

LA MEMBRANE PLASMIQUE

I - ORGANISATION STRUCTURALE DE LA MEMBRANE PLASMIQUE

A- GENERALITES

La membrane plasmique est la structure qui délimite une cellule et sépare donc le cytoplasme du milieu extérieur.

C'est un assemblage moléculaire :

- * qui représente une frontière qui isole le compartiment cellulaire du milieu extracellulaire.
- * qui régule et contrôle les échanges entre le milieu extérieur et intérieur.
- * qui est le siège de la réception de signaux.
- * qui joue un rôle majeur dans l'adhérence et la reconnaissance cellulaire.

B - ASPECTS MORPHOLOGIQUES

1 - Aspects au microscope optique

La membrane plasmique prend l'aspect d'une limite continue. Le pouvoir séparateur du microscope optique ne permet pas la mise en évidence des divers constituants de ce revêtement.

2 - Au microscope électronique

La membrane plasmique a un aspect trilamellaire à 2 couches denses séparées par une couche claire. Le feuillet dense externe présente, vers l'extérieur, des fibrilles très fines.

L'ensemble des couches correspond à la membrane plasmique alors que le revêtement fibreux représente le cell coat.



C - COMPOSITION CHIMIQUE

La membrane plasmique est une bicouche lipidique dans la quelle sont insérées des macromolécules de nature protéique. A certains lipides et certaines protéines sont associés, du coté extracellulaire, des oligosaccharides.

1 - Les lipides

Tous les lipides membranaires sont amphipatiques : ils possèdent une partie hydrophile et une partie hydrophobe.

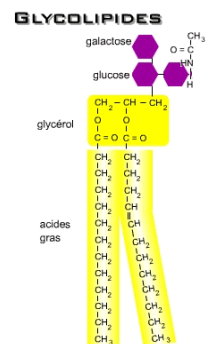
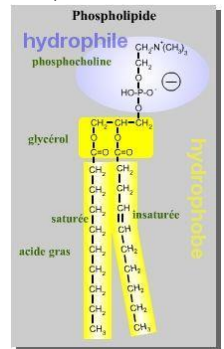
Les lipides rencontrés dans la membrane sont :

a/- Les phospholipides, ils dérivent du glycérol (les phosphoglycérides ou glycérophospholipides) ou de la sphingosine (les sphingolipides).

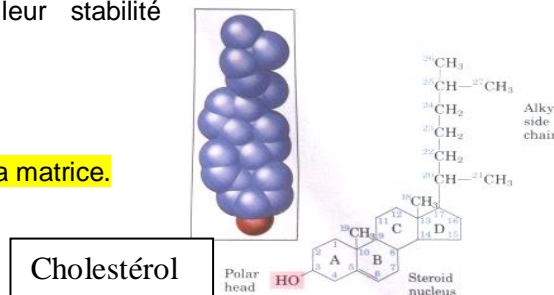
Les phospholipides sont de loin les plus nombreux des lipides membranaires. Ils comportent une tête phosphorylée hydrophile et une queue formée de deux chaînes d'acides gras hydrophobe;

b/- des glycolipides, lipides dont l'antenne oligosaccharidique est orientée vers le milieu extracellulaire.

c/- du cholestérol, un lipide de type stéroïde, dont la quantité a une influence sur la rigidité des membranes et leur stabilité mécanique;



Les lipides constituent l'élément architectural de la membrane, sa matrice.



