

# Cours de cytophysiologie

## La Membrane plasmique

Présentés par l'Enseignante : Dr . ALLAOUI . A  
Doctorat en Maîtrise des facteurs de la reproduction chez les Herbivores  
Année universitaire 2023 – 2024.

# Chapitre III: La membrane plasmique

## 1. Structure élémentaire de la membrane plasmique

## 2. Rôles physiologiques de la membrane

### 2.1. Transport membranaire

#### 2.1.1. La perméabilité

- Transport passif
- Transport actif

#### 2.1.2 Les échanges de macromolécules

- Endocytose
- Exocytose

# **I. Structure élémentaire de la membrane plasmique**

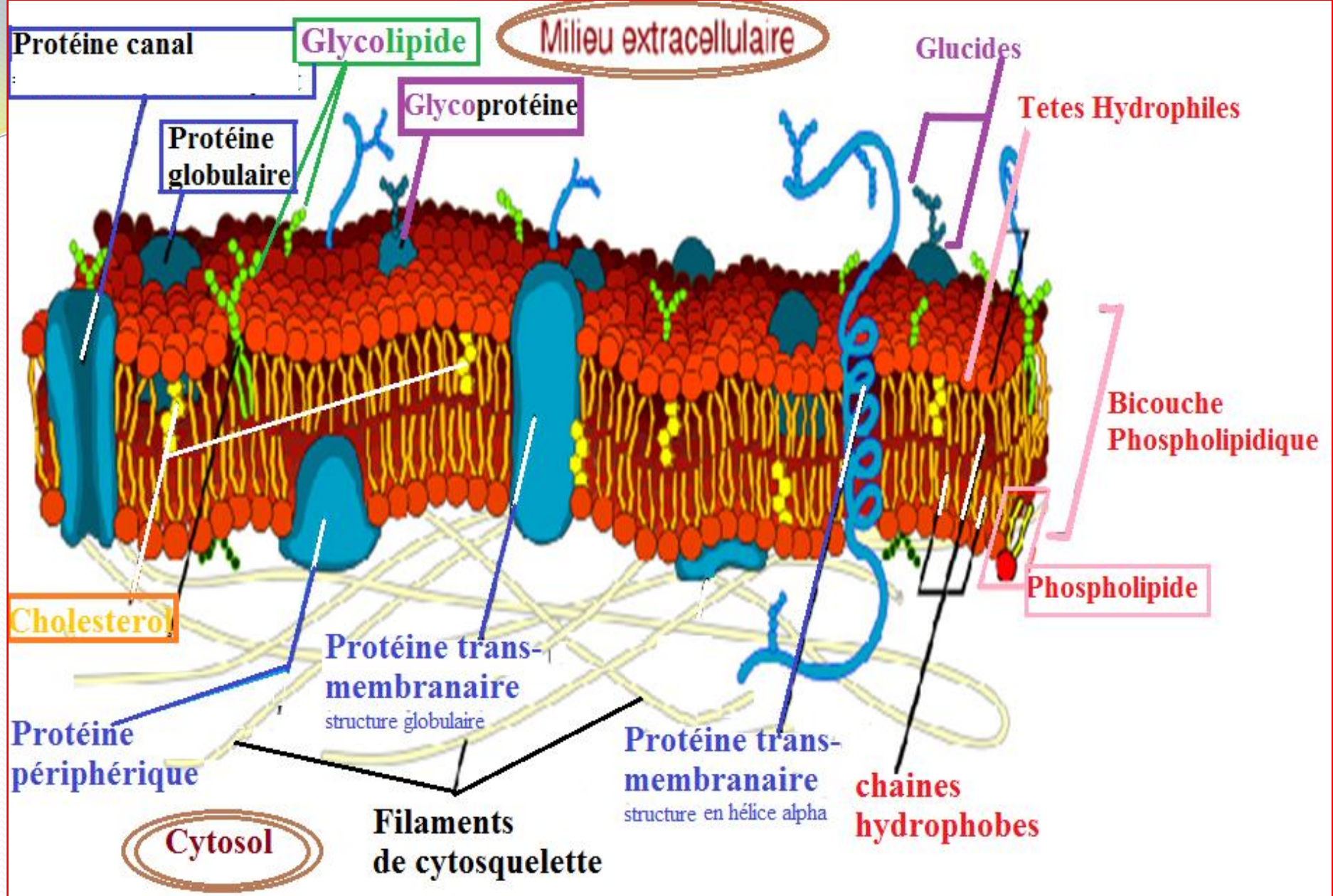
# Pré requis

## Savoir que

- Tout être vivant (donc tout organisme) est soit une cellule isolée, soit une association de plusieurs cellules.
- La cellule est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice de tout être vivant : **c'est un compartiment entouré par une membrane plasmique dans lequel sont regroupées toutes les molécules du vivant (cytosol + organites + matériel génétique).**
- Sans cette membrane les biomolécules cellulaires seraient diluées dans le milieu environnant.

# Objectifs du cours

- Etre capable de décrire la structure **et la composition** biochimique (lipides (**Phospholipides, cholestérol**) et (glyco)protéines) de la membrane cytoplasmique **des cellules Eucaryotes**.
- Etre capable de décrire les principales fonctions physiologiques de la membrane plasmique
- Comprendre la nécessité pour la cellule de posséder une membrane lipidique



**Figure : Modèle de la mosaïque fluide modèle de Singer et Nicholson**

# Définition

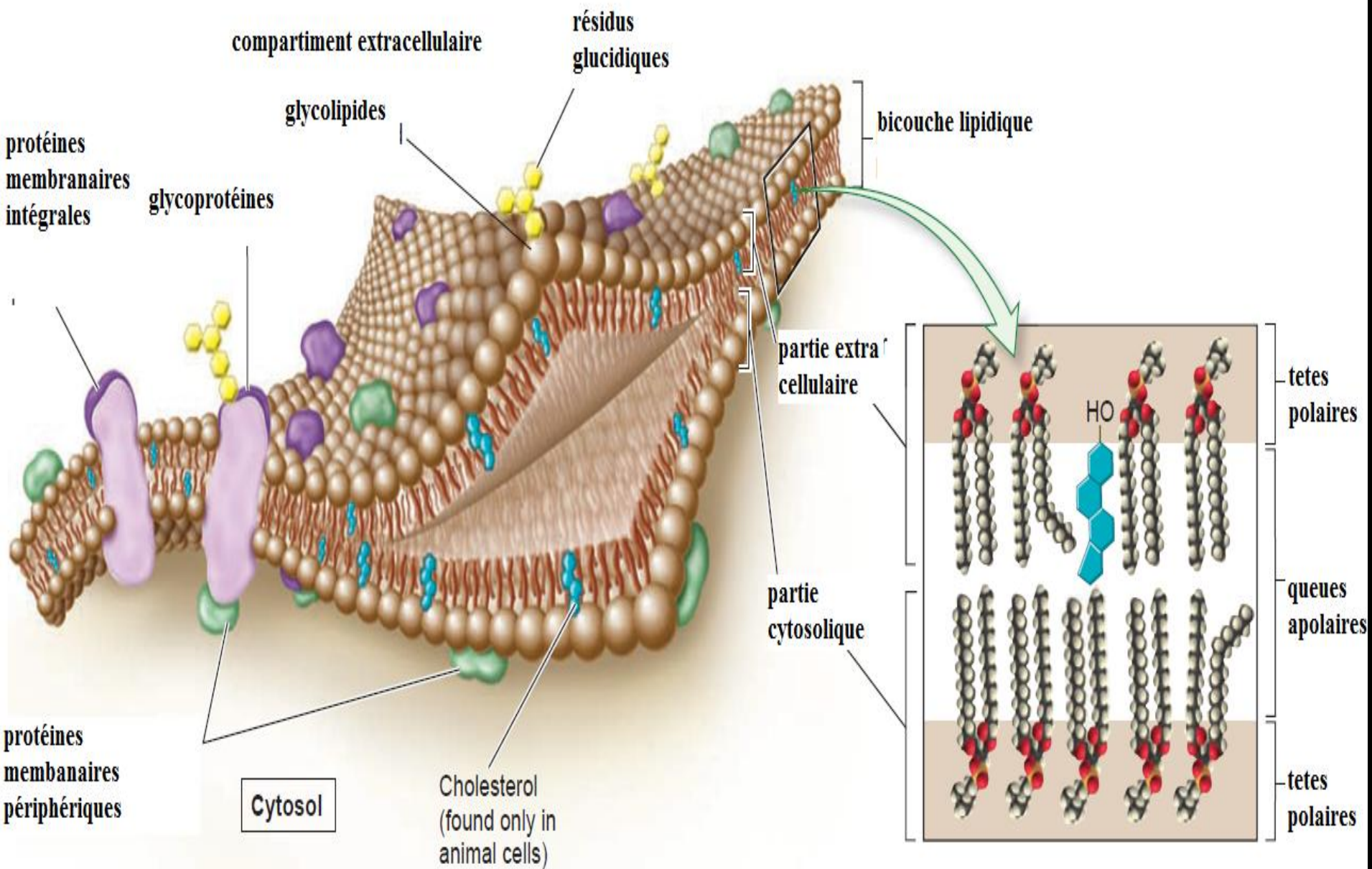
- **Membrane cellulaire, cytomembrane, ou membrane plasmique, ou encore plasmalemme, est une enveloppe biologique continue qui sépare le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire,**
- **La membrane cytoplasmique sépare mais n'isole pas la cellule de son environnement,** car elle interagit localement avec la matrice extracellulaire
- Cette enveloppe donne à la cellule sa forme

