

GENERALITES SUR LA CELLULE

I-Compartmentation cellulaire :

1) -.Définition:

C'est une séparation dans les cellules dues à la perméabilité sélective des membranes qui cloisonnent chacun des organites distincts. Cependant, le système endomembranaire, est présent uniquement dans les cellules eucaryotes.

2)-Compartmentation aux propriétés spécifiques

La présence d'une membrane biologique entourant un espace, que ce soit le cytoplasme ou la lumière d'un organite, va permettre, en contrôlant les échanges des macromolécules, des ions (et de toute autre molécule) l'établissement de conditions favorisant certaines réactions par rapport à d'autres en variant les différents facteurs physico-chimiques (pH, concentration en ions...), la nature des enzymes et des produits, leur nombre...Cet environnement permet ainsi la biosynthèse et la dégradation de molécules organiques et le maintien d'une structure hautement organisée par un recyclage constant des molécules qui le forment.

3)-Flux organisé de matière et d'énergie :

Cette structure de base permet la mise en place et le maintien de flux de matière, d'énergie, d'information... donc une réelle organisation des échanges cellule-milieu extérieur ce qui facilite à la cellule de maintenir sa structure hautement organisée.

4. Cellule vectrice de gènes

Cette structure résulte de l'expression d'un programme génétique complexe, ainsi, la cellule peut être considérée non seulement comme l'unité structurale du vivant mais aussi un vecteur de gènes assurant leur transmission au fil des générations.

5)-Transmission des gènes et cycle cellulaire :

La division cellulaire nécessite la succession de phases de synthèse protéique permettant le renouvellement et la croissance cellulaire, de synthèse d'ADN et enfin de partition plus ou moins équitable de la cellule. La partition de la cellule se fait par des mécanismes différents chez les procaryotes et les eucaryotes ou mitose où la transmission du génome est intégrale.

6. Principales structures cellulaires

Il existe deux types fondamentaux de cellules :

- les procaryotes dont l'ADN est libre dans le cytoplasme (les bactéries, par exemple).
- les eucaryotes qui ont une organisation complexe, de nombreux organites et dont le noyau est entouré d'une membrane nucléaire.

PRINCIPALES DIFFERENCES ENTRE EUCARYOTES et PROCARYOTE

	Procaryotes	Eucaryotes
Représentants	<u>Bactéries</u> , <u>archées</u>	<u>Protistes</u> , <u>champignons</u> , <u>plantes</u> , <u>animaux</u>
Taille typique	~ 1-10 µm	~ 10-100 µm
Type de <u>noyau</u>	Nucléoïde; pas de véritable noyau	Vrai noyau avec une enveloppe
ADN	Circulaire (<u>chromosome</u>), avec des protéines HU pour eubactéries	Molécules linéaires (<u>chromosomes</u>) avec des protéines <i>histone</i>
<u>ARN/synthèse des protéines</u>	Couplé au <u>cytoplasme</u>	Synthèse d'ARN dans le noyau synthèse de protéines dans le cytoplasme
<u>Ribosomes</u>	23S+16S+5S	28S+18S+5,8S+5S
Structure cytoplasmique	très peu de structures	très structuré par des membranes intracellulaires et un <u>cytosquelette</u>
Mouvement de la cellule	<u>Flagelle</u> fait de <u>flagelline</u>	Flagelle et <u>cils</u> fait de <u>tubuline</u>
Métabolisme	<u>Anaérobie</u> ou <u>aérobie</u>	Habituellement <u>aérobie</u>
<u>Mitochondries</u>	Aucune	D' une à plusieurs milliers
<u>Chloroplastes</u>	Aucun	Dans les <u>algues</u> et les <u>plantes</u> chlorophylliennes
Organisation	Habituellement des cellules isolées	Cellules isolées, colonies, organismes complexes avec des cellules spécialisées
Division de la cellule	Division simple	<u>Mitose</u> (multiplication conforme de la cellule) <u>Méiose</u> (formation de <u>gamètes</u>)

LES CELLULES DES EUCARYOTES

Les membranes cellulaires sont des bicouches phospholipidiques dans lesquelles, ils s'insèrent de manière asymétrique.

I) Compositions moléculaires des membranes :

Les membranes sont constituées (en poids sec de membrane) de 40% de lipides, 52% de protéines et 8% de glucides. En prenant en compte la différence de poids existant entre ces classes de molécules, soit 50 molécules de lipides par molécule de protéine.

1) Diversités des lipides membranaires :

Au sein de la membrane les lipides sont présents sous différentes formes (les phospholipides, les glycolipides et le cholestérol).

a) Phospholipides :

Ils présentent tous une tête hydrophile (phosphate et groupement spécialisé) et une queue hydrophobe (glycérol et acides gras). On distingue deux types de phospholipides

---Les **glycéro-phospholipides** ou association d'un glycérol, de deux acides gras, d'un acide phosphorique et d'alcools ou d'acides aminés qui donnent l'identité et la caractéristique du glycéro-phospholipides afin d'obtenir la phosphatidyl-sérine, le phosphatidyl-inositol, la phosphatidyl-éthanolamine et la phosphatidyl-choline.

--- Les **sphingophospholipides** ou sphingosine (alcool aminé), d'acide gras, d'acide phosphorique et d'alcool ou d'acides aminés ; qui par association de la choline on obtient la sphingomyéline.

b) Glycolipides :

Les glycolipides sont de deux types, les glycéroglycolipides (les glycolipides des membranes des érythrocytes, définissent le groupe sanguin de l'individu) et les sphingoglycolipides.

c) Cholestérol

Le cholestérol est uniquement présent dans les membranes des cellules animales, en effet, il est absent dans les cellules végétales et les bactéries. Il représente environ un quart des lipides membranaires et influence la fluidité membranaire (une quantité élevée de celui-ci rigidifie la membrane) mais aussi les A.G.I. facilitent la fluidité de la M.P. mais les A.G.S. la rigidifie.