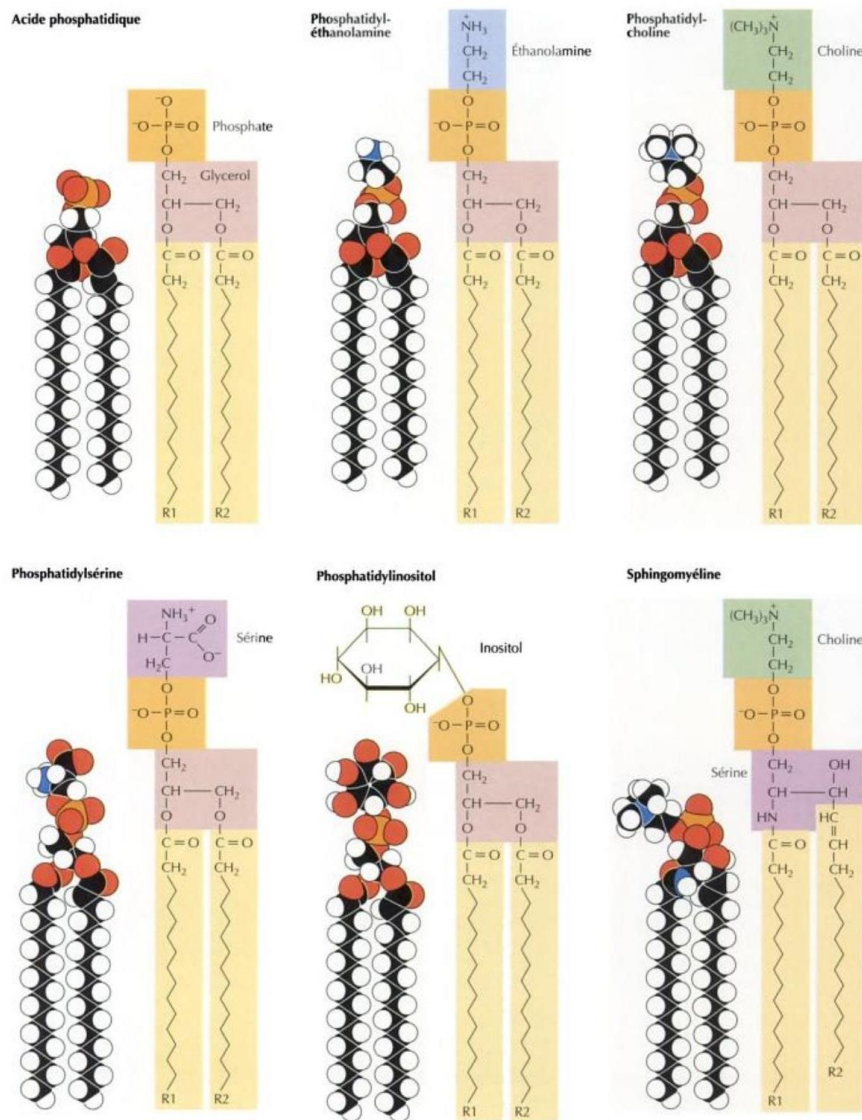
2 - Les protéines

Les protéines de la membrane plasmique sont nombreuses et très diversifiées. Certaines protéines s'associent à des glucides pour former des glycoprotéines.

En plus de leur rôle structural, les protéines ont des fonctions extrêmement variées : elles peuvent être des enzymes, des transporteurs, des perméases, des récepteurs pour les hormones, des antigènes (histocompatibilité, groupes sanguins...)

3 - Les polysaccharides

Ils sont présents au niveau des glycoprotéines et des glycolipides au niveau de la face extracellulaire.



Les principaux phospholipides des membranes cellulaires

Plasma membrane lipid composition by weight percent of mammalian red blood cells

lipid	species					
	pig	human	cat	rabbit	horse	rat
cholesterol	26.8	26.0	26.8	28.9	24.5	24.7
phosphatidylcholine	13.9	17.5	18.7	22.3	22.0	31.8
sphingomyelin	15.8	16.0	16.0	12.5	7.0	8.6
phosphatidylethanolamine	17.7	16.6	13.6	21.0	12.6	14.4
phosphatidylserine	10.6	7.9	8.1	8.0	9.4	7.2
phosphatidylinositol	1.1	1.2	4.5	1.0	0.2	2.3
phosphatidic acid	0.2	0.6	0.5	1.0	0.2	0.2
lysophosphatidylcholine	0.5	0.9	0.2	0.2	0.9	2.6
glycosphingolipids	13.4	11.0	11.9	5.3	23.5	8.3

LIPID	PERCENTAGE OF TOTAL LIPID BY WEIGHT					
	LIVER CELL PLASMA MEMBRANE	RED BLOOD CELL PLASMA MEMBRANE	MYELIN	MITOCHONDRION (INNER AND OUTER MEMBRANES)	ENDOPLASMIC RETICULUM	E. COLI BACTERIUM
Cholesterol	17	23	22	3	6	0
Phosphatidylethanolamine	7	18	15	25	17	70
Phosphatidylserine	4	7	9	2	5	trace
Phosphatidylcholine	24	17	10	39	40	0
Sphingomyelin	19	18	8	0	5	0
Glycolipids	7	3	28	trace	trace	0
Others	22	13	8	21	27	30