# Caractéristiques générales

- 1) C'est une structure **fluide bidimensionnelle**: les lipides (essentiellement des phosphoglycérolipides) sont organisés en bicouche.
- 2) Elle est constituée d'une « **mosaïque** » : des macromolécules de nature protéique et/ou glycoprotéique sont insérés dans la bicouche
- 3) La membrane plasmique est organisée de **manière asymétrique**
- 4) La membrane plasmique **ne présente pas une composition chimique homogène**
- 5) La plasmalemmme est en **continuité transitoire avec le système endomembranaire** (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi et lysosomes)

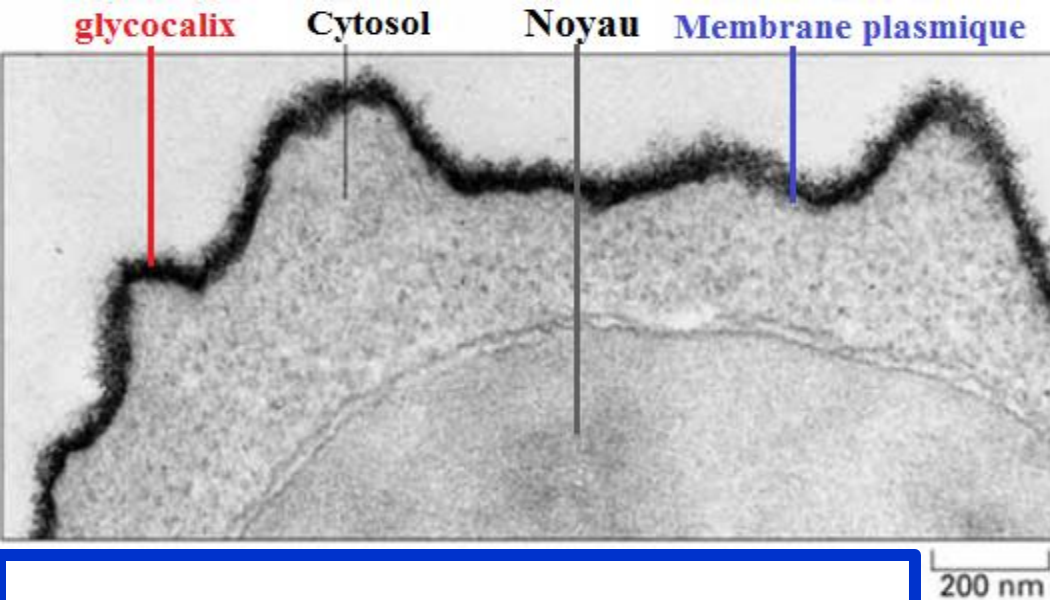


- 1) La membrane plasmique est **une structure fluide bidimensionnelle**
- 2) Elle est constituée d'une « **mosaïque** »

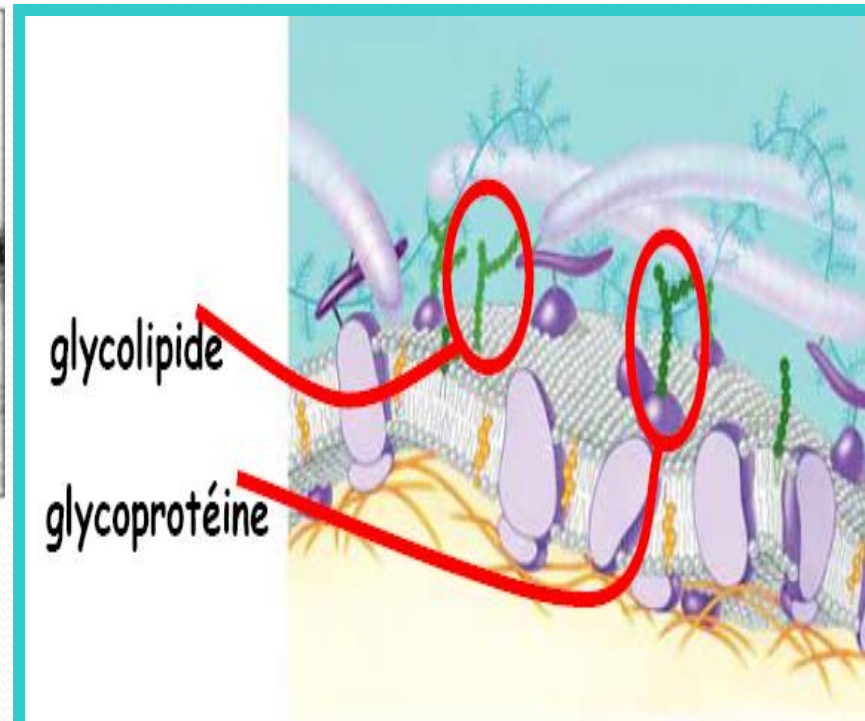


### 3) La membrane plasmique est organisée de manière **asymétrique**

Au feuillet externe est accroché un **revêtement fibrillaire** appelé **cell-coat (manteau ou couverture cellulaire) ou glycocalyx**. Il s'agit d'un film de matériel essentiellement glycoprotéique dont les fibrilles sont disposées perpendiculairement au plan de la membrane. ★