2) Diversités des protéines membranaires

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

a) Les protéines extrinsèques :

Les protéines extrinsèques sont localisées en dehors de la bicouche phospholipidique soit entièrement intracellulaire jamais glycosylées, soit extracellulaire glycosylées (glycoprotéines). Elles interagissent avec la membrane, par des liaisons hydrogènes, au niveau des protéines transmembranaires ou des lipides. Cependant, sur la face externe, elles sont liées entre elles par des protéines contractiles ou actine.

b) Les protéines ancrées dans des acides gras (intrinsèques):

Les protéines périphériques ancrées dans les lipides sont de deux types :

---Ancrées sur les glyco-phosphatidyl-inositol (GPI=phosphatidylinositol de M.P. lié à un oligosaccharide) qui correspondent à l'association d'une phospho-éthanolamine sur des sucres, eux-mêmes ancrés sur un phosphatidyl-inositol de la face extracellulaire de la membrane.

---Ancrées à la face cytosolique de la membrane par l'intermédiaire d'acide gras (acide palmitique et acide myristique). Elles sont généralement des protéines G qui dans le cas de petites G monomériques la liaison est temporaire donc seront libérées dans le cytosol à la fin de leur cycle fonctionnel mais au contraire si G est trimérique (03 brins alpha, beta et gamma) la liaison est solide et permanente et intervient dans le couplage entre certains récepteurs de la MP et plusieurs effecteurs primaires, des enzymes comme l'adényl-cyclase, plusieurs phosphatidases actives sur des phospholipides membranaires, des canaux ioniques .

c) Les protéines transmembranaires :

Les protéines transmembranaires traversent les deux feuilletts de la membrane et sont liées de manière stable à la membrane avec l'environnement hydrophobe de la face interne de la membrane, par les acides aminés apolaires (qui ne sont en contact ni du milieu extracellulaire ni du cytosol) de leurs hélices α .

3) Diversités des glucides membranaires :

La grande majorité des glucides membranaires sont sous forme de glycoprotéines et une petite partie sous forme de glycolipides. Au niveau de la membrane les glucides n'existent pas à l'état libre, ils sont liés à des protéines, par des liaisons N-glycosidiques (le plus souvent) et des liaisons O-glycosidiques, sous forme de petites glycoprotéines ou de protéoglycane.

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

Le feuillet interne est caractérisé par les phosphatidyl-sérine (amphotère) et phosphatidyl-éthanolamine (charge négative), alors que le feuillet externe est caractérisé par la sphingomyéline et la phosphatidyl-choline.

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 ce que l'on appelle le glycocalix ou cell-coat.

La mobilité des lipides est nécessaire pour l'activité cellulaire. Ils peuvent se mouvoir de différentes manières au sein de la membrane : rotation, diffusion latérale et flip flop (passage d'un feuillet à l'autre) Certaines protéines vont être bloquées par des structures intracellulaires ou extracellulaires par des interactions protéines-protéine ou interactions avec le cytosquelette.

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

LES LIPIDES MEMBRANAIRES

1)-Ce sont des molécules organiques insolubles dans l'eau (lipos) et solubles dans les solvants organiques apolaires comme benzène, chloroforme, éther,...

2)-Ils sont caractérisés par la présence dans la molécule d'au moins un acide gras ou chaîne grasse.

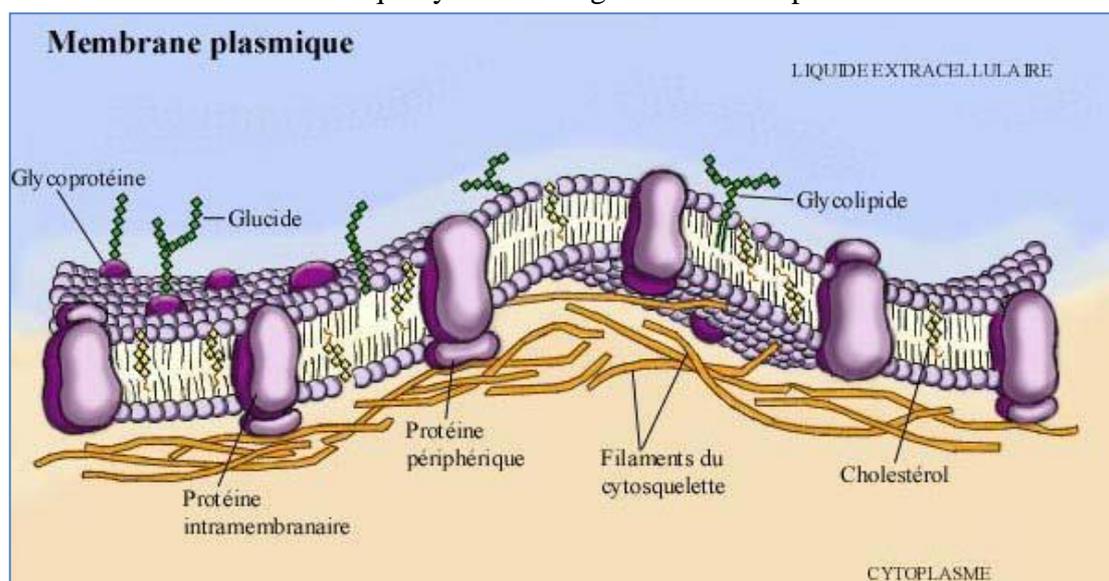
3)- Sont rattachés aux lipides, en raison de leur insolubilité dans l'eau, le cholestérol, les stéroïdes, la vitamine D, qui sont des dérivés polyisopréniques.

I .La structure de la membrane:

Les membranes sont composées principalement de phospholipides et de protéines.

Les glucides et le cholestérol sont aussi des constituants importants de certaines membranes. Cependant, les phospholipides (phosphoglycérolipides) sont à la base de la structure principale des membranes (leur structure moléculaire leur permet de former la membrane).

Singer et Nicolson, ont montré que la membrane est une mosaïque fluide dans laquelle flottent des protéines donc, ces membranes ne sont pas statiques car les phospholipides et les protéines peuvent bouger latéralement dans la membrane. Le cholestérol est important dans la structure des membranes animales seulement. En effet, il s'insère entre les molécules de lipides et assure le maintien de la fluidité de la membrane lorsqu'il y a des changements de températures.



