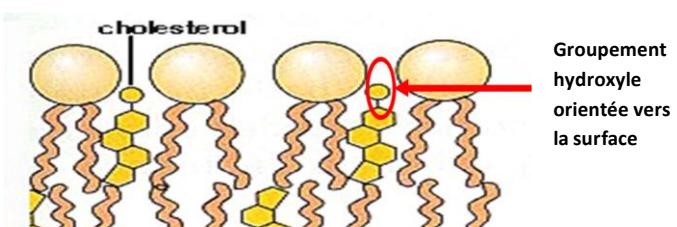


Figure 24. La répartition du cholestérol dans la membrane plasmique.

- Le cholestérol s'intercale entre les molécules de phospholipides.
- En s'intercalant entre les molécules de phospholipides il stabilise les membranes en évitant une excessive fluidité.
- Il empêche la gélification de la membrane.
- Il est synthétisé par le R.E.L.



c)- Les glycolipides

Ces molécules peu abondantes (-5% des lipides membranaires)

- Sont toujours associés au feuillet membranaire externe \Rightarrow Le glycocalyx = Cell coat.
- Ils sont synthétisés par l'appareil de golgi.
- Ils interviennent dans les interactions cellule-cellule.
- Ils peuvent être des récepteurs.

Mobilité des molécules lipidiques

- ✚ Elle est hyperrapide à l'intérieur de la même couche (107 fois/S).
 - ✚ Et elle est hyperlente d'une couche à l'autre (1 bascule toutes les 2 semaines)
 - ✚ Cette asymétrie est importante sur le plan fonctionnel.
 - ✚ Le cholestérol peut subir un flip-flop ⇔ l'équilibre de la fluidité membranaire.
- N.B :** / Dans la membrane du globule rouge le feuillet interne de la bicouche est plus fluide que le feuillet externe).

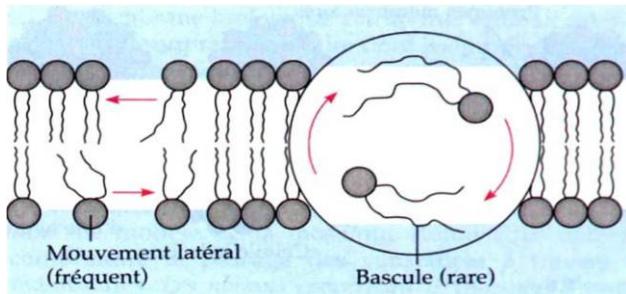


Figure 25. La mobilité des lipides.

- ✚ La fluidité膜naire augmente:
- ✓ Les chaînes hydrocarbonées des phospholipides sont courtes.
- ✓ Les chaînes hydrocarbonées ont des doubles liaisons.
- ✓ Varie avec le taux de cholestérol.

La composition lipidiques des membranes

proportion en %	Membrane plasmique	Mitochondrie (memb. Externe)	Réticulum endoplasmique
Phosphatidylethanolamine	16	23	16
Phosphatidylserine	6	2	3
Phosphatidylcholine	17	50	55
Phosphatidylinositol	< 1	0	0
Sphingomyéline	17	5	3
Glycolipides	2	0	0
Cholestérol	45	<5	6

Composants lipidiques des membranes cellulaires

Les protéines membranaires

- Représente 60% du poids total (On compte 1 molécule de protéines pour 75 molécules de lipides).
- Ces protéines flottent dans la bicoche des phospholipides.
- Elles confèrent à la Mne la plupart de ses fonctions.

On distingue différentes formes d'associations protéiques à la M.P. :

➤ **Protéines intrinsèques ou intégrales:**

- Transmembranaires (enroulées en hélice insérées dans la M.P.).
- Ancrées / liaisons covalentes aux lipides (Phospholipides, ac. gras).

➤ **Protéines extrinsèques ou périphériques :**

- Interactions non covalentes (liaisons ioniques) avec: les protéines /les lipides.

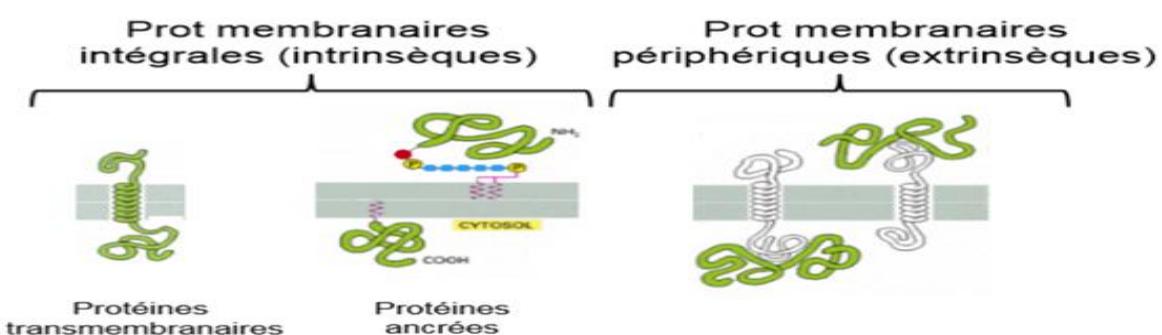


Figure 26. Les protéines membranaires.

Protéines ancrées : protéines ancrées dans les lipides soit au niveau de la face extracellulaire soit au niveau de la face cytoplasmique et sont liées par liaison covalente aux lipides de la bicoche.

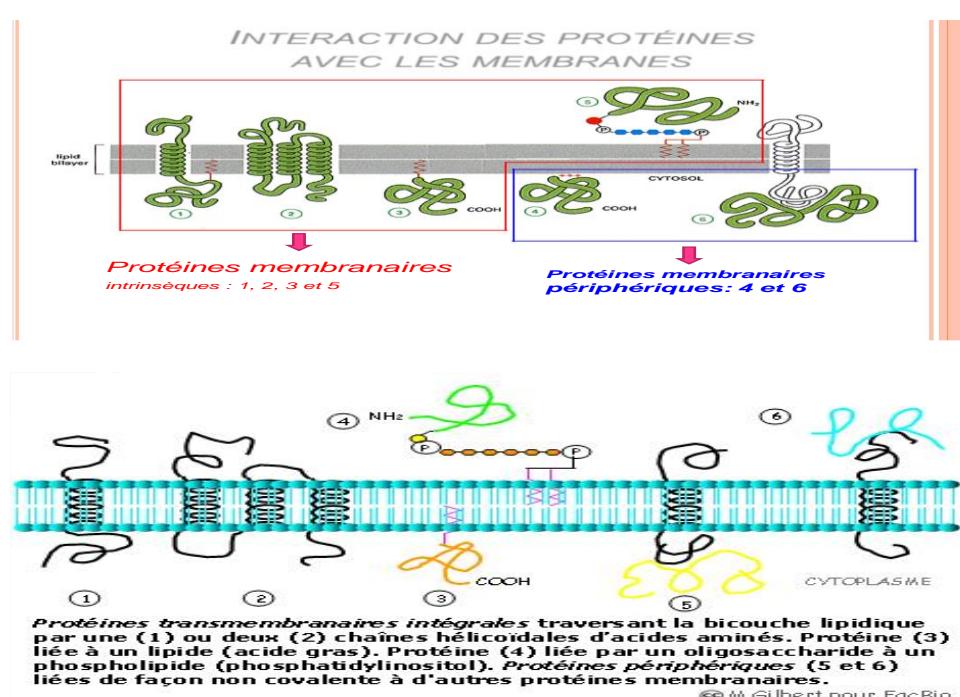


Figure 27. Interaction des protéines avec les membranes.

Fonctions des protéines

- Le transport membranaire
- La réception d'informations (Hormones ; Stimuli)
- Les mécanismes de reconnaissances cellulaires.
- Support d'activité enzymatique (métabolisme mitochondrial : ATPase ; phosphatase alcaline).
- Adhérence à la M. extracellulaire et aux cellules adjacentes (protéines d'adhésion de la cellule aux protéines de la matrice extracellulaire : collagène, laminine et fibronectine).
- La fixation des substances médicamenteuses.
- La fixation des virus, de toxine ou de cellule.
- Connexion avec le cytosquelette (protéines contractiles : actine et myosine).

Mobilité des protéines

Les protéines se déplacent dans la couche lipidique par une diffusion latérale.

Les glucides

- ✿ Représentent 2 - 10 %.
- ✿ Sont des chaînes polysaccharidiques liées soit à des protéines (glycoprotéines), soit à des lipides (glycolipides).
- ✿ Chez la plupart des cellules vivantes, les glucides forment une paroi résistante et indéformable autour de la cellule.
- ✿ Les glucides assurent la cohésion des cellules adjacentes.
- ✿ La reconnaissance de la spécificité cellulaire et antigénique.
- ✿ Interviennent dans les phénomènes de perméabilité.
- ✿ Renforcement de la membrane.

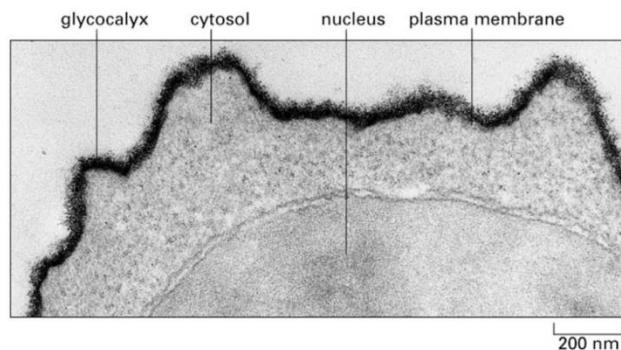
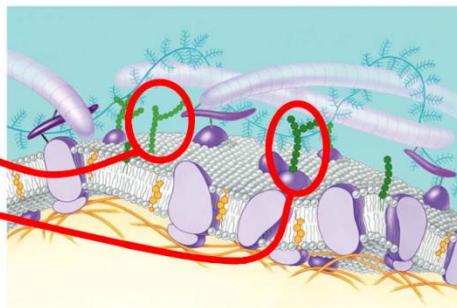
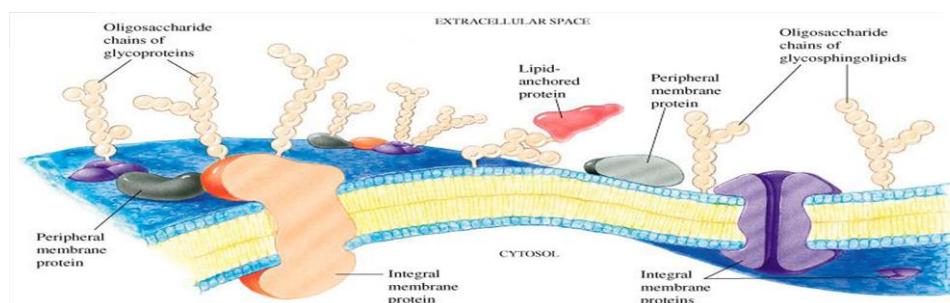


Figure 10–44. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.