D - ORGANISATION MOLECULAIRE

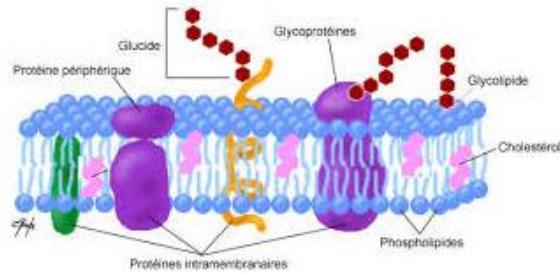
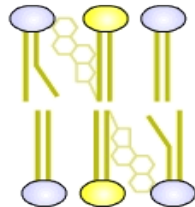
1 - Disposition des molécules

a - Disposition des lipides

Les lipides sont disposés en 2 couches. Chaque couche est formée de 2 parties

- une partie hydrophile appelée tête
- une partie hydrophobe appelée queue

Ces 2 couches sont orientées de telle façon que les queues se font face vers l'intérieur de la membrane alors que les têtes sont dirigées, les unes vers le milieu extracellulaire et les autres vers le milieu intracellulaire. Parmi les têtes dirigées vers le milieu extracellulaire, certaines sont liées à des groupements glucidiques (glycolipides).



b - Disposition des protéines

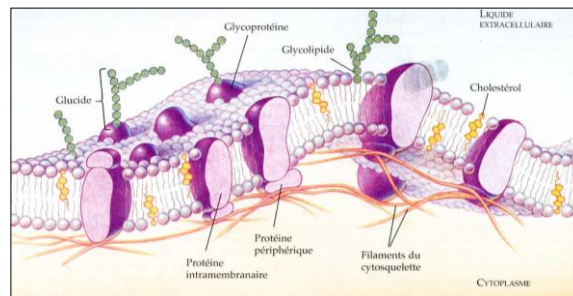
Les protéines sont plus ou moins enfoncées dans la double couche lipidique. On distingue 2 catégories extrêmes de protéines membranaires :

- les protéines faciles à extraire, faiblement liées à la membrane plasmique. Ce sont les protéines extrinsèques ou périphériques
- les protéines fortement liées à la membrane plasmique. Ce sont les protéines intrinsèques ou intégrées.

c - Disposition des polysaccharides

Les groupements glucidiques s'associent aux lipides et aux protéines du côté de la face externe du revêtement cellulaire.

La disposition des différents types de lipides, celle des protéines, la localisation des glycolipides et des glycoprotéines confèrent au revêtement cellulaire une certaine **asymétrie**.



E - FLUIDITE MEMBRANAIRE ET MOBILITE DES MOLECULES

Le modèle "en mosaïque fluide" doit être compris dans son aspect dynamique. Les différentes molécules du revêtement cellulaire n'ont pas une disposition fixe et définitive; elles sont animées de mouvements divers.

1 - Mouvements des molécules lipidiques

Elles peuvent effectuer 4 types de mouvements :

a - mouvement de diffusion latérale

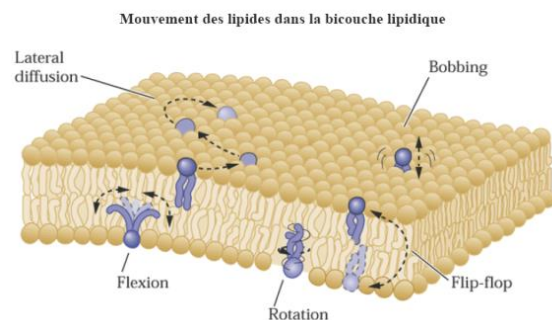
où les molécules lipidiques changent facilement de place avec leurs voisines à l'intérieur d'une même monocouche

b - mouvement de rotation

où les molécules lipidiques individuelles sont capables d'effectuer des mouvements de rotation très rapides autour de leurs axes

c - mouvement de flexion :

les queues sont flexibles et le plus grand degré de flexion est atteint près du centre de la double couche, à l'extrémité de la queue



d - mouvement de bascule

correspond à la migration des molécules lipidiques d'une monocouche à l'autre. Ce mécanisme de flip-flop est très rare par rapport aux autres types de mouvement (moins d'une fois toutes les 2 semaines)..