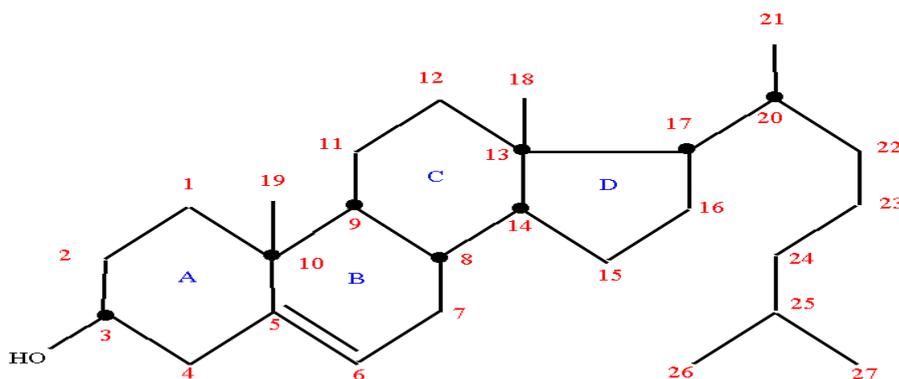
- 1)- Les lipides représentent environ 20 % du poids du corps.
- 2)-Ils sont une réserve énergétique mobilisable : 1g lipides → 9 Kcal
- 3)-Ils ont un rôle de précurseurs : stéroïdes, vitamines, prostaglandines.
- 4)- Deux acides gras polyinsaturés sont des facteurs nutritionnels essentiels car ils ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent lui être apportés par l'alimentation. Ce sont des acides gras indispensables : acide linoléique et acide linoléique.
- 5)- Les membranes ont une structure lipidique.
- 6)-Les plaques d'athérome constituées de dépôt lipidique entraînent le durcissement des artères (athérosclérose).

Oxydation des doubles liaisons des acides gras

- a)- L'oxydation par l'oxygène de l'air conduit au rancissement des graisses
- b)- L'oxydation enzymatique intracellulaire de l'acide arachidonique par la cyclo-oxygénase (cyclisation + oxydation) conduit aux prostaglandines qui sont des médiateurs très actifs et très rapidement dégradés.
- c)-Action biologique des prostaglandines. Elles interviennent :
 - *** dans la contraction des muscles lisses (intestin, utérus, vaisseaux) ;
 - *** dans la régulation des métabolismes ;
 - *** dans l'agrégation plaquettaire. L'inhibition de la cyclooxygénase des plaquettes par l'aspirine est utile en thérapeutique (antiagrégant plaquettaire).

LES STERIDES

- a)- Ce sont des esters du cholestérol, structure composée de 3 cycles hexagonaux + un cycle pentagonal correspondant au cyclopentanoperhydrophénanthène. Il possède une fonction alcool secondaire en C3 et une double liaison en Δ5.



- Le stéroïde est formé par estérification d'un AG sur la fonction alcool en 3 du cholestérol.
- b)-Le cholestérol est apporté dans l'alimentation et synthétisé par le foie ; il est transporté dans le sang dans les lipoprotéines.
 - c)-Le cholestérol sert dans l'organisme à la synthèse de 3 groupes de molécules :
 - *** Les hormones stéroïdes (cortisol, testostérone...)
 - *** La vitamine D3
 - *** Les acides biliaires

Glycerophospholipides

1. L'acide phosphatidique :

a)- C'est l'élément de base des glycérophospholipides.

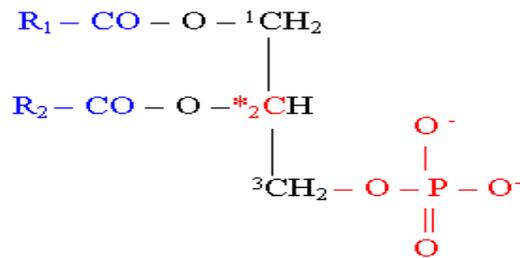
Acide phosphatidique = Glycérol + 2 Acides Gras + H₃PO₄

Les deux acides gras ont une chaîne longue (≥ 14C), l'acide gras en position 2 est souvent insaturé.

b)-L'acidité de la molécule provient des 2 H mobiles libres de l'acide phosphorique.

c)-Au pH sanguin (7,35 – 7,45) les 2 fonctions acides sont ionisées.

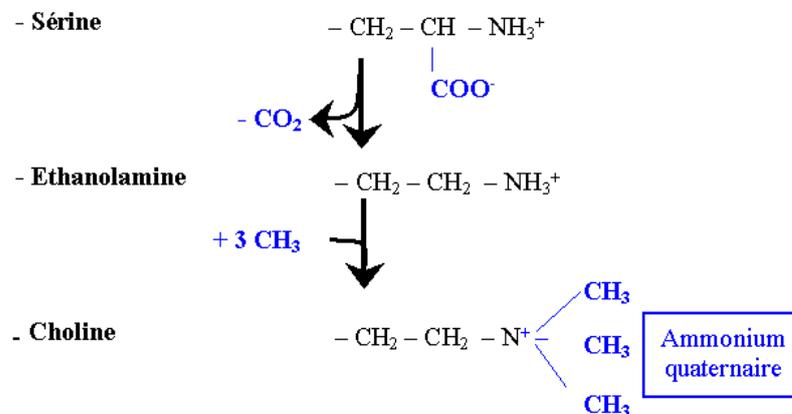
d)-L'acide phosphatidique est un second messager intracellulaire.