Dr. EL MAHI F.Z
Maître de Conférences
Cytologie
Fac de Médecine-UDL-SBA

Différence entre la Membrane plasmique et la Membrane intracellulaire

- Il y a présence de polysaccharide lié aux protéines et aux lipides sur la face externe.
- Possède des protéines et des lipides qui diffèrent quantitativement et qualitativement des autres membranes.
- Présence des protéines spécifiques impliquées dans les échanges cellulaires.

Biogénèse de la membrane cellulaire

- Elle est en perpétuel renouvellement pendant la division et en croissance.
- Un gros polypeptide, son renouvellement est plus rapide (une demi vie de 2 - 5 jours) que les petits polypeptides de demie vie de 7 – 13 jours.
- Les chaînes polypeptidiques sont synthétisées par les ribosomes.
- Les lipides amphiphiles sont synthétisés dans les membranes de R.E.
- Les protéines extrinsèques périphériques et intégrées, leurs synthèse se fait par les ribosomes.

Fonctions des membranes biologiques

- La compartimentation (séparation de l'extérieur et l'intérieur de la cellule).
- Les échanges d'information avec d'autres cellules (récepteurs hormonaux, ...).
- La régulation du transport des ions, protéines, sucres graisses, etc..
- Les mouvements cellulaires (endocytose-exocytose).
- Les phénomènes de reconnaissance (antigène de surface).
- La régulation du métabolisme (transduction intracellulaire des signaux extracellulaires).
- Procure un site pour les réactions chimiques.

Conclusion

- La double couche lipidique est la base des membranes biologiques.
- Les membranes sont des structures fluides.
- Son asymétrie.
- Interface entre la M. extracellulaire et la M. intracellulaire.
- Ces propriétés forment de la membrane l'un des organites les plus importants de la cellule.

CELL COAT

(Glycocalyx = Glycolemme = Manteau cellulaire)

Définition

Une couche glycolipidique ou glycoprotéique localisée à la surface de la membrane plasmique.

- L'épaisseur de cette couche peut atteindre 0.5 µm.
- Il représente 2 à 10% du matériel membranaire.

Structure

Zone amorphe + zone externe (microvillosités).

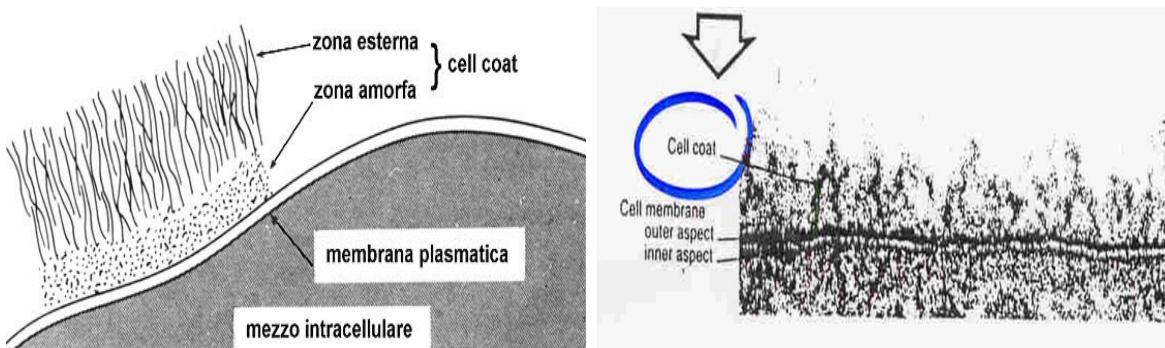


Figure 1 . Structure du Cell coat.

Constitution chimique

Glucides liés soit à des lipides, soit à des protéines.

On distingue ainsi:

- **Les glycolipides** ⇔ Union des glucides + lipides
- **Les glycoprotéines** ⇔ Association des polysaccharides ramifiés et chaîne polypeptidique
- **Les protéoglycanes** ⇔ Association des polysaccharides non ramifiées et chaîne polypeptidique.

Les glycoprotéines

- ✓ Les glycoprotéines : Produits d'une N-glycosylation.
- ✓ Le sucre terminal est nécessairement l'acide sialique.
- ✓ Les chaînes sont courtes et ramifiées.

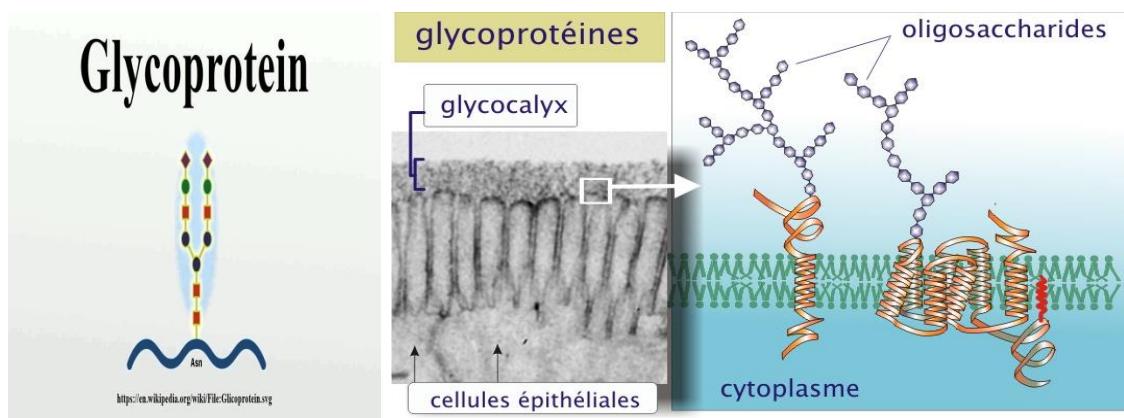


Figure 2. Les glycoprotéines.

Les protéoglycanes

- ✓ Les protéoglycane: Produits d'une O-glycosylation.
- ✓ Les chaînes sont longues et non-ramifiées mais les molécules sont chargées très négativement, ce qui leur permet de retenir l'eau à l'extérieur de la membrane.

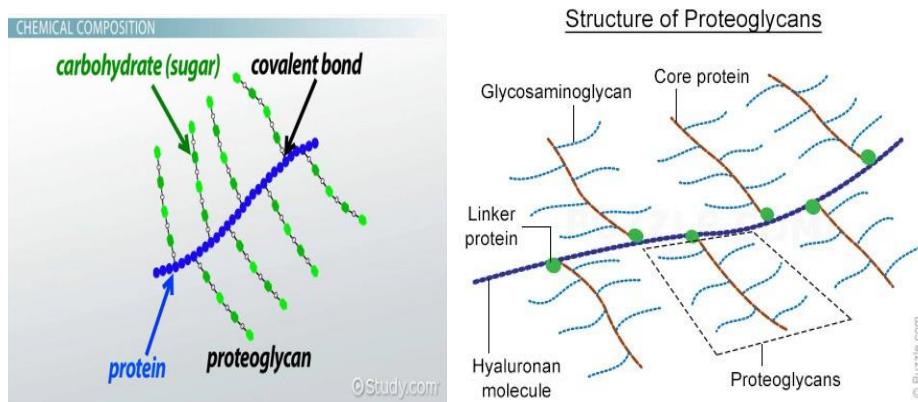


Figure 3. Les protéoglycane.

Renouvellement du cell coat

La vitesse de synthèse des constituants effectuées par de R.E et l'appareil de golgi s'équilibre avec la vitesse de dégradation du *cell coat*.

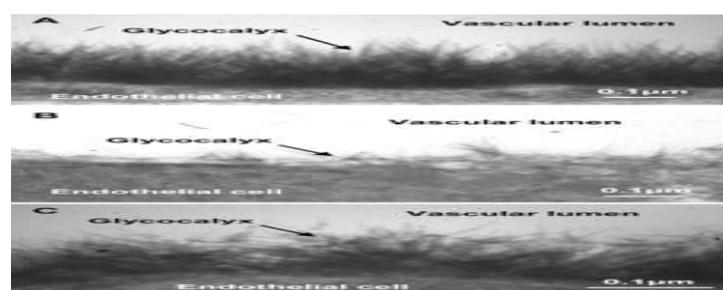


Figure 4. Le cell coat.

Propriétés et rôle du *cell coat*

- Rôle de protection de la membrane.
- La fonction absorbante.
- Rôle dans la perméabilité.
- Rôle dans les phénomènes d'adhésivité cellulaires
 - Le calcium.
 - Les cell ligands.
 - L'acide sialique.
- Rôle dans les phénomènes de reconnaissance
 - Cette propriété dépend du *cell coat*.

Acide N-acétylneuraminique

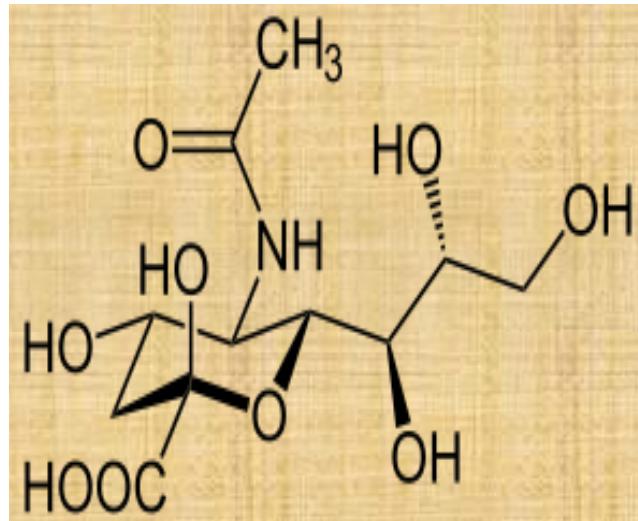


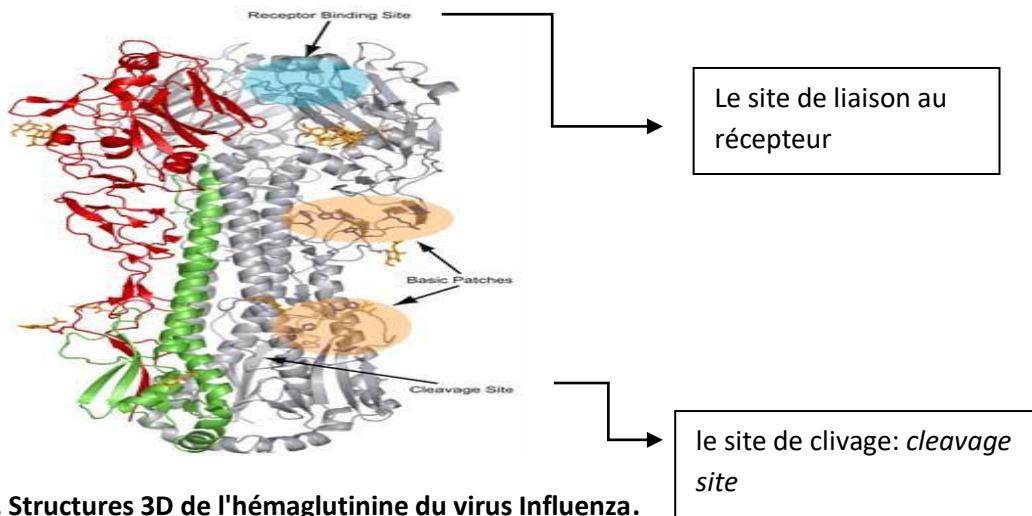
Figure 5 . L'acide sialique.