**Figure : La glycocalyx vue en microscopie électronique**



### 3) La membrane plasmique est organisée de manière **asymétrique**

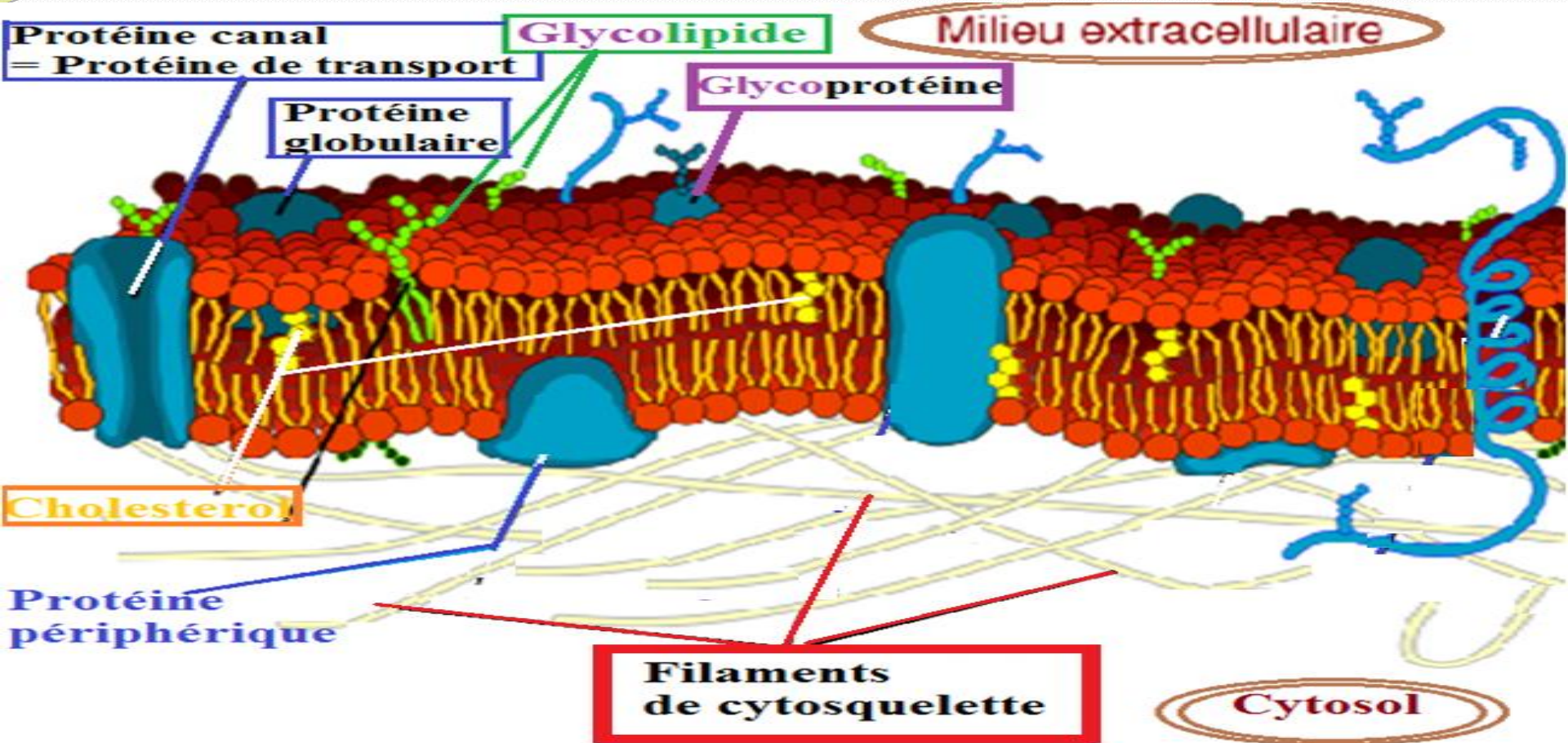
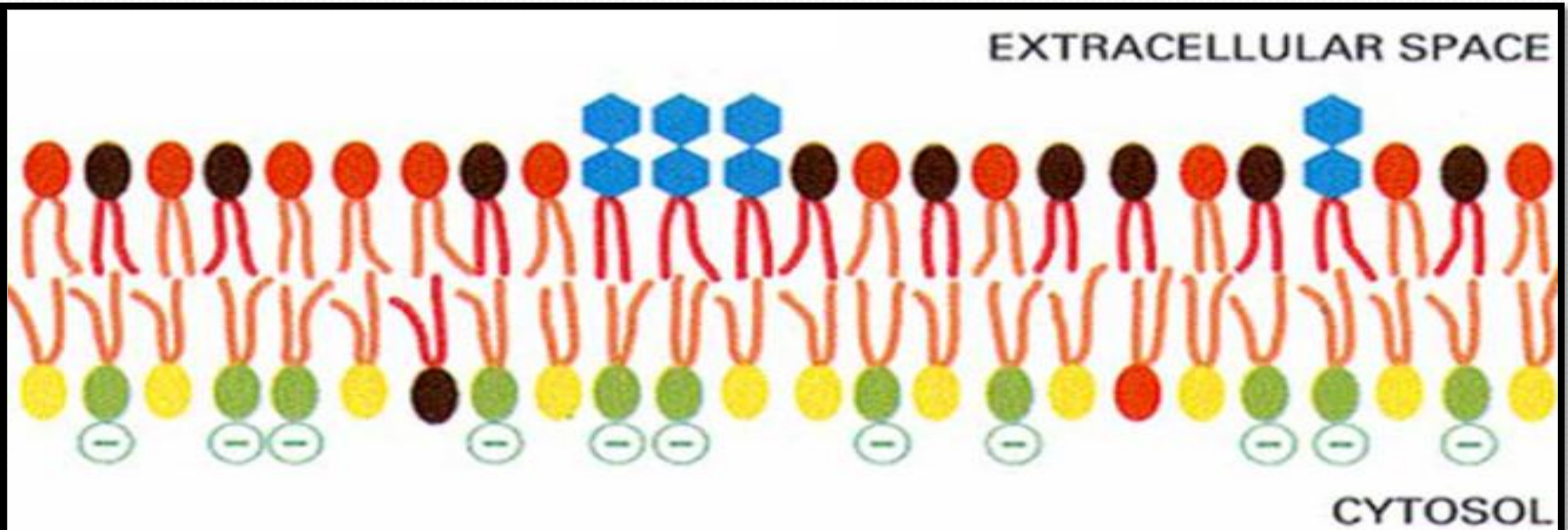


Figure : Modèle de la mosaïque fluide modèle de Singer et Nicholson →

Le feuillet interne porte du côté hyaloplasmique un **feutrage micro filamentaire** qui unit la membrane plasmique au **cytosquelette**.

#### 4) La membrane plasmique ne présente pas une composition chimique homogène

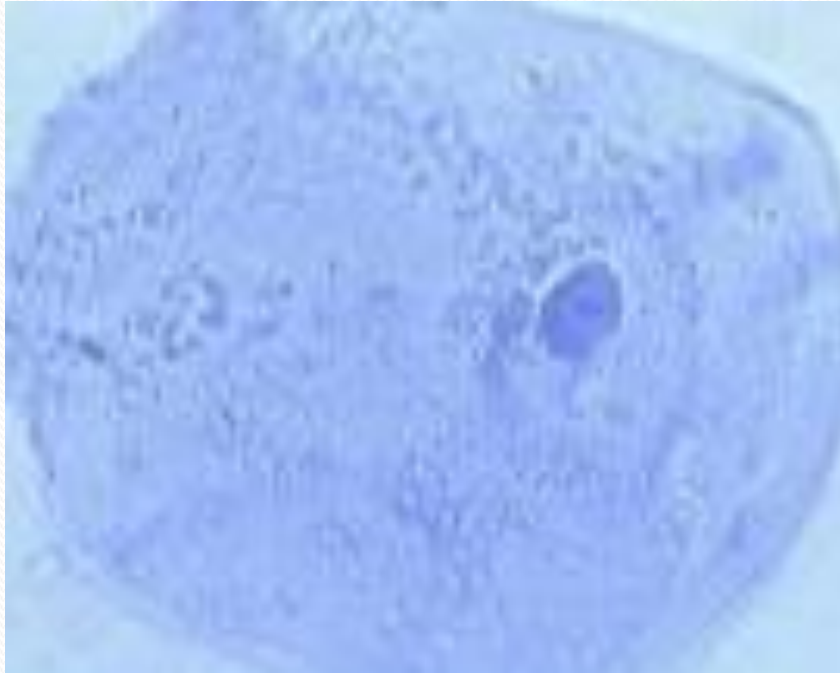


	<i>extérieur</i>	<i>intérieur</i>
<b>Phosphatidylserine</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
<b>Phosphatidylethanolamine</b>	<b>10</b>	<b>90</b>
<b>Phosphatidylcholine</b>	<b>90</b>	<b>10</b>
<b>Glycolipides</b>	<b>100</b>	<b>0</b>



# Ultra structure

Au **Microscope Optique (MO)** → cadre cellulaire avec des replis associés aux structures intracellulaire.