2- Les glycérophospholipides :

Ils sont constitués d'acide phosphatidique + alcool

a)-Nature de l'alcool



b)-Les différentes classes de glycérophospholipides

Le lipide se forme par fixation d'un alcool sur l'acide phosphatidique, d'où on obtient

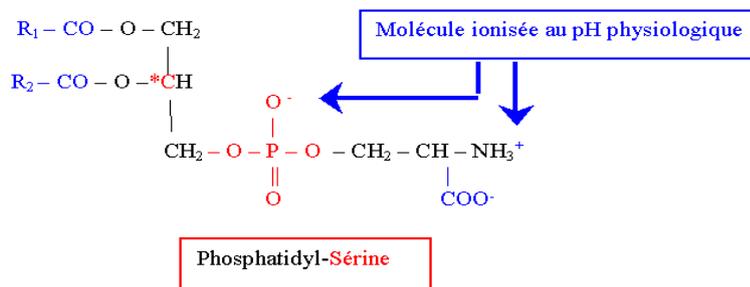
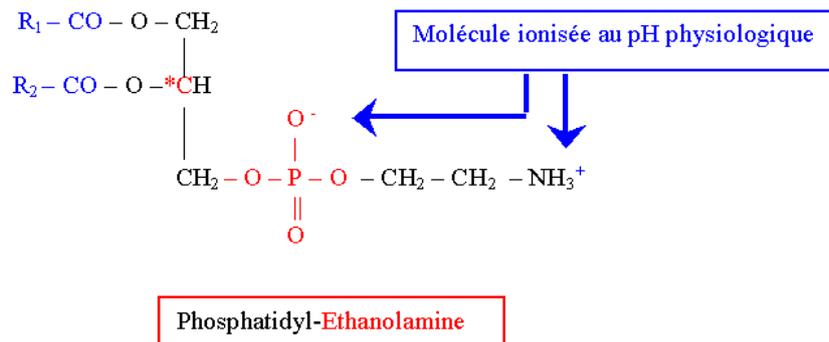
Phosphatidylsérines = Acides Phosphatidiques + Sérine

Phosphatidyléthanolamines = Acides Phosphatidiques + Ethanolamine

Phosphatidylcholines = Acides Phosphatidiques + Choline

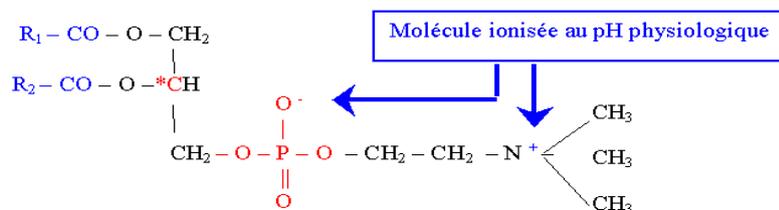
Phosphatidylinositols = Acides Phosphatidiques + Inositol

3- Les Phosphatidyl éthanamines et Phosphatidyl sérines :



Au pH du sang (7,35 – 7,45) les molécules sont ionisées.

4- Les Phosphatidylcholines ou Lécithines : On les trouve dans le cerveau, le foie, le jaune d'œuf

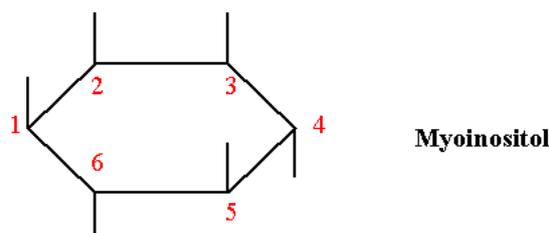


Exemples : R₁ = Acide palmitique ; R₂ = Acide oléique

5- Les Phosphatidylinositols :

** Structure de l'inositol

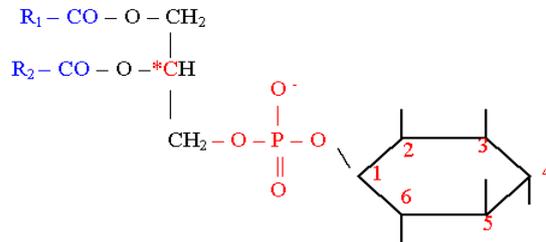
a)- L'inositol est un hexa alcool cyclique qui a 9 isomères possibles. Le myoinositol est le plus fréquent dans les lipides.



b)- C'est un mésoinositol inactif sur la lumière polarisée.

** L'inositol 1, 4, 5 triphosphates ou IP3 est un second messenger

** Structure du phosphatidylinositol.



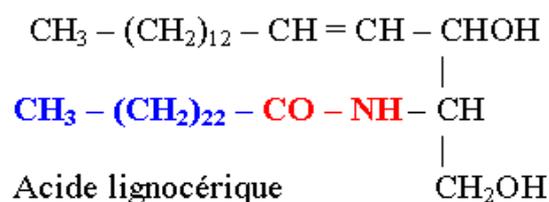
SPHINGOLIPIDES

Ce sont des amides de la sphingosine qui se forment par liaison du carboxyle de l'AG sur le -NH2 de la sphingosine :



1. Acyl -sphingosine ou Céramide :

Le plus simple des sphingolipides est le céramide ou acylsphingosine.



L'acide gras est saturé et à longue chaîne, alors que le Céramide est un second messenger intracellulaire.

2 Les Sphingomyélines :

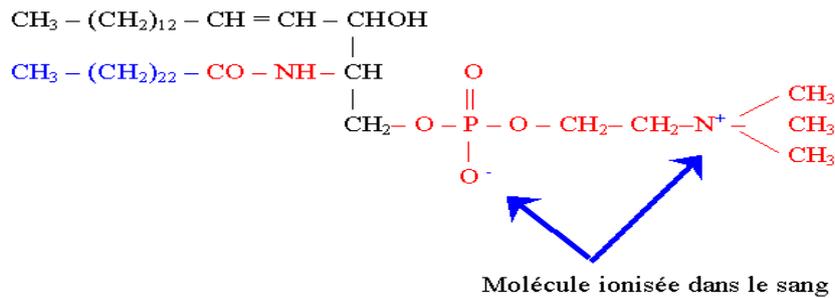
a)- Elles sont constituées de l'association Sphingosine + AG + Phosphorylcholine

L'acide gras le plus fréquent est l'acide lignocérique (C24:O).

b)-Au pH du sang, la molécule est ionisée.