- L'acide **N**-acétylneuraminique (**Neu5Ac** ou **NANA**) est le principal acide sialique présent dans les cellules humaines. C'est un constituant du glycocalyx et permet la liaison du calcium aux macromolécules cellulaires.
- Les acides sialiques sont des composants caractéristiques des glycoprotéines et des glycolipides.

Relation entre l'acide sialique et le virus de la grippe

⇒ L'hémagglutinine (HA)

- Le nom hémagglutinine provient de la faculté de la protéine à agglomérer les érythrocytes hématiques.
- Permet la fusion de la membrane phospholipidique qui recouvre la particule virale avec la membrane de l'endosome de la cellule hôte lors du processus d'assemblage et de libération des virions (infection).
- L'hémagglutinine est la cible majeure des anticorps produits par le système immunitaire lors d'un premier contact avec l'agent infectieux.



➡ La neuraminidase (glycosidases)

- Une neuraminidase ou sialidase: glycoside hydrolase qui catalyse et hydrolyse les liaisons osidiques.
- La libération des virions à l'intérieur de la cellule hôte.
- lors de leur libération, les nouveaux virions se recouvrent de la membrane de cellule hôte, ils possèdent à leur surface des acides sialiques ce qui les rend agrégables entre eux, la neuraminidase permet de les séparer.

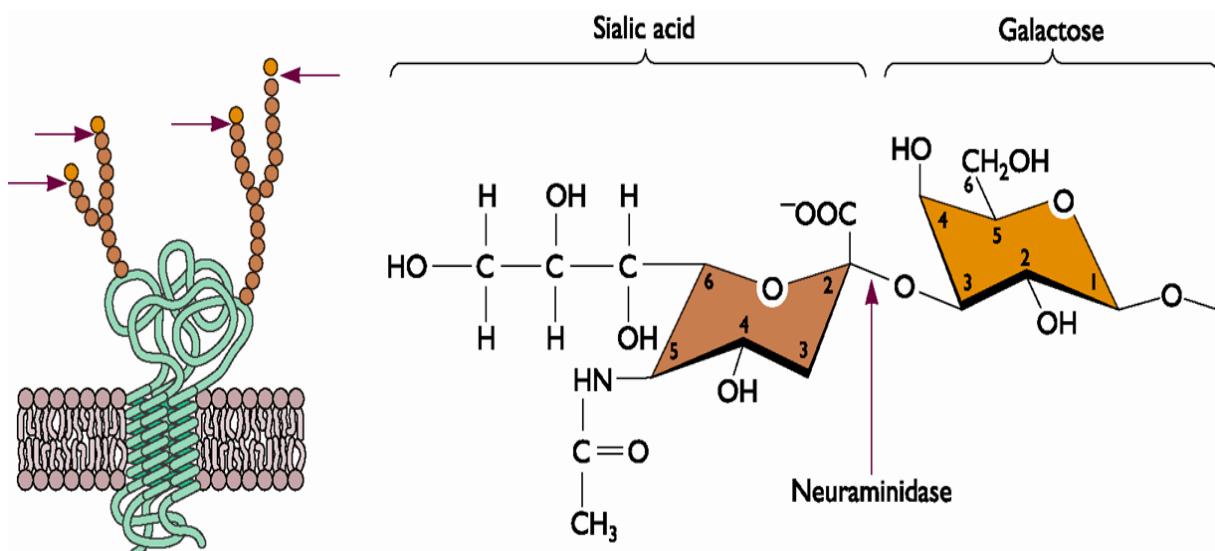


Figure 7 . Attachement de l'hémagglutinine au récepteur cellulaire.

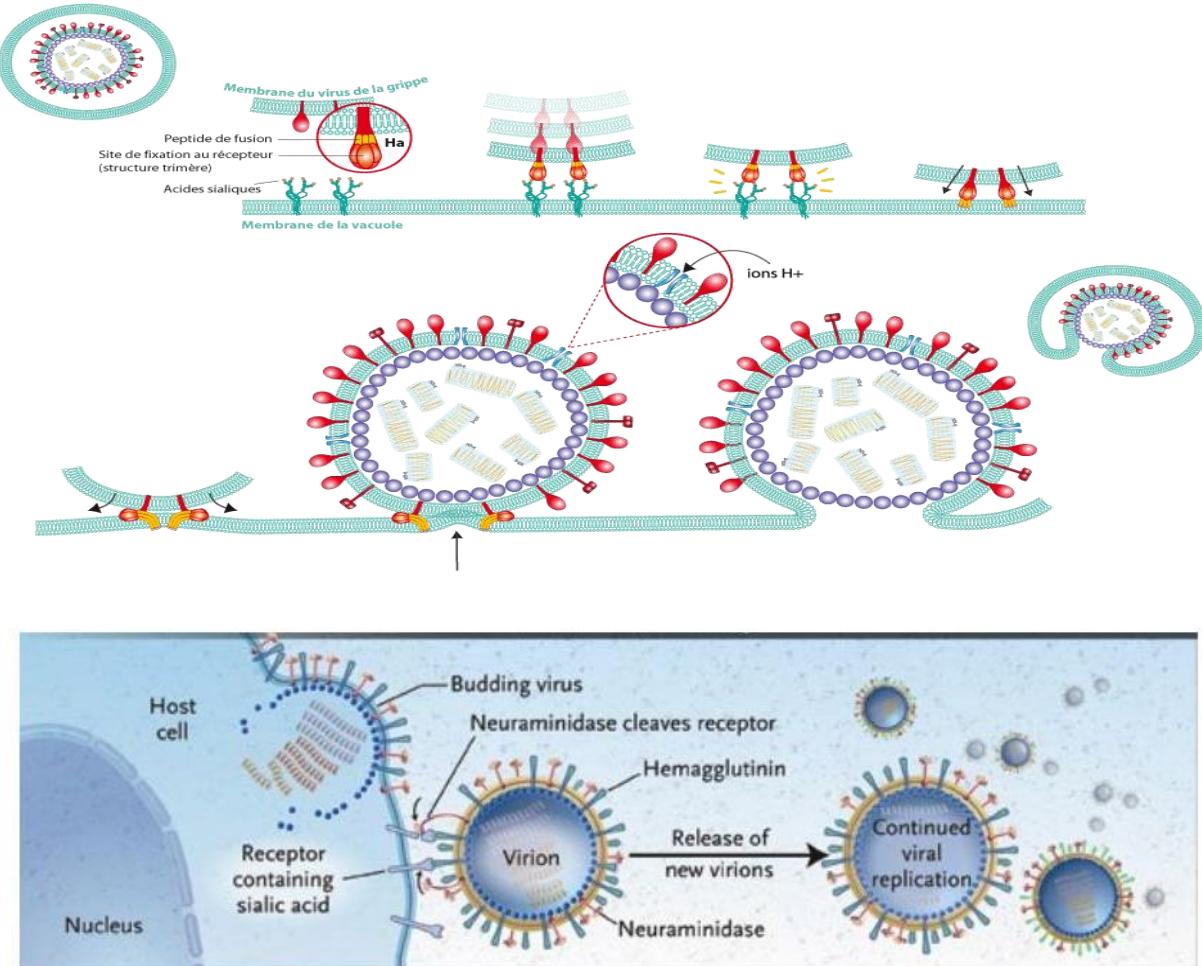


Figure 8. Détachement du virus de la grippe de la cellule hôte.

- Des analogues de l'acide sialique peuvent être impliqués dans la prévention d'infection: des inhibiteurs de la neuraminidase réagissent avec l'acide sialique, utilisés comme principes actifs contre le virus *Influenza*, responsable de la grippe, car l'acide sialique est la cible moléculaire qui permet au virus de s'ancrer aux cellules qu'il va infecter.

Rôle en pathologie

- Rôle dans les processus infectieux.
 - Le glycocalyx est également utilisé par les bactéries comme voie d'accès à la cellule.
 - Les molécules polyholosidiques sont chargées négativement et permettent à une cellule de s'adhérer à une paroi : ces facteurs d'adhésion jouent un rôle dans le pouvoir invasif des bactéries. Certains glycocalyx permettent la liaison des bactéries (fimbriae ou *pili* communs) sur les cellules (*Escherichia coli* et *Salmonella typhi*).

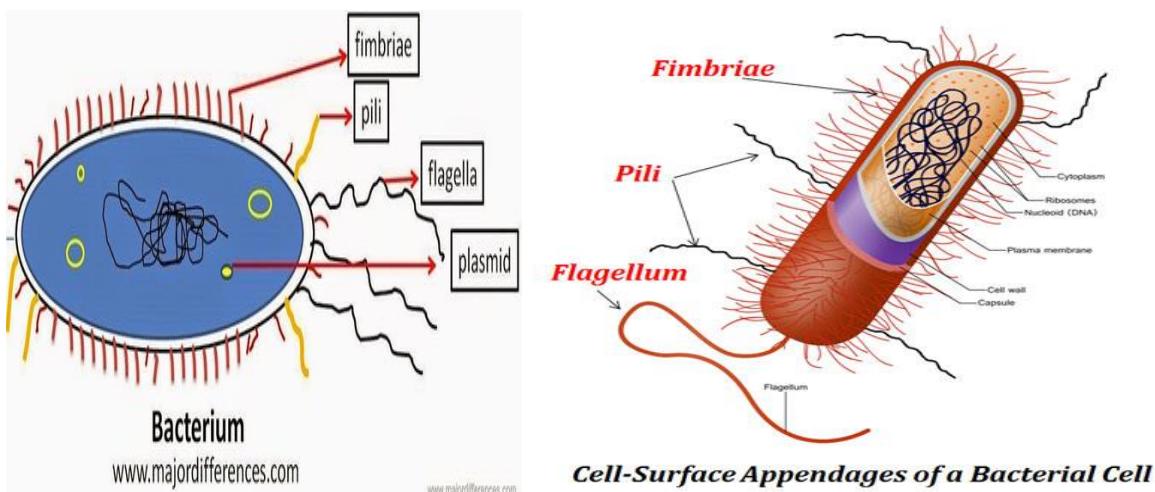


Figure 9. Appendices protéiques des cellules bactériennes.