2 - Mouvements des molécules protéiques :

Les protéines ne sont pas aussi mobiles que les lipides. Cependant, dans diverses conditions (abaissement du pH...), certaines protéines sont capables de mouvements de **translation** et peuvent former des agrégats protéiques transportés par des radeaux lipidiques.

II - FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES

Un des rôles essentiels de la membrane plasmique est le contrôle du passage de substances entre les milieux intra et extracellulaire, la réception et le transfert d'informations entre ces 2 milieux et la reconnaissance et l'adhérence cellulaire

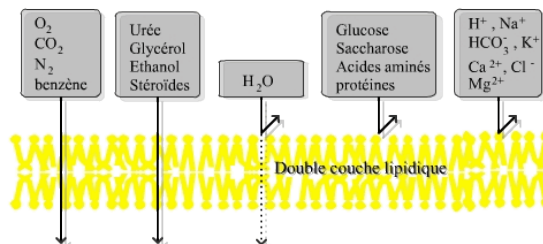
A - TRANSPORT TRANSMEMBRANAIRE

A1 - Généralités

Une des fonctions importantes pour la cellule est de pouvoir contrôler les passages à travers sa membrane (entrée de substances nutritives, sortie des déchets, passage des ions de façon à maintenir une concentration ionique optimale).

1 - Transport à travers les membranes artificielles

Les bicouches lipidiques sont extrêmement imperméables à la plupart des molécules polaires, à tous les ions et aux particules et aux macromolécules de haut poids moléculaire. Elle ne se laisse traverser que par l'eau et les molécules hydrophobes, non polaires (liposolubles). La traversée de la membrane se fait par simple diffusion dans le sens du gradient de concentration. La vitesse de diffusion dépend de la taille de la molécule et de sa solubilité relative dans les lipides.



2 - Transport à travers les membranes biologiques

Comme les membranes artificielles, les membranes biologiques laissent passer l'eau et les molécules non polaires par simple diffusion. Mais contrairement aux membranes artificielles, les membranes biologiques ont recours à la diffusion accélérée et facilitée et au transport actif pour le passage des petites molécules hydrosolubles et des ions.

Quant au transport membranaire des macromolécules et des particules, il implique une déformation de la membrane plasmique avec formation puis fusion des vésicules (endocytose et exocytose).

A2 - Transport des ions et des petites molécules

1 - Transport passif

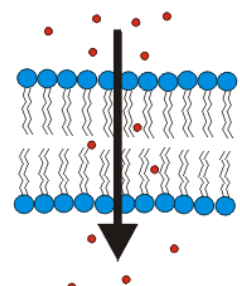
Une molécule est capable de diffuser à travers la double couche lipidique dans le sens de son gradient de concentration (du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré) et par la différence de potentiel (gradient électrique). Ces 2 gradients constituent le gradient électrochimique. Dans ce type de transport qui s'effectue sans consommation d'énergie, on distingue :

- la diffusion simple
- la diffusion facilitée et accélérée

a - Diffusion simple

Certaines molécules peuvent traverser la membrane plasmique par diffusion simple. Ce mode constitue le moyen le plus simple par lequel les molécules peuvent traverser la membrane plasmique.

Parmi les substances les plus importantes pour le métabolisme cellulaire qui traversent la membrane plasmique par simple diffusion, on trouve l'eau et les gaz dissous (oxygène et gaz carbonique).



b - Diffusions accélérée et facilitée

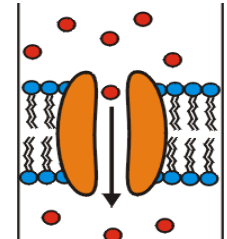
Dans ce type de diffusion, il y a **intervention des protéines transmembranaires** qui ont la capacité de faciliter le passage de certaines substances et d'augmenter leur vitesse de pénétration.