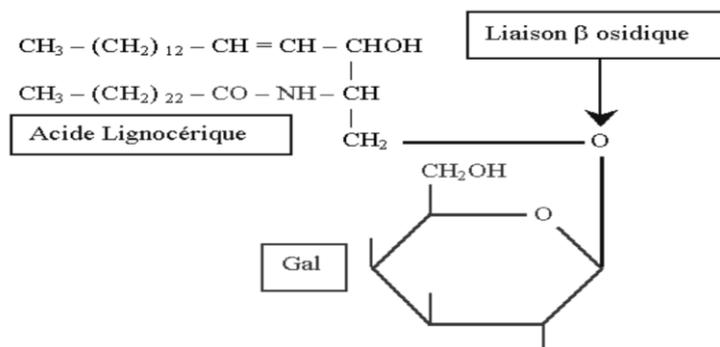
c)- On les trouve dans le tissu nerveux (graines de myéline) et dans les membranes.

d)- La déficience en sphingomyélinase entraîne leur accumulation dans le cerveau, la rate et le foie.



3. Les Glycolipides :

A. Cérébrogalactosides ou Galactosylcéramides : Ils sont constitués de :Sphingosine + AG + βD Galactose.



B. Les Cérébroglucides ou Glucosylcéramides :

Constitués de Sphingosine + AG + βD Glucose et la liaison est de nature β osidique.

C. Les Gangliosides ou Oligosylcéramides :

Ils sont constitués de Sphingosine + AG + chaîne de plusieurs oses et dérivés d'oses (= oligoside). Ils sont abondants dans les ganglions d'où leur nom. Ces oligosides sont présents sur la face externe de la membrane plasmique. Ils sont spécifiques, donc reconnus par des protéines (toxines bactériennes, léctines).

Exemple : antigènes des groupes sanguin

LES PROTEINES MEMBRANAIRES

Elles représentent environ la moitié du poids sec des MP et sont le premier composant sur les plans quantitatif et fonctionnel. Elles sont divisées en deux(02) classes :

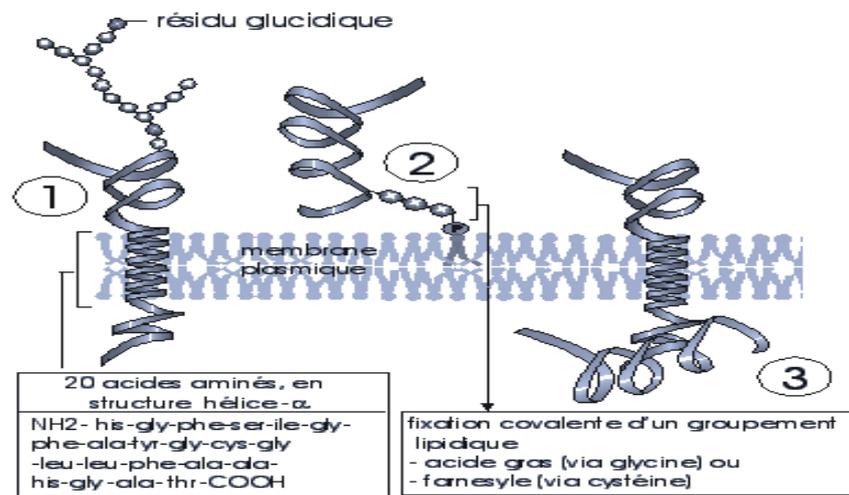
***Les protéines intrinsèques : Elles sont liées de manière très étroite à la bicouche lipidique. Elles ont des fonctions diverses très importantes pour la physiologie cellulaire : activités enzymatiques, transports d'ions et sites récepteurs pour des molécules signal connues dans le milieu extracellulaire. Elles peuvent se subdivisées en trois(03) catégories :

a)---Protéines transmembranaires avec un (01) ou plusieurs segments transmembranaires. Elles interagissent par des liaisons non covalentes, mais de forte énergie, avec les lipides par l'intermédiaire d'un domaine riche en aminoacides hydrophobes (phénylalanine, leucine, valine,

tryptophane...) souvent organisés en hélice mais glycolysés au niveau de leur domaine extracellulaire.

b) ----Protéines liées au phosphatidyl-inositol du feuillet externe par un oligosaccharide= (G.P.I.) sont plus rares et sont particulièrement abondantes dans les domaines de la MP impliqués dans le phénomène de la potocytose.

c)----Protéine liée par un acide gras sur la face cytosolique Cependant, les protéines G trimeriques comportent trois (03) sous unités (α , β , γ), qu'elles fixent le G.D.P., le GTP et l'hydrolysent en GDP. Chacune de ces sous unités est ancrée au feuillet cytosolique par un A.G. Elles interviennent dans le couplage entre certains récepteurs de la MP et plusieurs effecteurs primaires, des enzymes comme l'adenylyclase, plusieurs phospholipases actives sur des PL membranaires, des canaux ioniques...Associations protéiques à la membrane plasmique



***Les extrinsèques ou périphériques : Elles ne sont jamais liées de manière covalente à la bicouche lipidique mais se lient aux protéines intrinsèques par des liaisons d'énergie plus faibles que celles des interactions protéines transmembranaires et PL .Sur la face extracellulaire sont liées aux sucres et forment les glycoprotéines.



Une conformation des protéines transmembranaires

LES SUCRES

La plupart des protéines de la membrane plasmique sont couplées à des glucides du côté extracellulaire de la membrane. Ces glucides sont présents sous forme de chaînes oligosaccharidiques liées de façon covalente aux protéines qui sont alors nommées glycoprotéines comme les glycolipides, les glycoprotéines se trouvent toujours dans la moitié externe de la double couche lipidique et appartiennent également au glycocalyx.

Mouvements de la MP à l'échelle moléculaire.

Puis qu'elle n'est pas une structure immobile, ses constituants (lipides, protéines) se déplacent plus ou moins librement c'est ce qui a permis à Singer et Nicholson de dire que la MP est une mosaïque fluide.

Pendant, les PL présentent 3 types de mouvements :

---La diffusion latérale dans le plan du feuillet lipidique avec une vitesse élevée (un lipide peut changer de place avec son voisin 7×10^{10} /seconde).