- Les pili (pluriel de pilus: poile ou cheveu) sont des appendices cellulaires (protéines filamentueuses) se situant à la surface de la paroi de nombreuses bactéries à Gram négatif.
- Fimbriae sont des appendices protéiques (des fibrilles) qui régissent l'attachement aux surfaces.

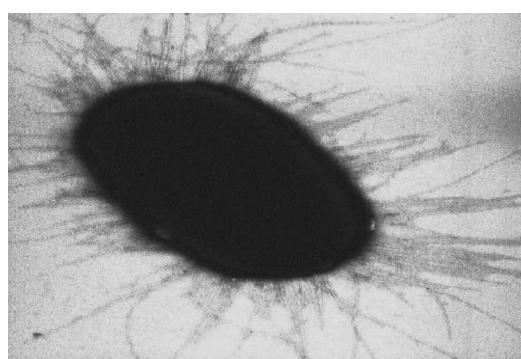


Figure 10. Image de microscopie électronique d'une bactérie *Escherichia coli*.

(Les appendices entourant la bactérie sont des fimbriae et des pili).

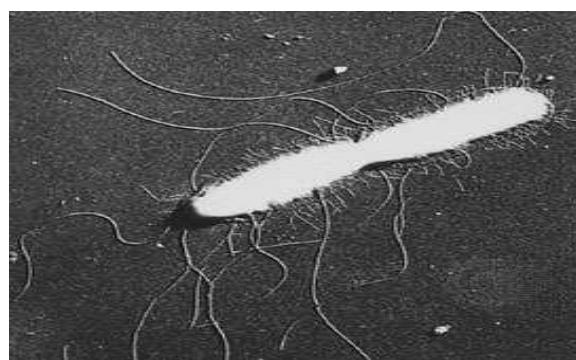


Figure 11. Image de microscopie électronique d'une bactérie *Salmonella typhi*.

Spécialisation de la membrane plasmique (différenciation de la MP)

Définition d'une spécialisation de la MP :

- + La spécialisation est une différentiation structurale ou une transformation morphologique parfois complexe, qui confère à la cellule une fonction particulière.
- + Les membranes cytoplasmiques des cellules épithéliales présentent une grande variété de structures spécialisées qui leur permettent de remplir leur fonction de barrière à perméabilité sélective.
- + Dans certains cas, la barrière épithéliale est imperméable. Exemple : l'épithélium transitionnel de la vessie, tandis que d'autres cas tels que l'épithélium de la muqueuse de l'intestin grêle ou des tubes contournés du rein favorise le mouvement de certains ions et molécules à travers l'épithélium.
- + La spécialisation intéresse principalement la MP qui revête le pôle apical et le pôle basolatérale des cellules.

I. Spécialisation de la membrane apicale :

- Ces spécialisations sont des différenciations de cette membrane et du cytoplasme superficiel qui permettent à la cellule d'assurer une ou plusieurs fonctions précises.
- Ces différenciations comprennent :
- * Les microvillosités, isolées ou très nombreuses à la surface de la cellule (plateau strié, bordure en brosse).
- * Les stéréocils.
- * Les cils.

I.1. Les microvillosités :

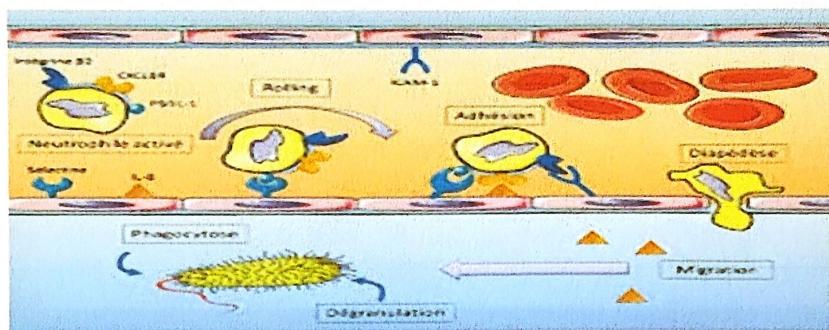
I.1.1.) Déf.:

- Sont des expansions cytoplasmiques cylindriques en doigts de gant, limité par la MP apicale,
- de longueur variable (moins de 1µm) et de diamètre régulier (0.1µm).
- Elles sont occupées en leur centre par un faisceau de microfilaments d'actines et de nombreuses protéines permettent l'association du cytosquelette avec les protéines membranaires.
- Sont toujours immobiles.
- Elles sont isolées ou groupées à la surface des cellules épithéliales en formation dénommée soit plateau strié, soit bordure en brosse.

I.1.2.) Les microvillosités isolées :

- lorsque la membrane apicale ne dessine que quelques microvillosités, très distantes les 1 des autres, on dit qu'elles sont isolées.
- on note une irrégularité de leur forme, une inégalité de leur longueur, de leur diamètre.
- Ces dernières sont notamment visibles au niveau des polynucléaires (ou globules-blanc) au moment de la diapédèse.

Dr. RIH . A
Maître de Conférences
UDL - SBA



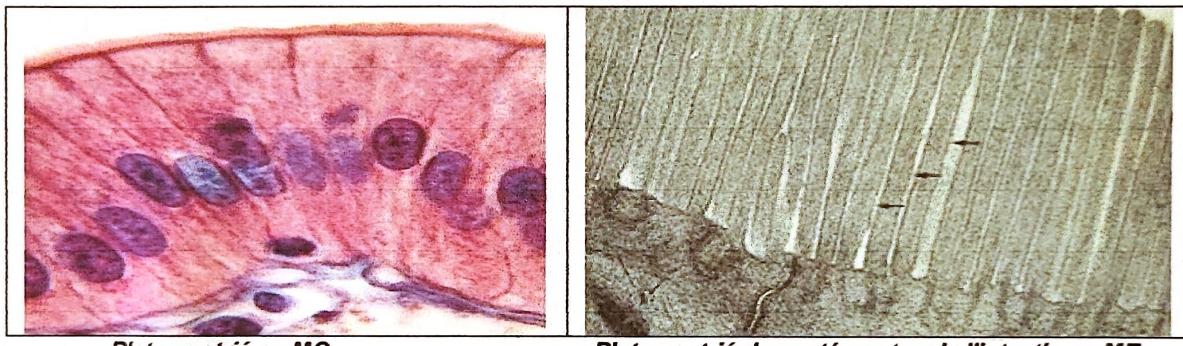
Diapédèse leucocytaire

I.1.3.) Les microvillosités groupées :

- Elles recouvrent toute la surface libre de la cellule.
- L'identité de forme, de longueur, de diamètre, de direction caractérise ces formations.

A) Le plateau strié :

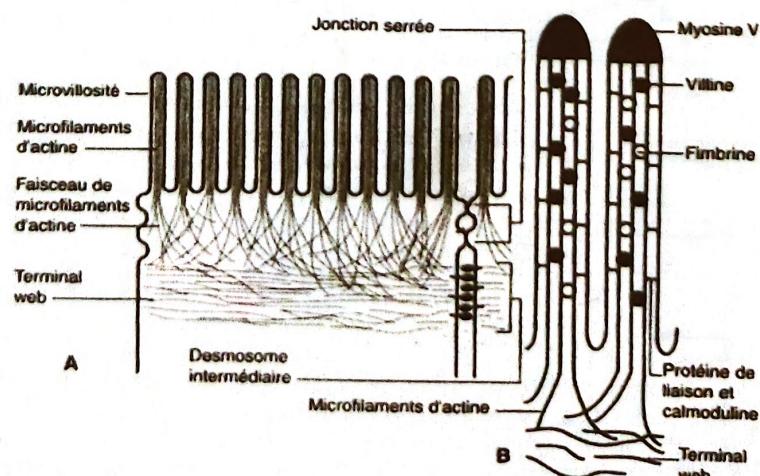
- Une zone à « striation » perpendiculaire à la surface cellulaire recouvre les entérocytes.



- [microscope optique]: 225 à 1717 microvillosités par entérocyte dans le jéjunum, 3000 par entérocyte de l'iléon.
- d'un diamètre de 80 à 100 µm, d'une longueur de 0,6 à 0,8 µ.
- ces microvillosités sont limitées par la MP apicale dont l'épaisseur totale atteint 90 à 110 Å° (25 à 30 Å° pour le feuillet externe, 30 pour le feuillet moyen et 35 à 45 Å° pour le feuillet interne.)

Fig.1 :

Plateau strié (le cell coat n'est pas représenté). A. Les microfilaments d'actine groupés en faisceaux dans les microvillosités se répartissent dans le terminal web. B. Organisation des filaments d'actine et des protéines de liaison de l'actine.



Dr. RIH.A
Maître de Conférences
UDL - SBA

* Les microfilaments d'actine sont reliés entre eux par des protéines de liaison (villine, fimbrine) et reliés à la membrane plasmique par des protéines d'ancre (myosines I et V), et par d'autre protéines de liaison (spectrine).

* A la surface des microvillosités d'un plateau on voit un aspect un peu granuleux à cause de la présence d'un revêtement glycoprotéique appelé cell coat ou glycocalyx.

Rôles du plateau strié

* L'épithélium intestinal est formé par des entérocytes à plateau strié.

* Le rôle du plateau est d'augmenter la surface d'échange entre la lumière et les cellules.

* Il y a absorption des produits nutritifs qui transitent. Ils sont transformés dans les entérocytes puis passent dans les capillaires.