Ces protéines transmembranaires agissent de 2 manières :

- par **canaux protéiques**
- par **protéines porteuses**

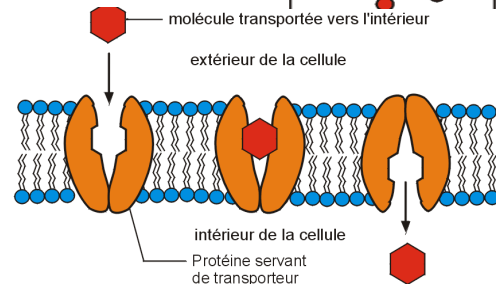
b1 - Diffusion Canaux protéiques

Ce transport fait intervenir des protéines spécifiques intégrées dans la membrane. Elles forment des pores aqueux à travers la double couche et permettent à des ions inorganiques de traverser la membrane dans le sens de leur gradient électrochimique (canaux ioniques).



b2 - Diffusion par Protéines porteuses

C'est l'exemple du transport de nombreux oses et acides aminés. Il fait intervenir des protéines porteuses transmembranaires. Ces protéines, appelées, porteuses ou perméases, fixent le soluté spécifique et subissent un changement de conformation ou de configuration réversible pour faire passer la molécule transportée d'un côté à l'autre de la cellule. Ex. Transport facilité du glucose.



2 - Transport actif

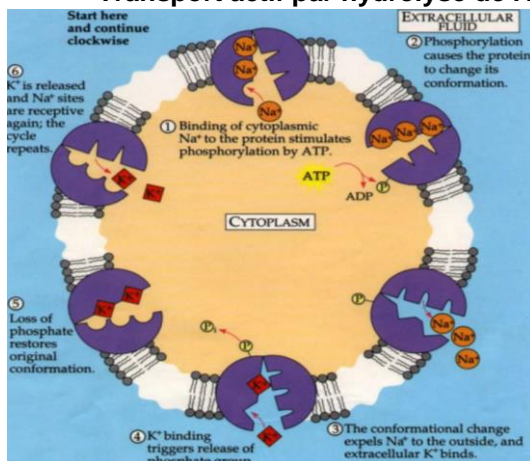
1a/ Pompes à ATP

Certaines protéines porteuses fonctionnent comme des pompes qui entraînent activement les solutés et leur font traverser la membrane contre leurs gradients électrochimiques (contre courant) : c'est un transport actif.

L'activité de pompage de la protéine nécessite une source d'énergie métabolique provenant de l'hydrolyse de l'ATP.

Certaines protéines porteuses ne transportent qu'un seul soluté d'un côté à l'autre de la membrane : système uniport. D'autres véhiculent simultanément ou consécutivement deux solutés dont le transfert de l'un dépend du transfert de l'autre. Ce transport couplé ou cotransport se fait soit dans la même direction (système symport), soit dans 2 directions opposées (système antiport).

- Transport actif par hydrolyse de l'ATP : Pompe Na⁺-K⁺



Cette pompe fonctionne en pompant activement

Na⁺ vers l'extérieur de la cellule et K⁺ vers l'intérieur contre leurs gradients électrochimiques. L'énergie nécessaire au fonctionnement de cette pompe est fournie par l'hydrolyse de l'ATP faisant intervenir une enzyme ou protéine porteuse appelée ATPase Na⁺-K⁺.

1b/ Couplage du transport actif à des gradients ioniques existants

L'établissement de gradients de *concentration*, par exemple en Na⁺, K⁺ et H⁺, est un moyen de stocker l'énergie dans la cellule. La cellule utilise l'énergie potentielle emmagasinée dans les gradients ioniques pour effectuer un travail, comme le transport d'autres solutés.

Prenons le glucose qui se déplace à travers la membrane plasmique des cellules épithéliales qui font face à la lumière de l'intestin contre un gradient de concentration par cotransport avec des ions sodium. On dit que les molécules de glucose sont poussées par un système de *transport actif secondaire*.

Exemple :le transport du glucose fait appel selon les cellules à des transporteurs actifs ou passifs qui peuvent coopérer:

- La cellule intestinale doit puiser le glucose dans le tube digestif où la concentration peut être faible: elle doit utiliser un système de transport actif. Le principe est identique à celui des acides aminés: c'est un co-transport avec le gradient sodique comme source d'énergie.

- le symport glucose-Na est localisé dans la membrane apicale de l'entérocyte. face à la lumière intestinale : il permet l'entrée d'une molécule de glucose couplée à un ion Na⁺.
- la Na⁺/K⁺-ATPase est localisée dans la membrane basolatérale de la cellule: elle expulse le Na⁺ pour maintenir un taux constant de Na⁺ intracellulaire (maintien d'un gradient sodique entre la lumière intestinale et l'intérieur de la cellule) : elle permet l'absorption du Na⁺ par l'organisme.
- une protéine transporteuse de la membrane basolatérale permet le transport du glucose de la cellule vers le milieu interstitiel et le sang par diffusion facilitée.
- Les autres cellules de l'organisme puisent le glucose dans le plasma ou dans le liquide interstitiel où la concentration est élevée (0.8 - 1g/l) et constante. L'entrée du glucose se fera par des perméases assurant une diffusion facilitée selon le gradient de concentration.