---La rotation sur place des lipides est aussi fréquente.

---Le passage d'un feuillet à un autre est plus rare soit moins d'une fois par semaine (phénomène de Flip-flop des lipides grâce à une protéine spécialisée ou flippase et consomme de l'énergie) le cholestérol passe facilement d'un feuillet à l'autre. Ce phénomène de flip-flop est observé dans les membranes du R.E. au moment ou une arborisation de sucres accrochée à un acide gras, le dolichol, inséré dans le R.E.G lors de la N-glycosylation des protéines. Alors que pour les PL ce passage se fait lors de leur biosynthèse dans la membrane d'enveloppe du REL.

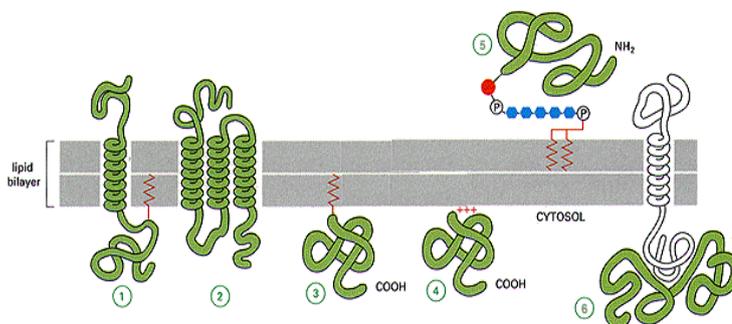
3)-Mouvements des protéines intrinsèques :

---La rotation sur place des protéines est comparable à celle des lipides.

---Le phénomène de flip-flop des protéines membranaires n'existe pas.

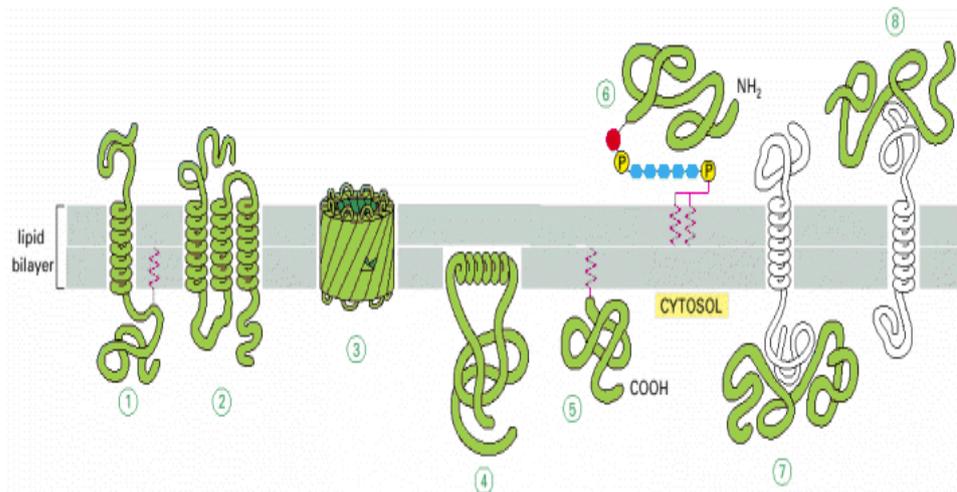
---Le phénomène le plus important pour la physiologie cellulaire est celui de la diffusion latérale de certaines protéines.

Interaction des protéines avec les membranes



Protéines membranaires intrinsèques (1,2) Protéines membranaires périphériques (3, 4, 5,6) solubilisables après destruction par des moyens physico-chimiques doux (pH, de la membrane par des détergents Concentration de sel).

Mode d'association des protéines membranaires à la double couche lipidique :



Protéines transmembranaires (ancrées ou non par un acide gras à la membrane)

- 1- traverse la double couche sous la forme d'une hélice alpha.
- 2- traverse la double couche sous la forme d'hélice alpha multiple.
- 3- traverse la double couche sous la forme tonneau de feuillets beta.

Protéines associées à un seul côté de la membrane.

- 4- ancrée par une hélice amphiphile.
- 5- liaison covalente avec un acide gras (cytoplasmique).
- 6- liaison covalente avec le glycosyl-phosphatidyl-inositol, GPI (milieu extérieur)= protéines glycosylées.
- 7 & 8- interaction non covalente avec d'autres protéines membranaires.

ROLES PHYSIOLOGIQUES DES BIOMEMBRANES

La membrane plasmique est semi perméable. Cette sélectivité permet :

- Le passage des molécules indispensables (a.a, glc..) vers l'intérieur de la cellule.
- Aux métabolites intermédiaires de ne pas s'échapper de la cellule.
- Aux déchets métaboliques de quitter la cellule.

Ce qui donne un maintien de l'équilibre du milieu interne de la cellule.

- Les organites intracellulaires ont une composition intérieure différente de celle du

cytoplasme qui les entoure due aux propriétés de la Membrane des organites.

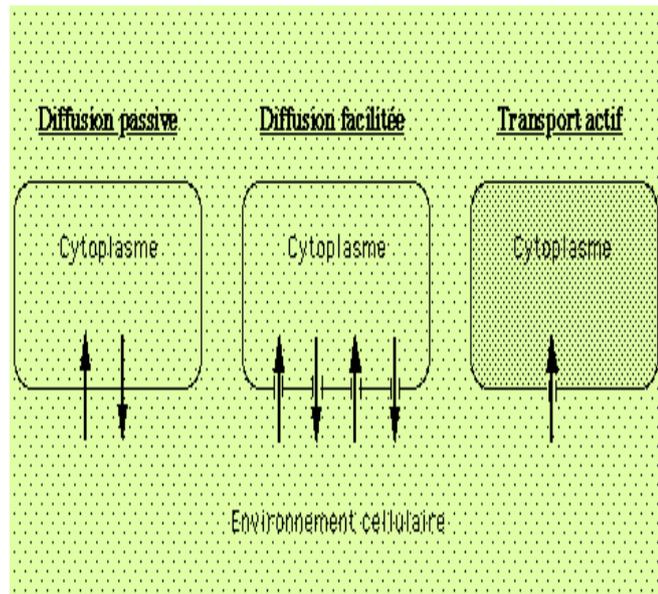
Dans les lysosomes, la concentration en ions H⁺ est 100 à 1000 fois supérieure à celle du cytosol

I)- Définition de la perméabilité

La perméabilité est la propriété que possède la surface cellulaire d'absorber directement des substances du milieu extracellulaire et d'éliminer d'autres. Elle peut prendre deux formes.