**Cellule buccale observée au microscope optique**

Grossissement : \*400




**Cellule d'oignon rouge observée au microscope optique**

Grossissement \* 300

# Au Microscope Electronique (ME)

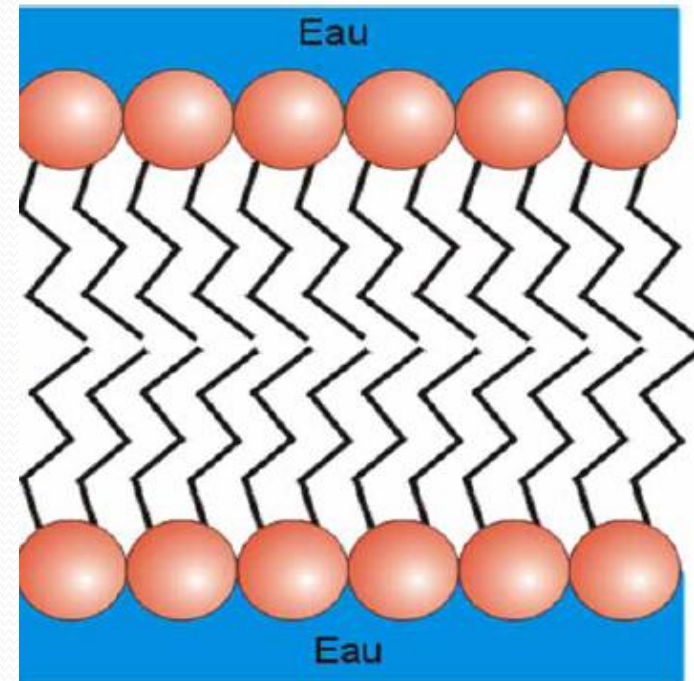
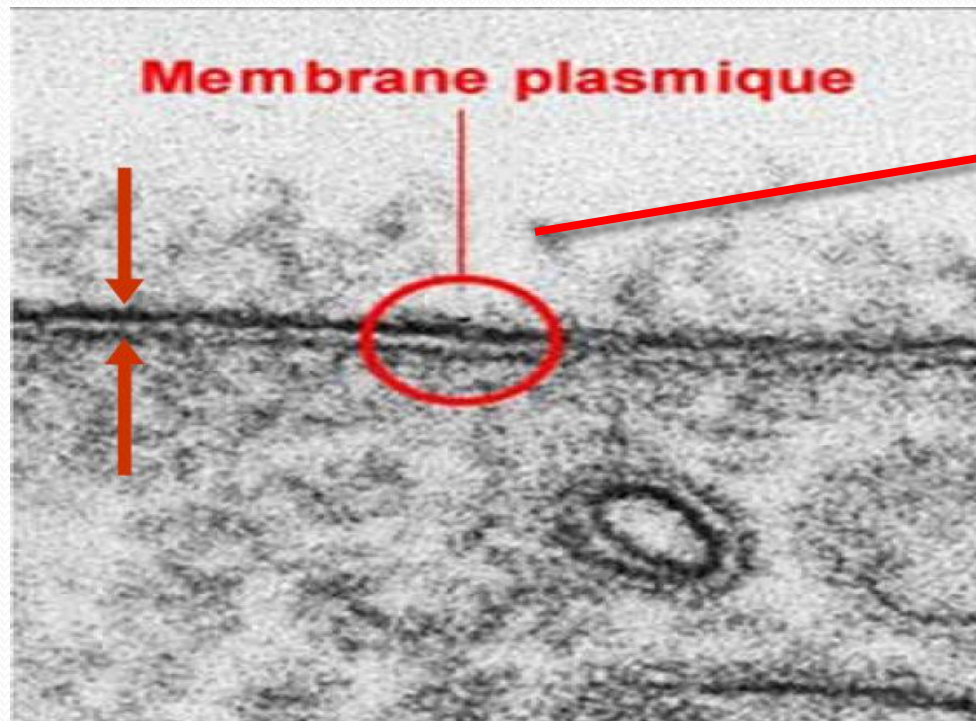
➤ À faible grossissement → la membrane aura l'aspect d'une ligne sombre



➤ À fort grossissement  La membrane apparaît tri-stratifiée, d'épaisseur 50 à 100 Å° ( 8nm)

▪ Deux **feuilletts denses (osmiophiles)** (hydrophile) de 20 à 25 Å° chacun (Un ångström= 0,1 nanomètre, soit  $10^{-10}$  mètre), l'un **externe** (espace extracellulaire), l'autre **interne** en regard du cytoplasme.

Un **feuillet clair (osmiophobe)** de 30 à 40Å°



# composition chimique de la cytomembrane

- Elle est constituée très majoritairement de : lipides et protéines

- Évalué, en moyenne du poids sec, la membrane plasmique est composée de :

≈ 40%  
de lipides

≈ 50%  
de protéines

8% de glucides



Ces proportions varient d'une cellule à l'autre, mais en générale le **rapport des masses protéines/lipides est voisin de 1** pour la majorité des membranes plasmiques

**Tableau : Comparaison des compositions chimiques globales de différents types de membranes biologiques.**

<b>Membrane</b> %	<b>Membrane plasmique d'érythrocyte (globule rouge ou hématie)</b>	<b>Membrane plasmique Myélinique d'un neurone</b>	<b>Membrane interne de mitochondrie</b>
<b>Protéines</b>	<b>50</b>	<b>18</b>	<b>76</b>
<b>Lipides totaux</b>	<b>42</b>	<b>79</b>	<b>24</b>
<b>Glucides</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

- Suivant les types de membranes, on compte de 10 à 100 molécules de lipides pour une molécule de protéine.
- Les glucides existent sous la forme de glycoprotéines et de glycolipides.