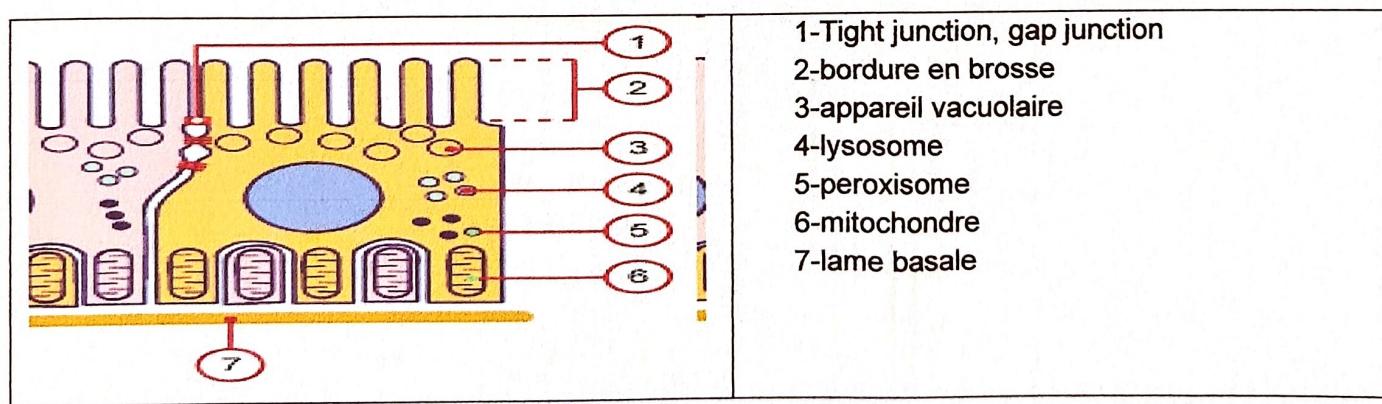
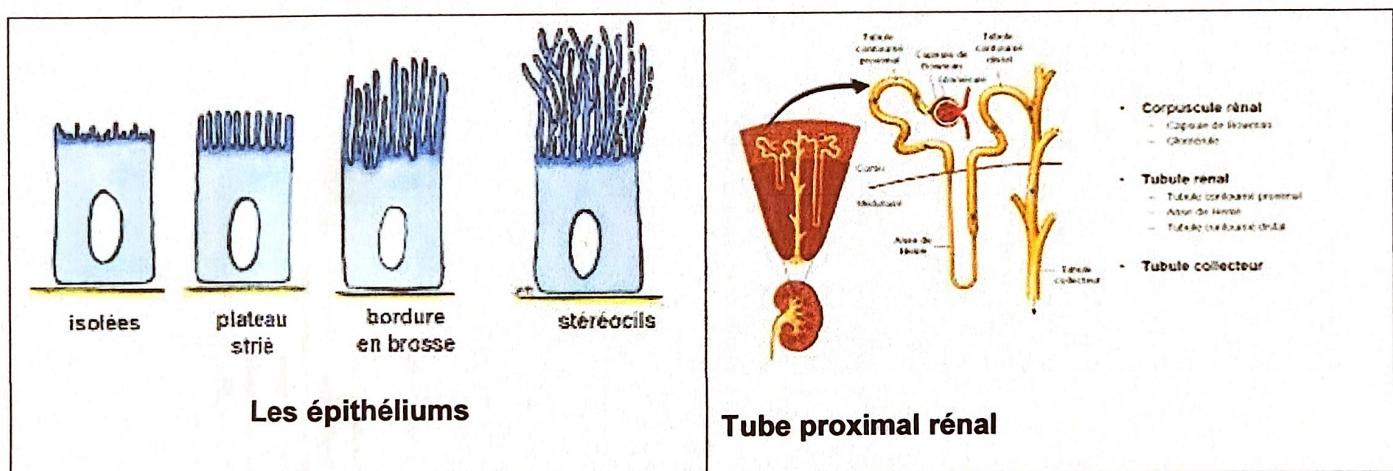
B) Les bordures en brosse :

-Elles revêtent le pôle apical des cellules des tubes proximaux du rein.

- leurs microvillosités diffèrent des précédentes par leur plus grande longueur.

- le fond de l'espace intermicrovillositaire, au lieu de courir transversalement, s'invagine fréquemment.

- La bordure en brosse se trouve aussi bien dans la partie contournée que dans la partie droite du tube proximal.



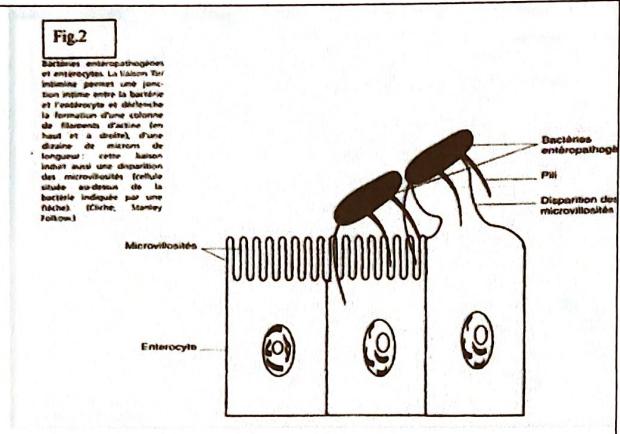
Tube contourné proximal

Rôles de la bordure en brosse

Dans les cellules du tube contourné proximal du néphron circule l'urine primitive, une partie de celle-ci va être réabsorbée par les cellules contournées (réabsorption des électrolytes, acides aminés, protéines, sucres,...).

C) Dédifférenciation pathologique des microvillosités :

- * Certaines bactéries provoquent la diarrhée par dédifférenciation des microvillosités des entérocytes.
- * E.coli entéropathogène (EPEC: entéropathogénic E.coli) est une des principales causes de diarrhée et de mortalité infantile dans les pays en voie de développement.
- * EPEC se fixe sur les entérocytes par l'intermédiaire de pili formant un faisceau.



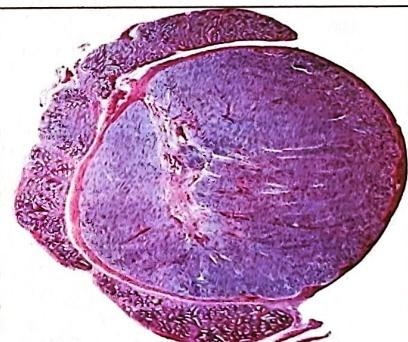
I.2. Les stéréocils:

I.2.1.) Structure :

- * Ces longues expansions cytoplasmiques immobiles, dont la forme et la structure ressemblent à des grandes microvillosités, mais dépourvus du cytosquelette d'actine.
- * Ils s'agglutinent par touffes à la surface.
- * Ex.: Les voies excrétrices de l'appareil génital mâle (épididyme) ou dans certains organes sensoriels.

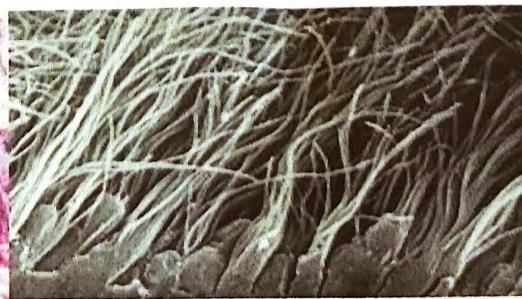
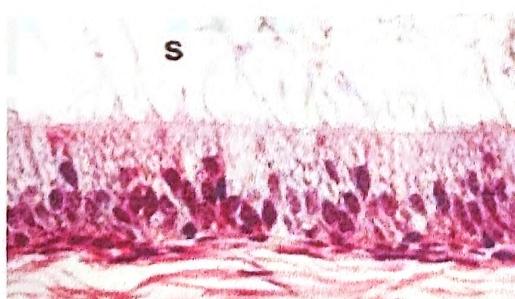
EPIDIDYME

- * L'épididyme est un long canal contourné, s'étendant à la face postérieure du testicule jusqu'à son pôle inférieur où il devient le canal déférent.
- * Sa fonction principale est le stockage des spermatozoïdes qui gagnent à ce niveau leur mobilité.



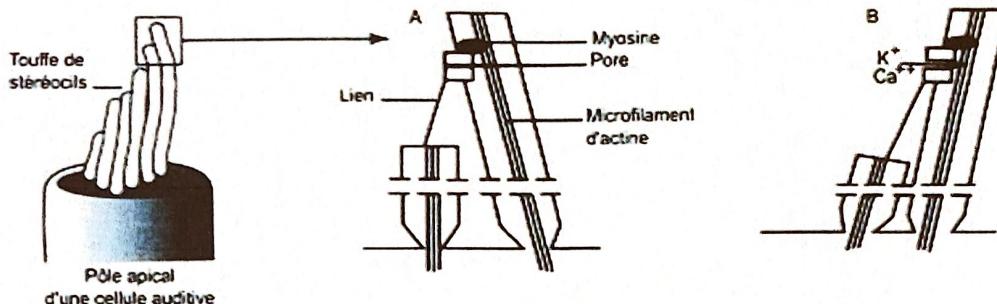
I.2.2.) Rôle dans l'excration :

- Leur rôle est d'augmenter la surface d'échange entre la lumière et les cellules. Il y a réabsorption de produits liquides et évacuation des sécrétions de la cellule.
- Elles guident l'évacuation des produits de sécrétion qui migre le long des stéréocils à la façon d'un liquide dans une mèche.



Aspect en MO des stéréocils de l'épididyme - Aspect en ME à balayage des stéréocils de l'épididyme

- Les stéréocils des cellules auditives transforment les vibrations mécaniques en un potentiel d'action grâce à l'ouverture mécanique de canaux ioniques K⁺ et Ca⁺⁺ qui dépend des microfilaments axiaux et de molécules de myosine.



Stereocils d'une cellule auditive.

Les stéréocils sont associés les uns aux autres par des liens. A. Les stéréocils n'ont subi aucun déplacement : le pore est fermé.
B. Un déplacement ouvre le pore : des ions Ca⁺⁺ et K⁺ peuvent pénétrer.

I.3. Les cils:

- les cils cellulaires sont des prolongements cellulaires organisés en rangées au pôle apical de la cellule.
- Ces cils sont plus courts que les flagelles.
- On distingue les cils primaires (qui possèdent une fonction sensorielle) et les cils vibratiles.
- Les cils cellulaires ont une taille d'environ 7 à 10 micromètres de long pour un diamètre de 0,2 micromètre.

I.3.1. structure :

*Chaque cil est construit autour d'un complexe central, l'axonème, qui est constitué d'une paire centrale de microtubules et de neuf autres en doublet espacés autour de lui (structure axonémale dite en « 9 + 2 ») pour le cil vibratile,

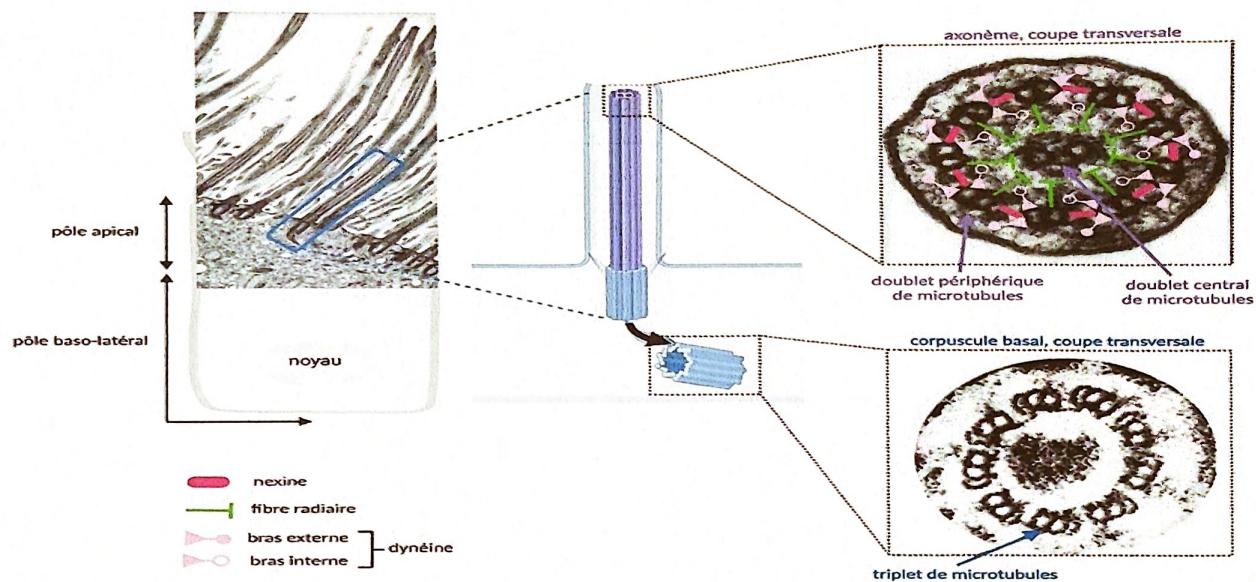
*D'un axonème sans paire centrale pour le cil primaire (structure axonémale dite en « 9+0 »).