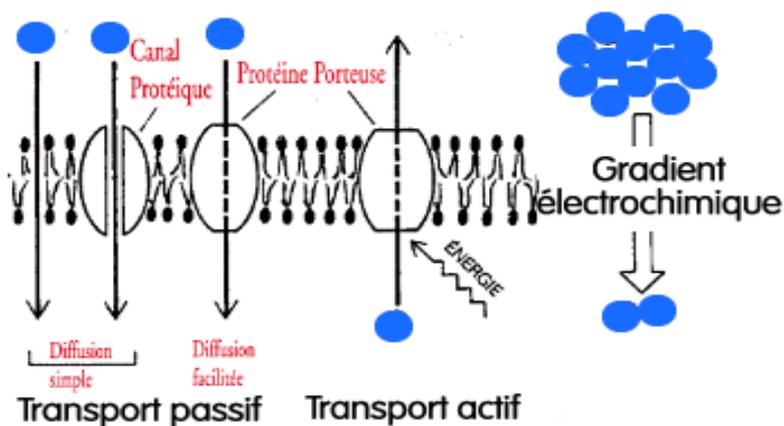
a)- La perméabilité passive ou diffusion. Elle dépend uniquement des lois physico-chimiques et ne nécessitent pas l'intervention active de la cellule. On distingue deux types : Les diffusions simple et facilitée.

b)- La perméabilité active ou transport actif. Il implique la participation de la cellule par un apport d'énergie métabolique, mécanisme permettant le transport contre le gradient de



concentration.

Les différents types de transports moléculaires transmembranaires

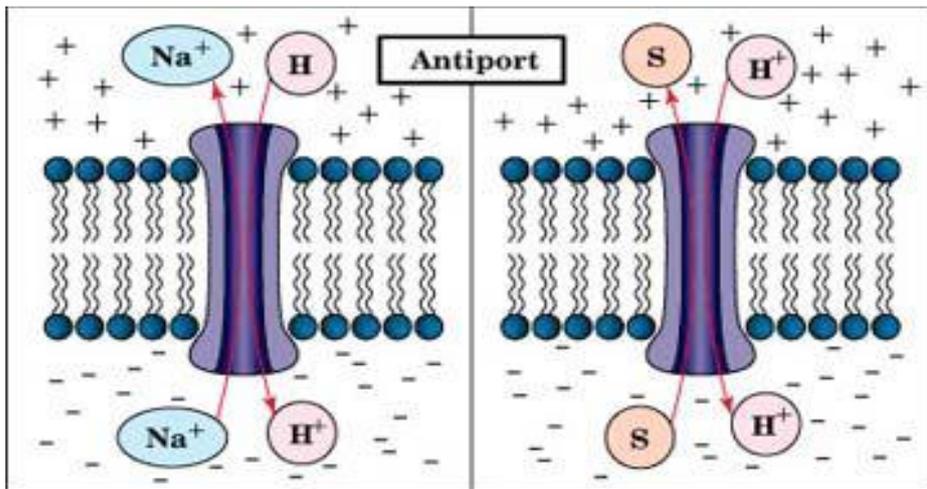
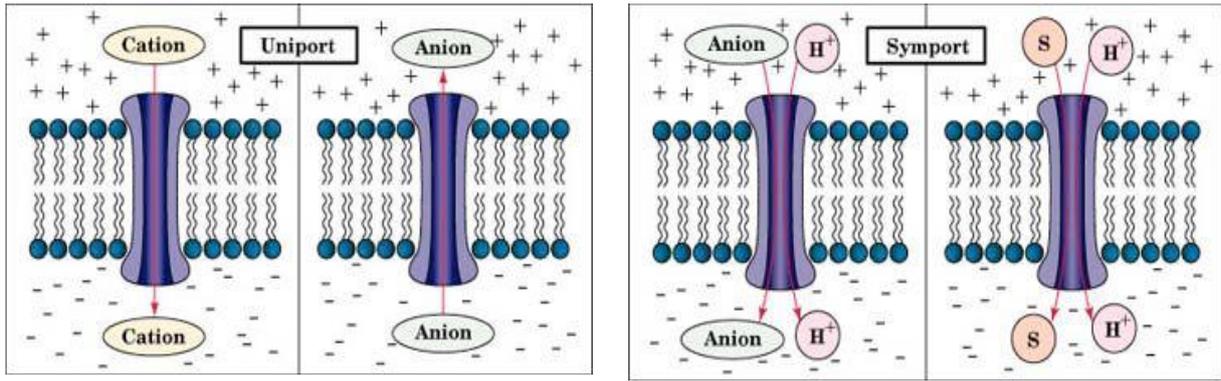


Transport passif se fait dans le sens d'un gradient et transport actif dans le sens contraire et nécessite de l'énergie.

Diffusion facilitée:

Elle concerne la perméabilité de diverses molécules polaires (oses, ion, acides aminés) qui passent à travers la membrane plasmique sous l'effet du gradient électrochimique. Ces substances sont prises en charge par des protéines porteuse (=Transporteurs) qui les délivrent à l'intérieur de la cellule. Il s'agit d'un mécanisme saturable.