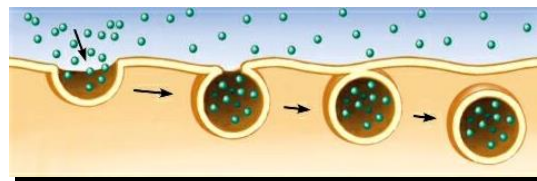
A3 - Transport de macromolécules et de particules (transports cytotiques ou cytosés par voie vésiculaire)

Le passage des macromolécules (polynucléotides, polysaccharides, polypeptides...) fait intervenir un autre mode de transport : c'est le transport cytotique ou cytose.

Au niveau de la région où se fait l'échange, la membrane plasmique subit une déformation visible au microscope électronique. Dans ce transport cytotique qui implique la formation de vésicules, on distingue 2 grands types suivant que la membrane est ingérée ou restituée : l'endocytose et l'exocytose.

1 - L'Endocytose :

l'endocytose consiste à ingérer ou à incorporer composés extérieurs à la cellule à la suite de l'invagination d'une petite région de la membrane plasmique. Cette dernière entoure progressivement le composé ingéré et se referme; il se forme ainsi une vésicule ou vacuole intracellulaire contenant le matériel ingéré.



des

En fonction de la taille des vésicules formées, on distingue 2 types principaux d'endocytose :

a - Pinocytose

a1 - Pinocytose par puits recouverts

La pinocytose débute au niveau des régions spécialisées de la membrane plasmique appelées puits recouverts. Au microscope électronique, ces régions apparaissent, en effet, sous forme de dépressions de la membrane plasmique d'aspect hérissé du côté du cytosol. Ces dépressions occupent environ 2% de la surface totale de la membrane plasmique

La pinocytose par puits recouverts constitue le principal mode de pinocytose.

a2 - Pinocytose par puits recouverts et par récepteurs

Chez la plupart des cellules animales, les puits recouverts présentent des récepteurs spécifiques qui fixent les particules en suspension; les complexes récepteurs-macromolécules ainsi formés pénètrent dans la cellule dans des vésicules de pinocytose recouvertes. Ce type de pinocytose par les récepteurs permet à la cellule de prélever du milieu extracellulaire des macromolécules spécifiques.

b - Phagocytose

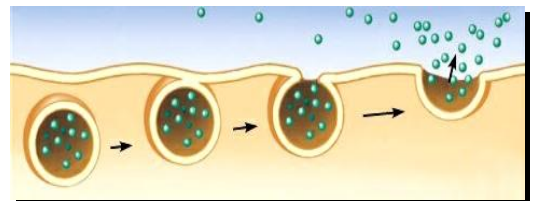
C'est une forme particulière d'endocytose où des particules de grandes dimensions sont incorporées (ingérées) par l'intermédiaire de vésicules de grande taille appelées phagosomes.

La phagocytose constitue une forme d'alimentation chez les Protozoaires (amibe, ciliés...).

Chez les organismes pluricellulaires, la phagocytose est accomplie par des cellules spécialisées.

2 - Exocytose

l'exocytose correspond à l'excrétion de produits de déchets ou à la sécrétion de substances synthétisées par la cellule elle-même par l'intermédiaire de vésicules. Ces vésicules, d'origine intracellulaire, fusionnent avec la membrane plasmique, restituant ainsi à cette membrane l'équivalent des parties prélevées au cours de l'endocytose. Ces vésicules s'ouvrent ensuite dans le milieu extracellulaire libérant ainsi les produits d'excrétion ou de sécrétion.



Les protéines, synthétisées dans les cavités du réticulum endoplasmique granulaire, sont transportées au niveau de l'appareil de Golgi pour être emballées (empaquetées) dans les vésicules de sécrétion et libérées dans le milieu extracellulaire par exocytose. Ces protéines de sécrétion suivent 2 voies, l'une constitutive et l'autre provoquée.