# **I- Les Lipides membranaires**

# **I- Les Lipides membranaires**

- **De part leur nombre important, les lipides confèrent à la membrane cytoplasmique son squelette et sa structure caractéristique**
- **Ils ont la propriété de s'associer de façon spontanée par autoassemblage et par des liaisons hydrophobes pour former une double couche lipidique.**

# Classes de lipides membranaires

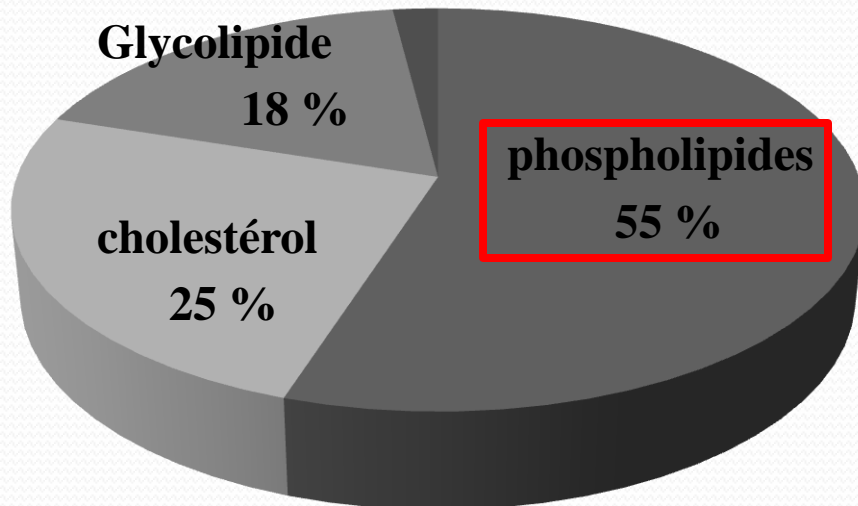
On distingue trois catégories principales de lipides membranaires :

**I. 55 % phospholipides**

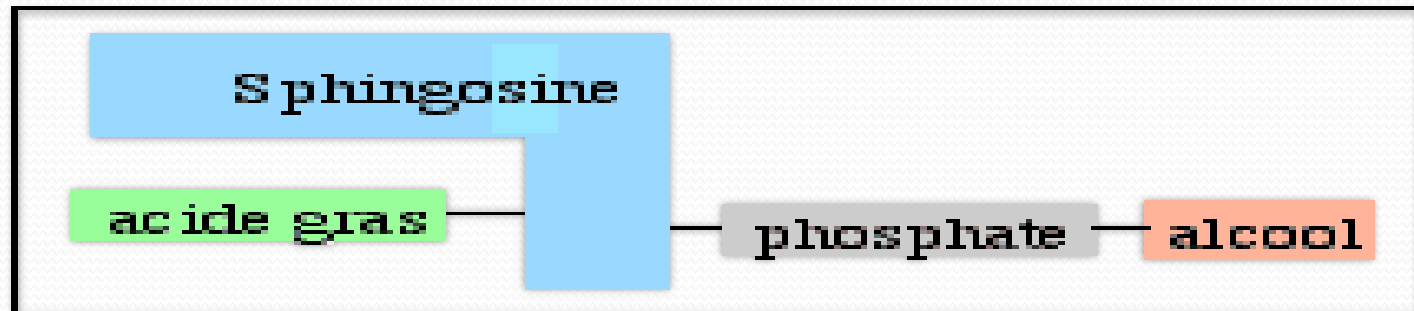
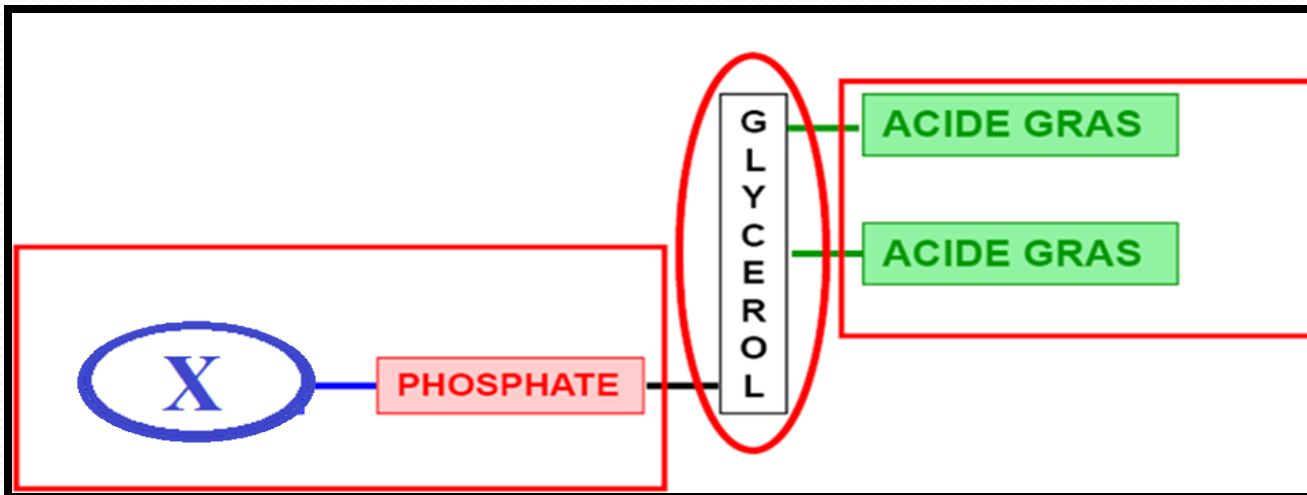
**II. 25 % cholestérol**

**III. 18 % glycolipides**

2% acides gras  
libres



# A. Les Phospholipides

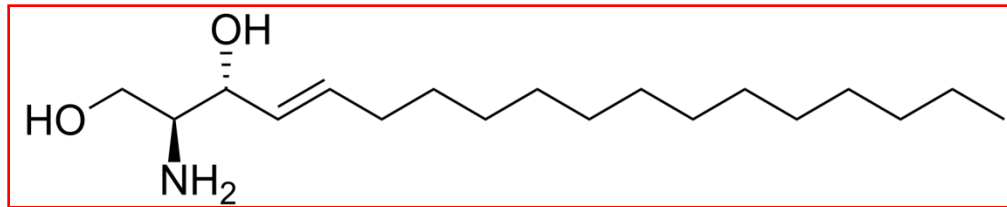


- Ce sont des molécules complexes contenant, outre C, H et O, **du phosphore** et éventuellement de l'azote.

- L'alcool, qui est lié à un ou deux acides gras, est soit **le glycérol** ( $\text{HOH}_2\text{C}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ),

soit un alcool aminé à chaîne grasse (chaîne hydrocarbonée) : **la sphingosine**

( $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O}_2\text{N}$ )



- On parle donc, selon le cas, de :

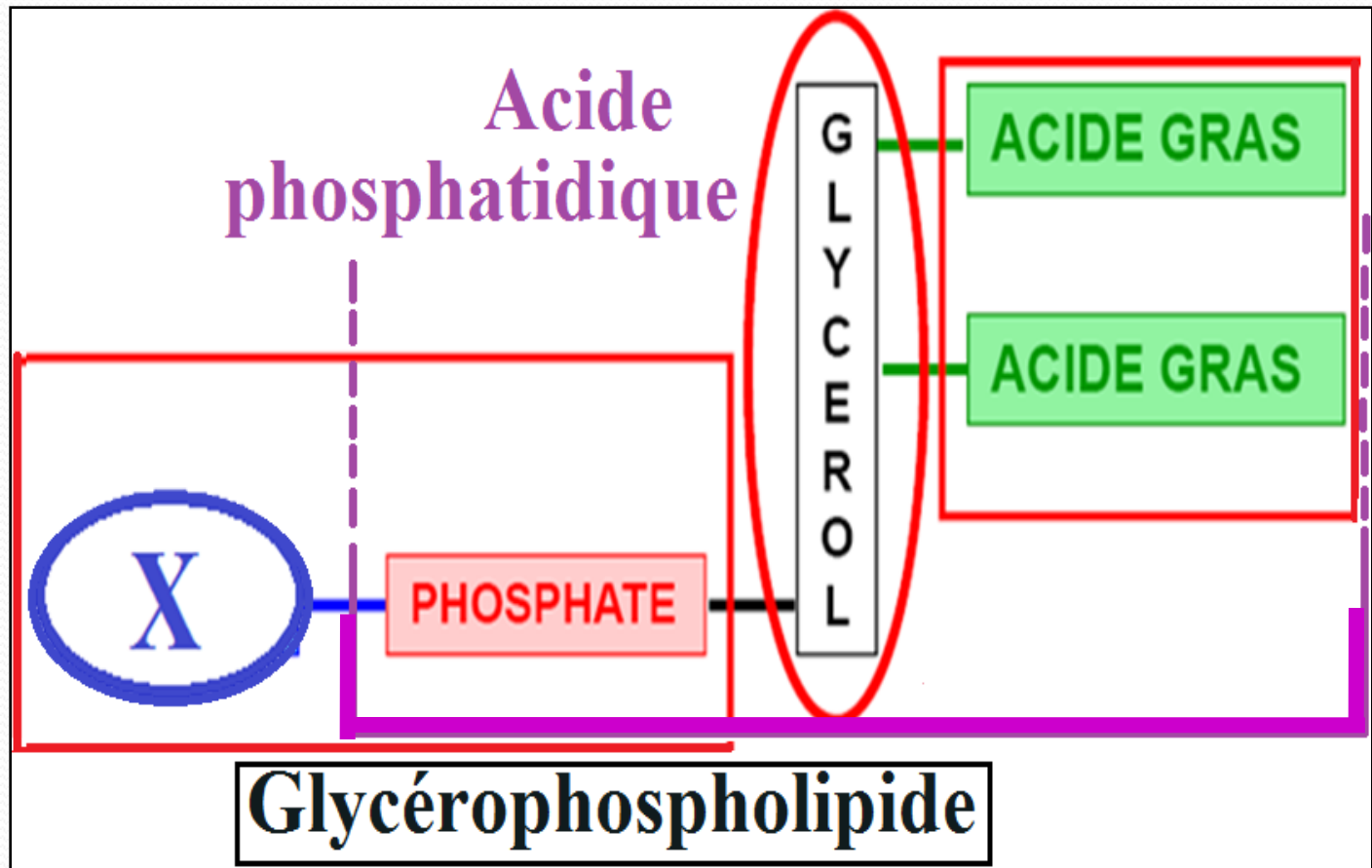
- **Glycérophospholipide** (les plus abondants).
- **Sphingophospholipide.**