Les Co-transports : Ils peuvent être distingués selon le nombre et le sens des molécules transportées, les uniports, les symports et les antiports ainsi que le mode de fonctionnement. Des protéines porteuses fonctionnant comme des systèmes uni port, symport ou antiport

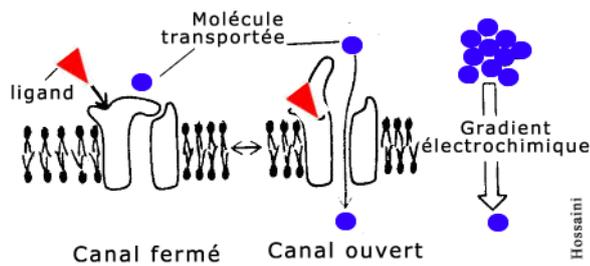


Transport par canaux protéiques à ouverture contrôlée

Ils existent des canaux protéiques qui normalement sont fermés. Ils ne s'ouvrent que de manière provisoire dans des conditions particulières. En s'ouvrant, ils laissent passer un ion ou un groupe d'ions particuliers (spécificité).

On en distingue deux types :

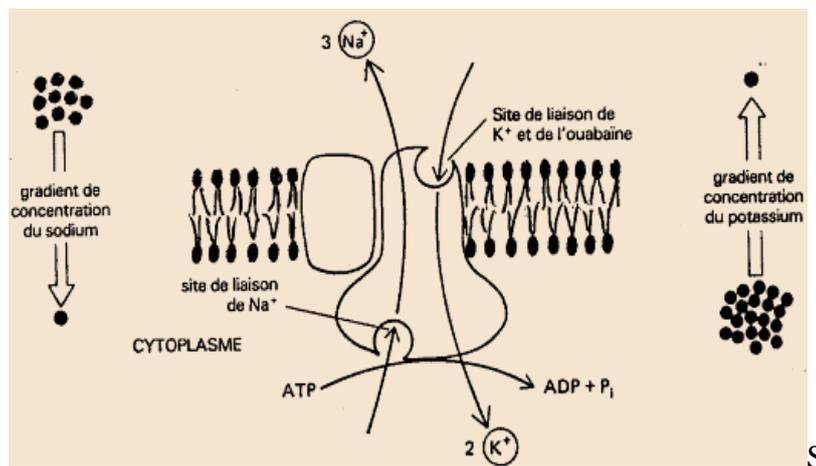
Canaux ioniques à ouverture contrôlée par le ligand ne permettant le passage des ions dans le sens du gradient de concentration qu'après la fixation du ligand.



Perméabilité active :

1. La pompe $\text{Na}^+ - \text{K}^+$:

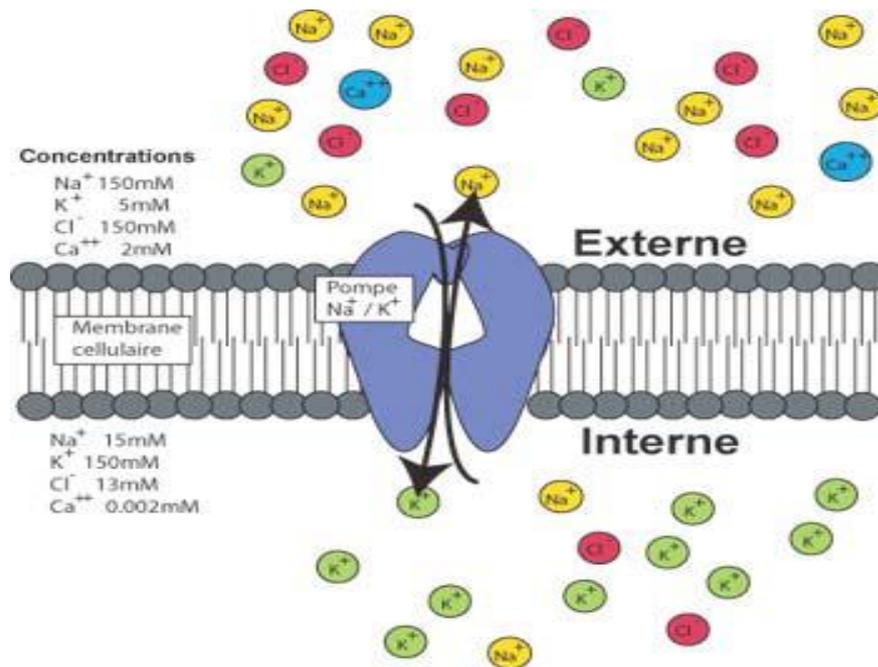
Pour les cellules animales, la composition du milieu extracellulaire est différente de celle du milieu intracellulaire et particulièrement pour les ions Na^+ et K^+ . Cette différence de répartition des ions est une des conditions de la vie cellulaire et joue un rôle dans l'excitabilité et nerveuse et musculaire.



L'enzyme (ATPase Na-K dépendante) est donc la protéine du transport. Il s'agit d'une protéine intégrée, formée de deux unités l'une unité catalytique capable de dégrader l'ATP et possédant des sites Na, K, en plus du site enzymatique et l'autre une glycoprotéine dont la fonction est inconnue.

2)- Le transport actif

Il est réalisé par une protéine transmembranaire (pompe membranaire) et l'ATP, lorsqu'on inhibe la production de l'énergie, les concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane s'égalisent lentement jusqu'à la mort de la cellule. Trois types de transports actifs sont bien connus à savoir la pompe Na^+/K^+ intervenant entre autres dans la génération de l'influx nerveux pompe Ca^{++} permettant la contraction musculaire et la pompe H^+ qui a une importance dans la récupération de l'énergie de la respiration.



Le transport particulaire

1)- Endocytose et exocytose :

a)- L'endocytose est un phénomène spécifique des cellules animales peuvent incorporer du matériel de leur environnement. Le sac membranaire formé par invagination de la membrane plasmique est une vacuole d'endocytose ou d'endosome.

b)- La pinocytose est un type d'endocytose où la cellule ingère une petite portion de liquide extracellulaire: la membrane plasmique s'invagine, formant, dans le cytoplasme, un long canal étroit à l'extrémité duquel des vésicules se détachent.

c)-Phagocytose et digestion cellulaire :

La phagocytose est un type d'endocytose, mécanisme, par lequel une cellule ingère des bactéries ou des fragments cellulaires qui se retrouvent enfermés dans un phagosome ou vacuole de phagocytose.