*Cet axonème naît d'une structure de la cellule, le centrosome.

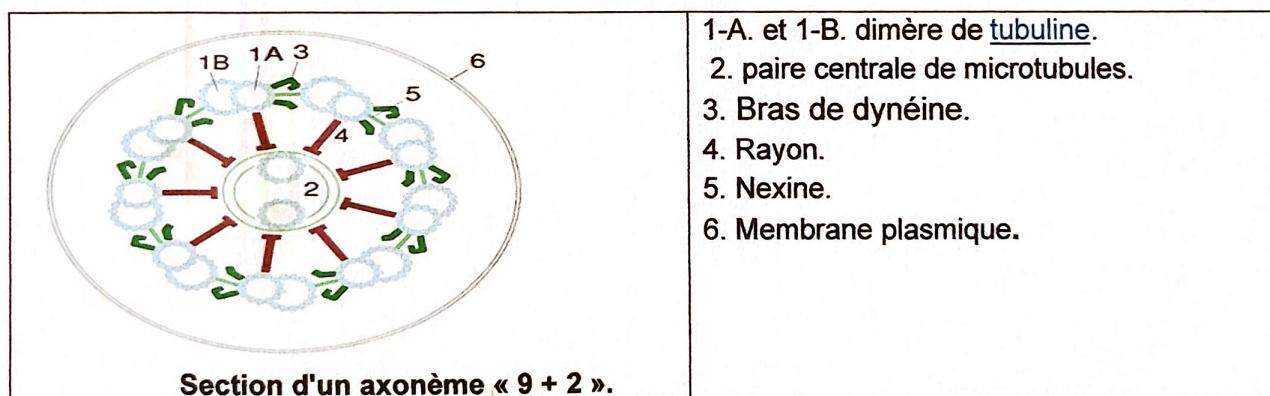
Cils vibratiles

Leur partie basale apparaît plus foncée en microscopie optique, ce sont les corpuscules basaux (ils appartiennent aux cils mais sont dans le cytoplasme).

Dr. RIH . A
Maître de Conférences
UDL - SBA



- A l'intérieur des cils il y a des microtubules très régulièrement agencés.
- On trouve 9 séries de 2 microtubules formés de tubuline (il y a 9 doublets).
- Sur un microtubule de chaque doublet on trouve des bras de dynéine au niveau desquels il y a / activité ATPasique.



I.3.2. Localisation :

- * **Cils primaires** : la plupart des cellules de l'organisme (cellules épithéliales de la rétine, des voies respiratoires ou de l'intestin, cellules du rein et du foie, neurones).
- * **Cils vibratiles** : chez certaines algues unicellulaires ainsi que d'autres protozoaires comme les Ciliés, l'épithélium respiratoire, le tractus génital féminin, etc.



Cils vibratiles d'un épithélium respiratoire

II) Spécialisation de la MP basolatérale:

- Le pôle basal d'une cellule épithéliale repose sur une lame basale continue qui contient de la laminine, des protéoglycans, des glycoprotéines.
- Le degré de développement de spécialisation de la membrane basale varie en fonction de l'épithélium et de son rôle dans le transfert des substances.
- La MP du pôle basal présente 2 types de différenciation :
 - Les hémidesmosomes qui attachent la cellule à la lame basale et des replis particulièrement développés.
- La MP au niveau latéral présente 2 types de différenciation :
 - Les desmosomes et des complexes de jonction qui attachent 2 cellules adjacentes.

II.1.) Les desmosomes et hémidesmosomes:

- ce sont « des jonctions intercellulaire ».
- **Les desmosomes:** ce sont les systèmes les plus complexes, les plus différenciés, d'attache intercellulaire, distribués à des intervalles + ou - réguliers le long des limites cellulaires.
- Il existe 2 types de desmosomes: diffus et maculaire.

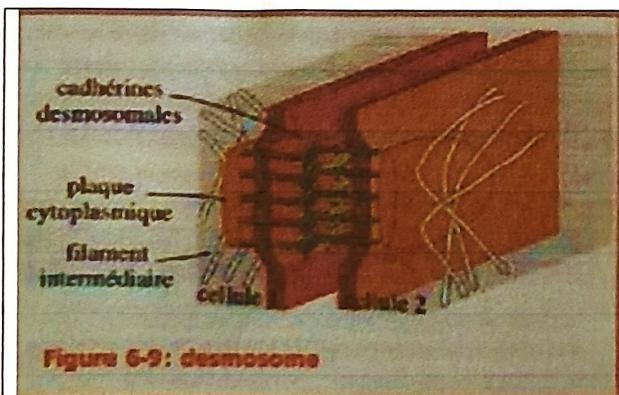


Figure 6-9: desmosome

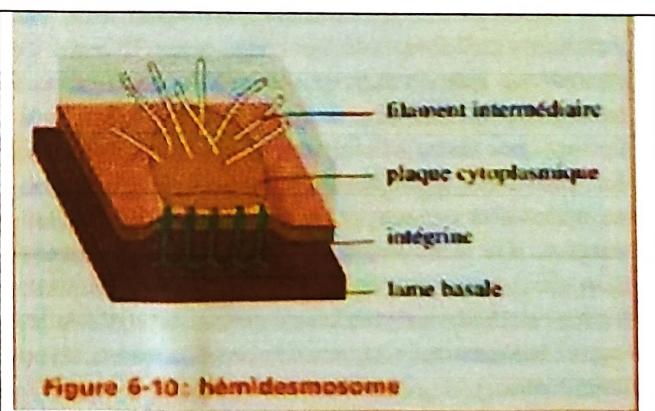


Figure 6-10: hémidesmosome

II.2.) Les complexes de jonction :

Un complexe de jonction comprend 3 types de jonctions intercellulaires qui sont les suivantes :

1- La Tight jonction est la plus proche de la lumière intestinale (La tight junction est une jonction imperméable de cellules adjacentes encore appelée jonction serrée).

2- une jonction intermédiaire.

3- le desmosome occupe la partie la plus profonde du complexe.

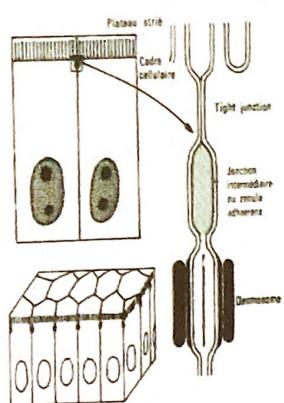
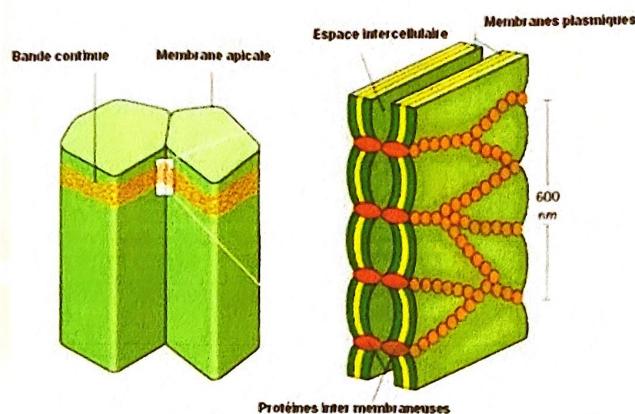


FIG. 46. - Complexes de jonctions unissant deux entérocytes.
(D'après M. MAILLET : Éléments de cytologie animale. Bordas, Paris, 1970.)

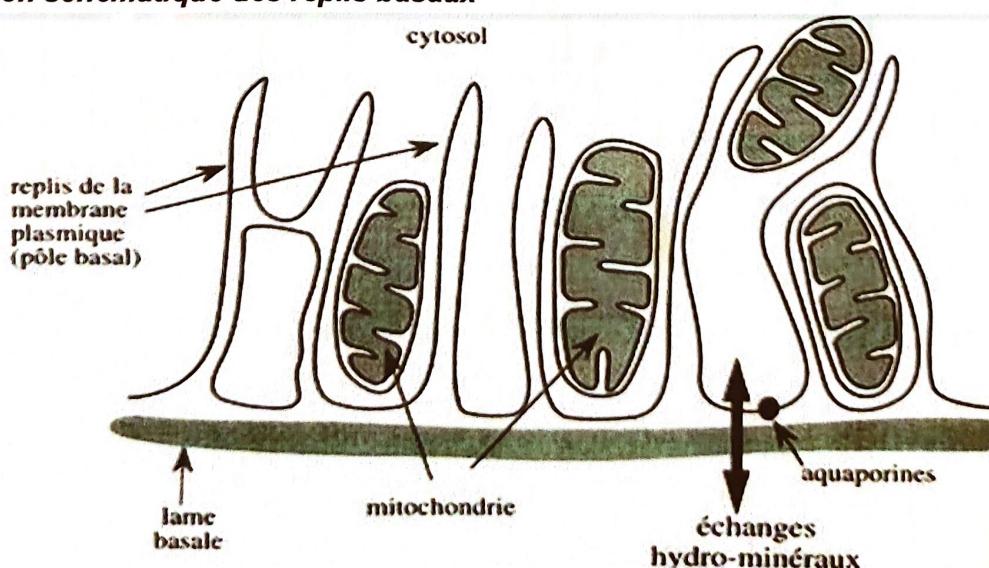


Architecture morphologique des jonctions serrées

II.3.)Les replis de la MP (Les intra-digitations):

- Lorsque les cellules épithéliales participent activement à des échanges hydrominéraux dans le sens cellule ----► matrice.
Ex.: le tube contourné proximal du rein, la MP dessine des replis + ou – profonds qui pénètrent dans le cytoplasme basale et le divise en compartiments ouverts vers le cytoplasme.
- les récepteurs hormonaux qui contrôlent ces échanges, se localisent dans ces membranes.
- Ces compartiments sont occupés par de nombreuses mitochondries qui fournissent l'ATP nécessaire.
- La longueur et la complexité de ces replis dépendent de l'importance des échanges.