Symbole des phospho-glycérolipides

# 1) Glycérophospholipide

Les trois fonctions alcool du **glycérol** sont estérifiées par **deux acides gras** et **le phosphate**, constituant ainsi **l'acide phosphatidique**



La dernière **molécule (X)** confère son identité au lipide en question.



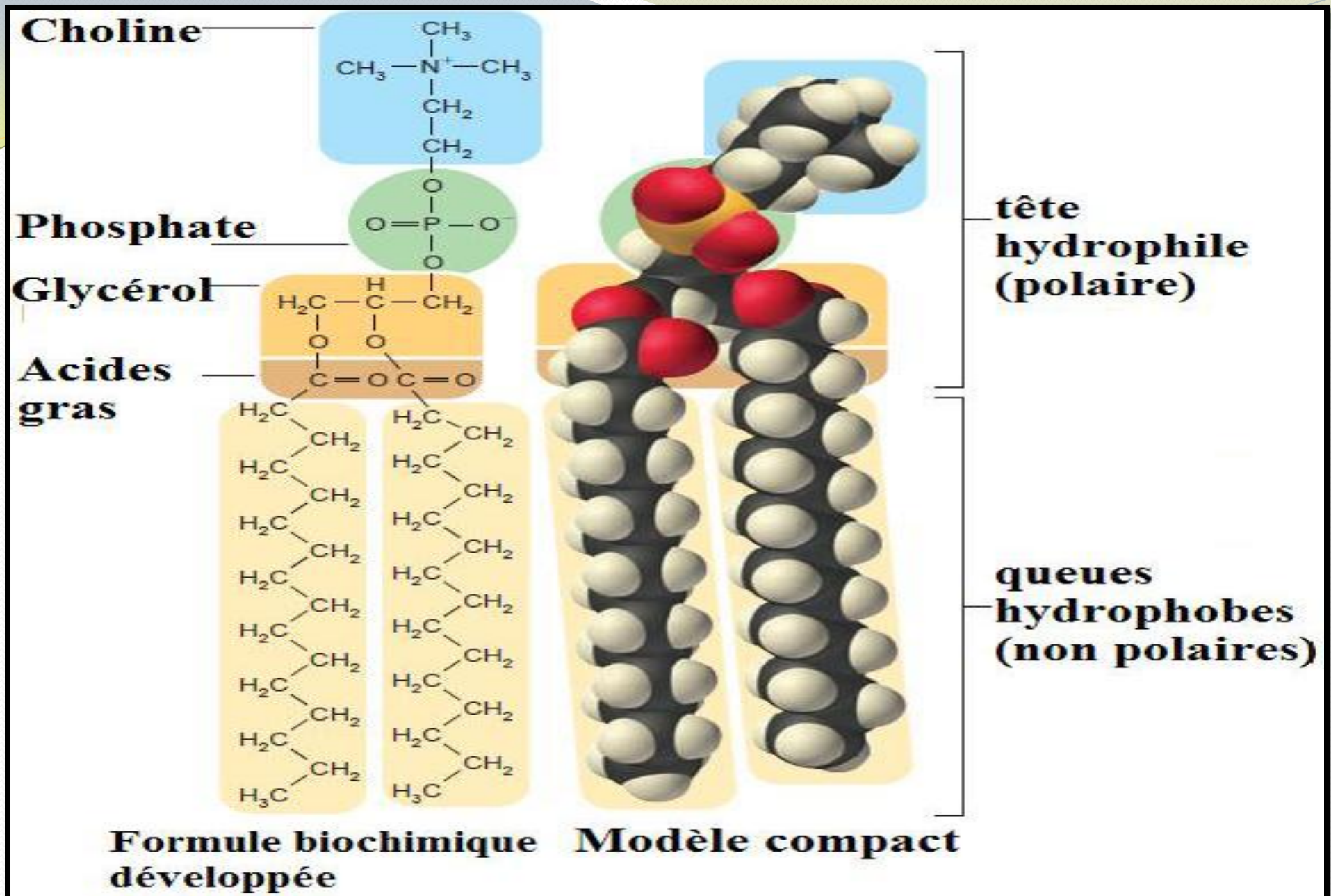


Figure: Glycérophospholipide

la formule biochimique développée est celle de la **phosphatidylcholine = lécithine**