Représentation schématique des replis basaux



CELL COAT

(Glycocalyx = Glycolemme = Manteau cellulaire)

Définition

Une couche glycolipidique ou glycoprotéique localisée à la surface de la membrane plasmique.

- L'épaisseur de cette couche peut atteindre 0.5 µm.
- Il représente 2 à 10% du matériel membranaire.

Structure

Zone amorphe + zone externe (microvillosités).

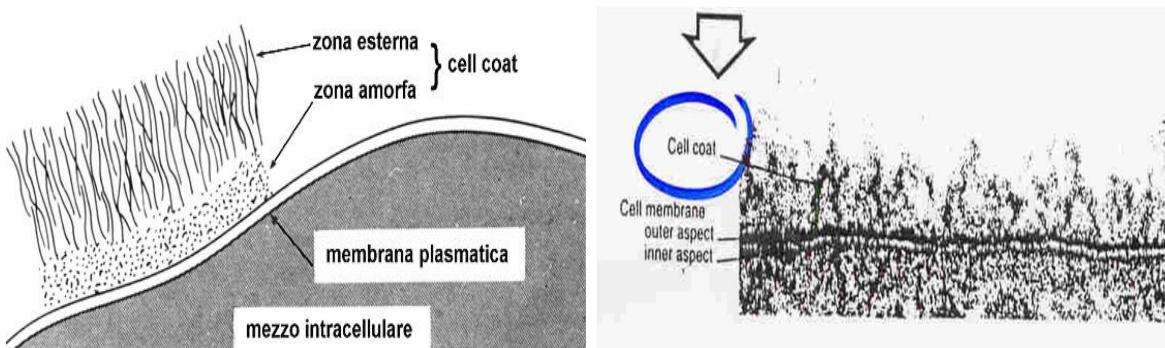


Figure 1 . Structure du Cell coat.

Constitution chimique

Glucides liés soit à des lipides, soit à des protéines.

On distingue ainsi:

- **Les glycolipides** ⇔ Union des glucides + lipides
- **Les glycoprotéines** ⇔ Association des polysaccharides ramifiés et chaîne polypeptidique
- **Les protéoglycanes** ⇔ Association des polysaccharides non ramifiées et chaîne polypeptidique.

Les glycoprotéines

- ✓ Les glycoprotéines : Produits d'une N-glycosylation.
- ✓ Le sucre terminal est nécessairement l'acide sialique.
- ✓ Les chaînes sont courtes et ramifiées.

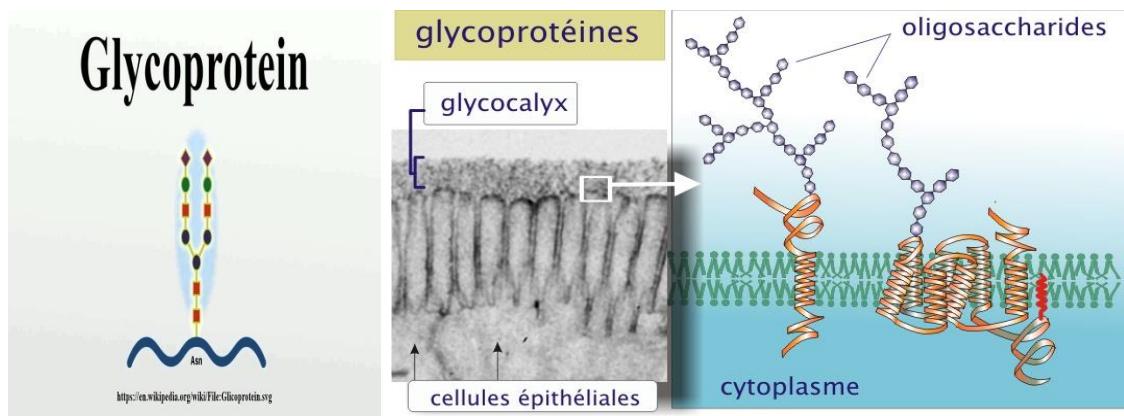


Figure 2. Les glycoprotéines.

Les protéoglycanes

- ✓ Les protéoglycane: Produits d'une O-glycosylation.
- ✓ Les chaînes sont longues et non-ramifiées mais les molécules sont chargées très négativement, ce qui leur permet de retenir l'eau à l'extérieur de la membrane.

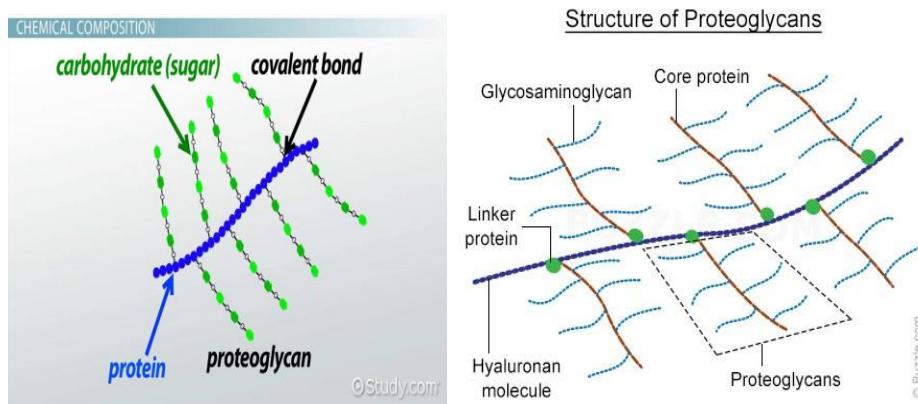


Figure 3. Les protéoglycane.

Renouvellement du cell coat

La vitesse de synthèse des constituants effectuées par de R.E et l'appareil de golgi s'équilibre avec la vitesse de dégradation du *cell coat*.

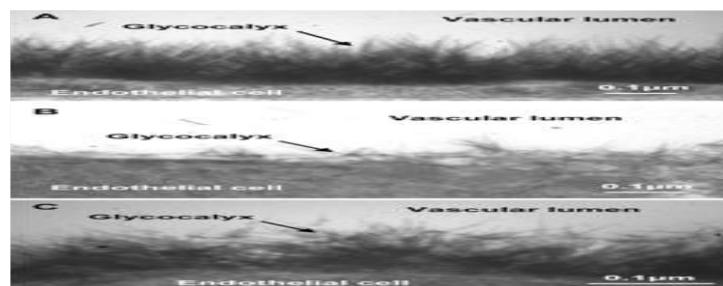


Figure 4. Le cell coat.

Propriétés et rôle du *cell coat*

- Rôle de protection de la membrane.
- La fonction absorbante.
- Rôle dans la perméabilité.
- Rôle dans les phénomènes d'adhésivité cellulaires
 - Le calcium.
 - Les cell ligands.
 - L'acide sialique.
- Rôle dans les phénomènes de reconnaissance
 - Cette propriété dépend du *cell coat*.

Acide N-acétylneuraminique

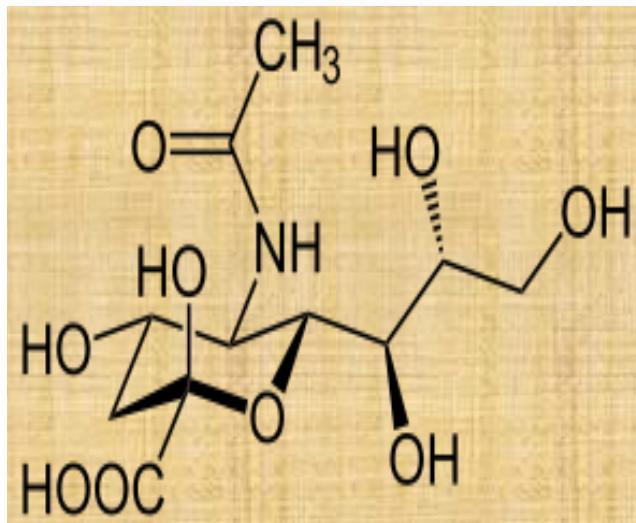


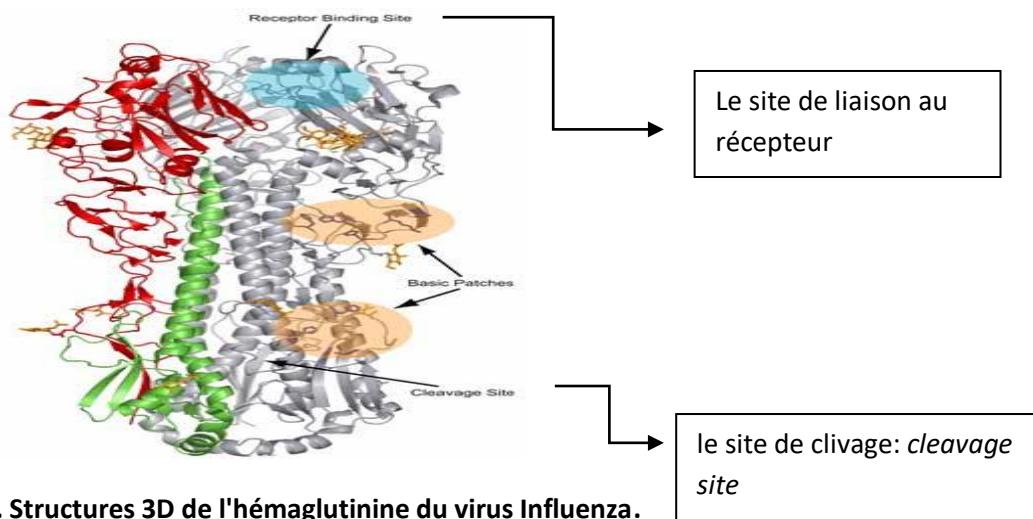
Figure 5. L'acide sialique.

- L'acide **N**-acétylneuraminique (**Neu5Ac** ou **NANA**) est le principal acide sialique présent dans les cellules humaines. C'est un constituant du glycocalyx et permet la liaison du calcium aux macromolécules cellulaires.
- Les acides sialiques sont des composants caractéristiques des glycoprotéines et des glycolipides.

Relation entre l'acide sialique et le virus de la grippe

⇒ L'hémagglutinine (HA)

- Le nom hémagglutinine provient de la faculté de la protéine à agglomérer les érythrocytes hématiques.
- Permet la fusion de la membrane phospholipidique qui recouvre la particule virale avec la membrane de l'endosome de la cellule hôte lors du processus d'assemblage et de libération des virions (infection).
- L'hémagglutinine est la cible majeure des anticorps produits par le système immunitaire lors d'un premier contact avec l'agent infectieux.



➡ La neuraminidase (glycosidases)

- Une neuraminidase ou sialidase: glycoside hydrolase qui catalyse et hydrolyse les liaisons osidiques.
- La libération des virions à l'intérieur de la cellule hôte.
- lors de leur libération, les nouveaux virions se recouvrent de la membrane de cellule hôte, ils possèdent à leur surface des acides sialiques ce qui les rend agrégables entre eux, la neuraminidase permet de les séparer.

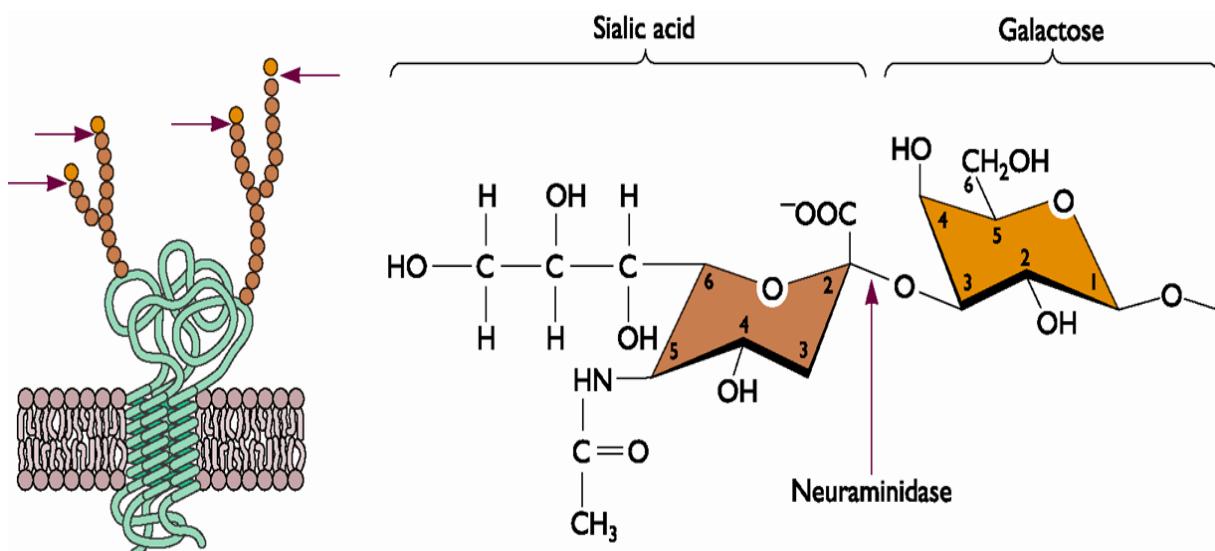


Figure 7 . Attachement de l'hémagglutinine au récepteur cellulaire.

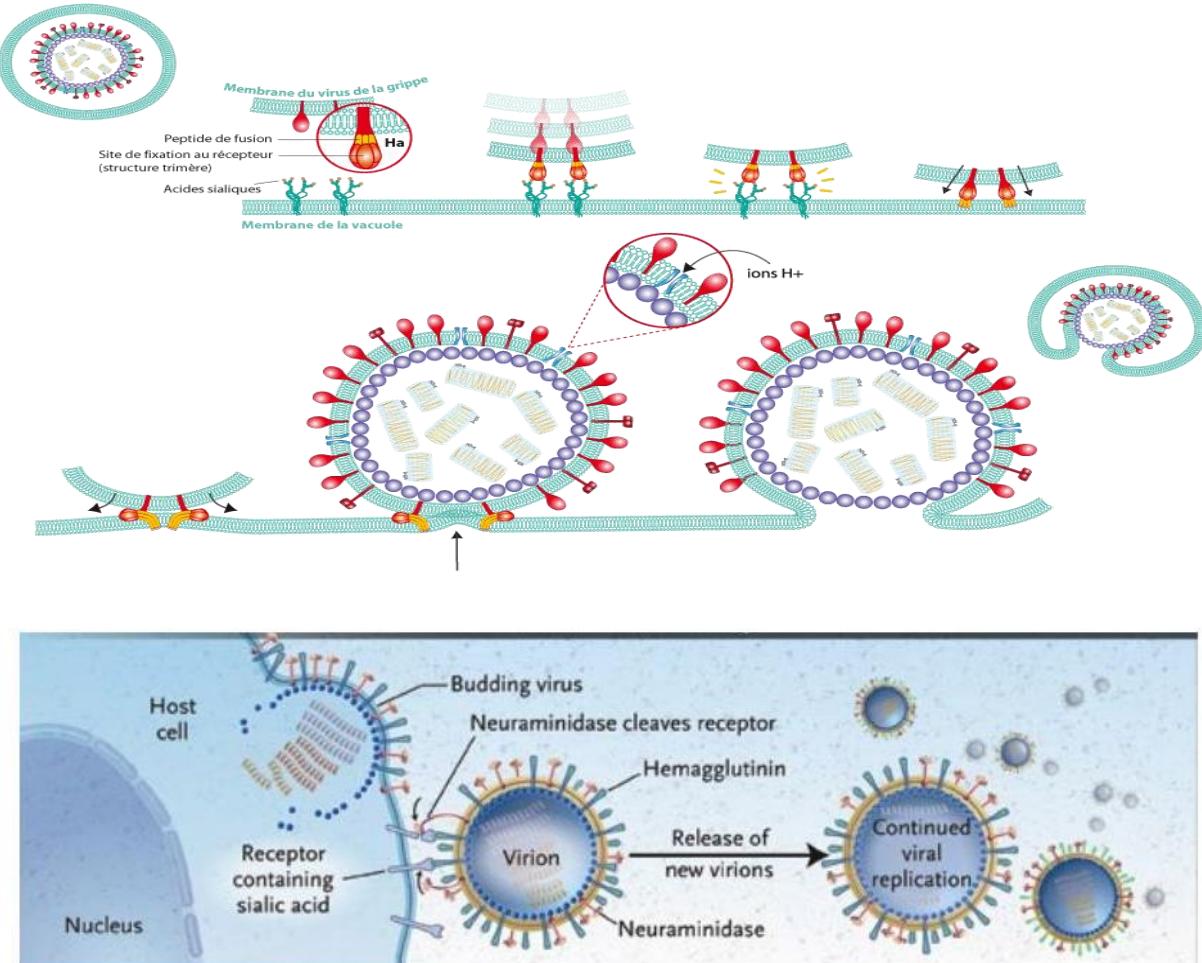


Figure 8. Détachement du virus de la grippe de la cellule hôte.

- Des analogues de l'acide sialique peuvent être impliqués dans la prévention d'infection: des inhibiteurs de la neuraminidase réagissent avec l'acide sialique, utilisés comme principes actifs contre le virus *Influenza*, responsable de la grippe, car l'acide sialique est la cible moléculaire qui permet au virus de s'ancrer aux cellules qu'il va infecter.

Rôle en pathologie

- Rôle dans les processus infectieux.
 - Le glycocalyx est également utilisé par les bactéries comme voie d'accès à la cellule.
 - Les molécules polyholosidiques sont chargées négativement et permettent à une cellule de s'adhérer à une paroi: ces facteurs d'adhésion jouent un rôle dans le pouvoir invasif des bactéries. Certains glycocalyx permettent la liaison des bactéries (fimbriae ou *pili* communs) sur les cellules (*Escherichia coli* et *Salmonella typhi*).

Dr. EL MAHI .F.Z
Maître de Conférences
en Cytologie
Fac de Médecine-UDL-SBA

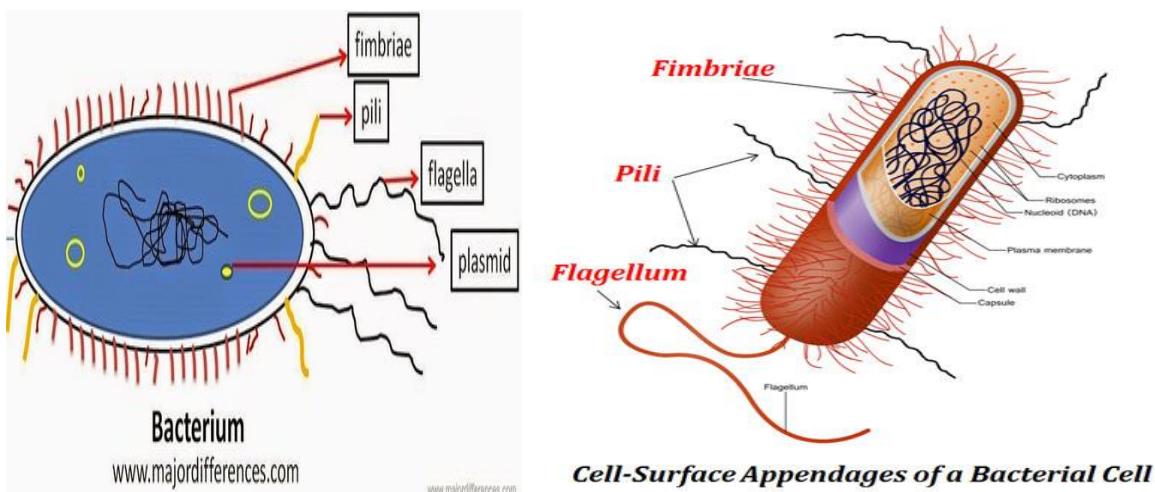


Figure 9. Appendices protéiques des cellules bactériennes.

- Les pili (pluriel de pilus: poile ou cheveu) sont des appendices cellulaires (protéines filamentueuses) se situant à la surface de la paroi de nombreuses bactéries à Gram négatif.
- Fimbriae sont des appendices protéiques (des fibrilles) qui régissent l'attachement aux surfaces.

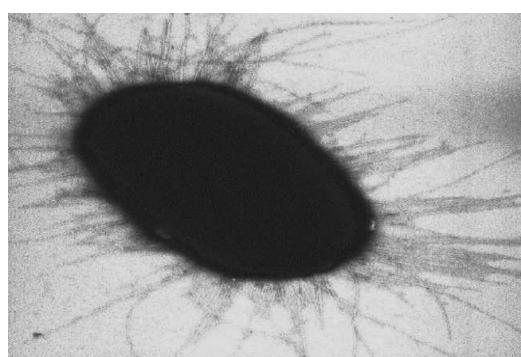


Figure 10. Image de microscopie électronique d'une bactérie *Escherichia coli*.

(Les appendices entourant la bactérie sont des fimbriae et des pili).

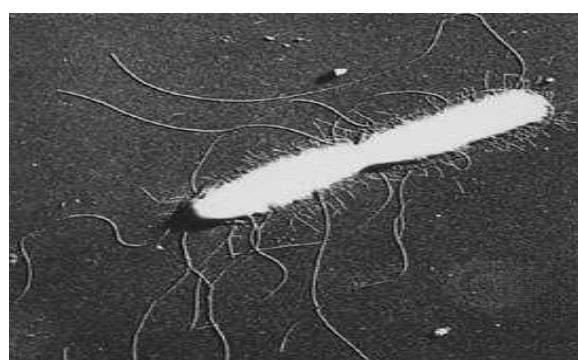


Figure 11. Image de microscopie électronique d'une bactérie *Salmonella typhi*.