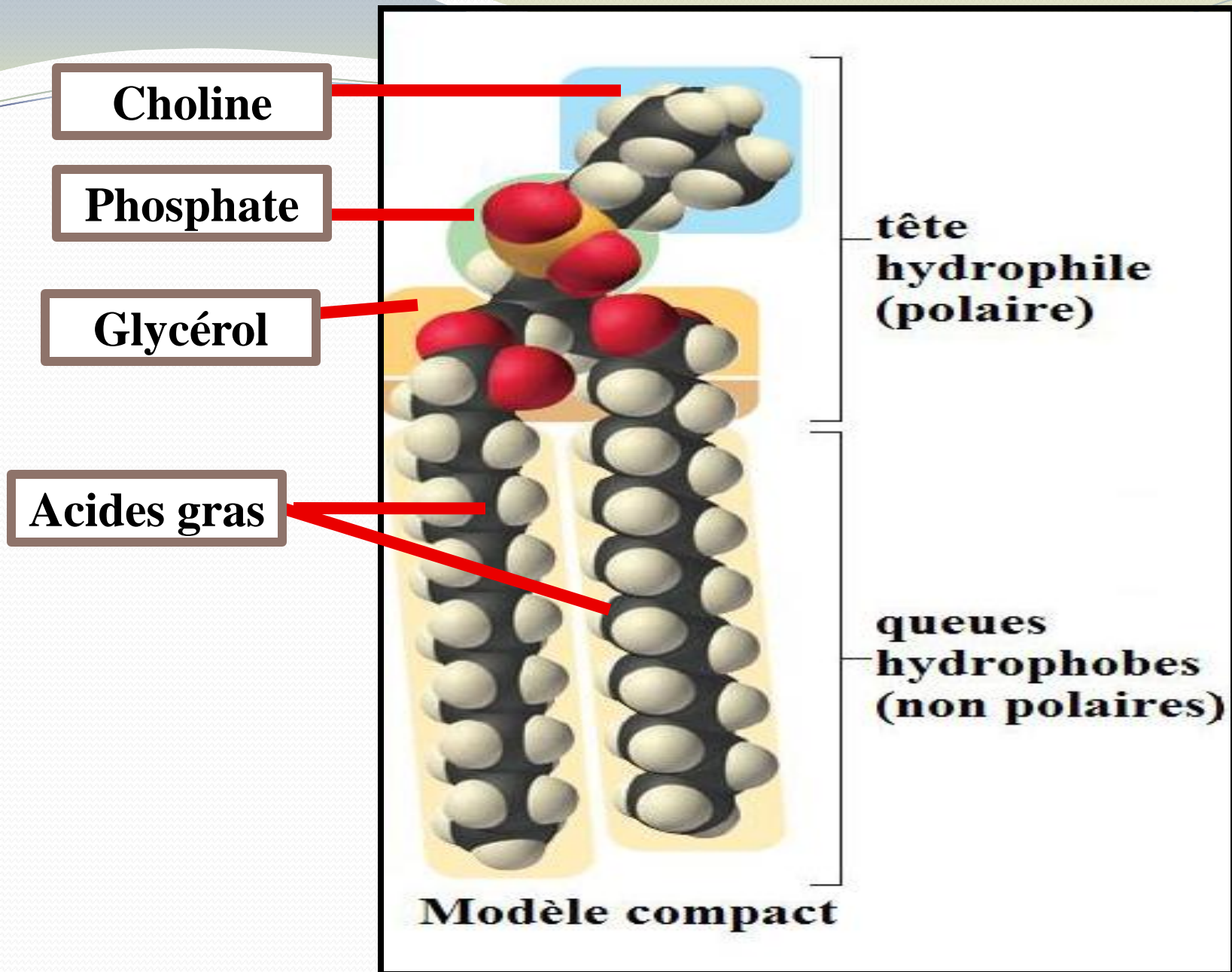
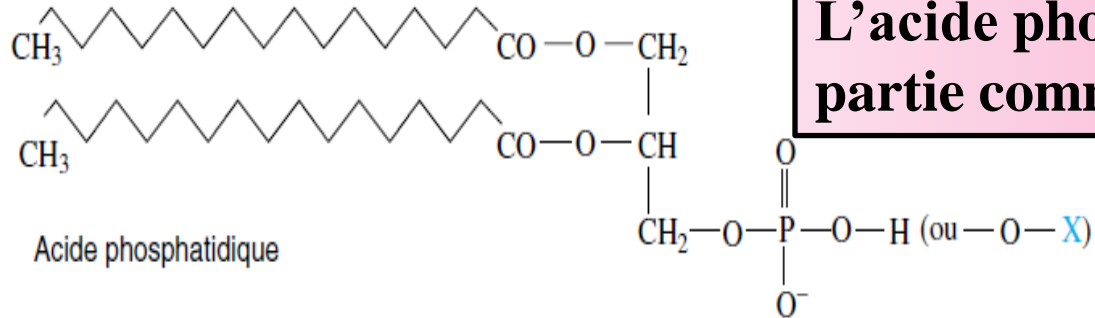


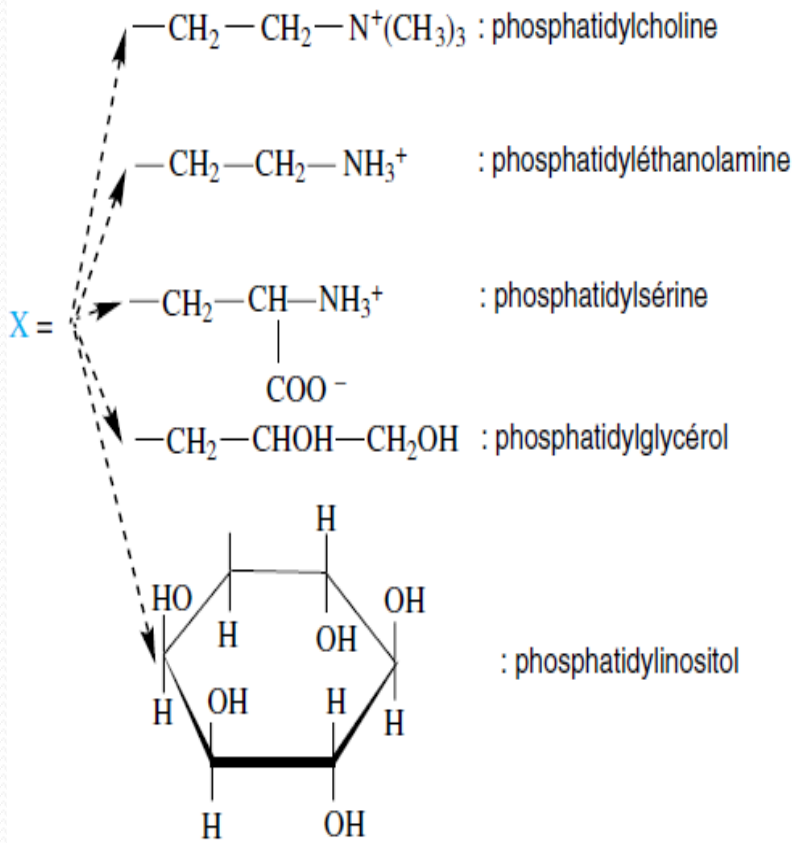
Figure: Glycérophospholipide

la formule biochimique développée est celle de la **phosphatidylcholine = lécithine**

La molécule supplémentaire (X) peut être un alcool (le **glycérol**, l'**inositol**, l'**éthanolamine**, la **choline**) ou un acide aminé (la **sérine**).



L'acide phosphatidique constitue la partie commune à toutes ces molécules

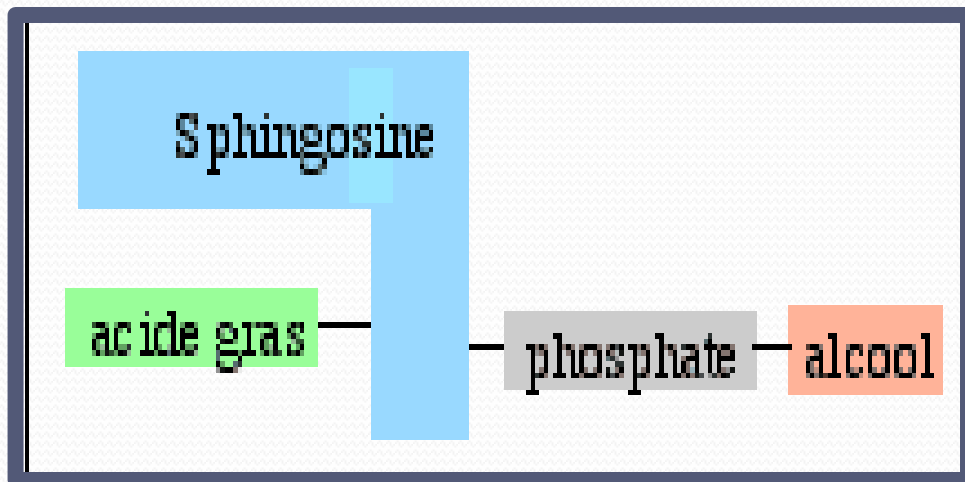


La molécule finale porte, suivant les cas, le nom de:

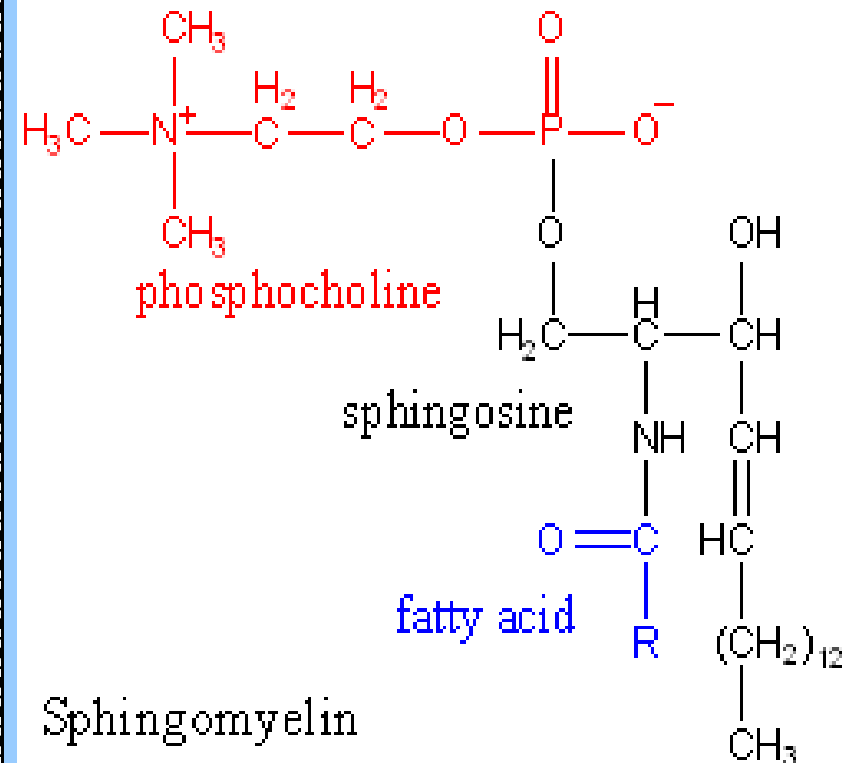
- phosphatidyl-glycérol = diphosphatidyl-glycérol** (ou **cardiolipide** caractéristique de la membrane interne des mitochondries),
- phosphatidyl- inositol**, phosphatidyl-éthanolamine,
- phosphatidylcholine = lécithine** qui est la plus connue (trouvée en abondance dans le jaune d'œuf).
- Ou **phosphatidylsérine**

## 2) Les Sphingolipides

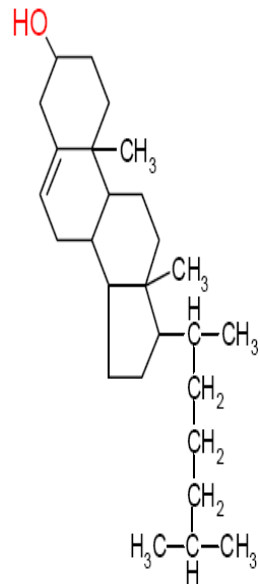
La sphingosine s'associe d'une part à un groupement phosphate formant ainsi la « tête » hydrophile (polaire) du sphingolipide, et d'autre part à une chaîne hydrocarbonée d'une molécule d'acide gras, qui représente la « queue » hydrophobe.



Chez l'Homme, les sphingomyélines constituent environ 85 % de tous les sphingolipides.



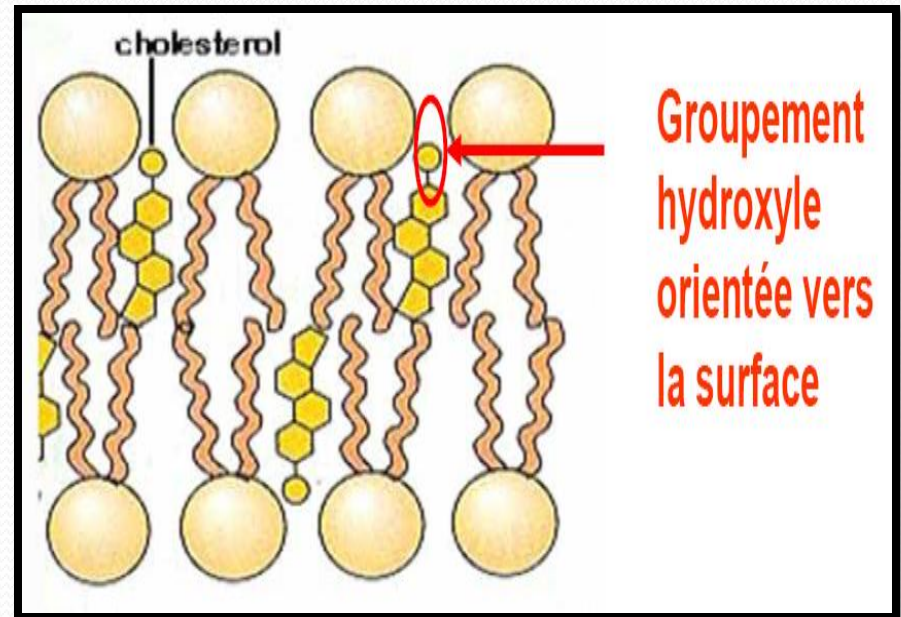
# B. Le Cholestérol



*cholestérol*

*cellules animales*

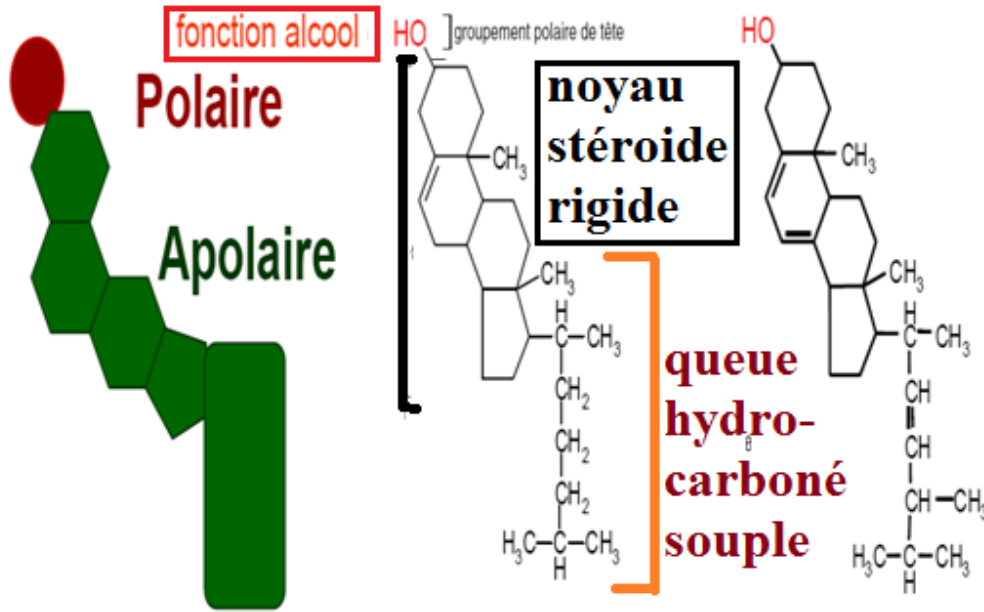
La fonction alcool constitue  
la tête polaire



## 2) Le Cholestérol

Le **cholestérol** (Les stérols) ; ne répond pas exactement à la définition classique des lipides mais sont des molécules apparentées au plan physicochimique (**faible affinité pour l'eau**).

2<sup>ème</sup> classe majeure des lipides membranaires



La fonction alcool constitue la tête polaire

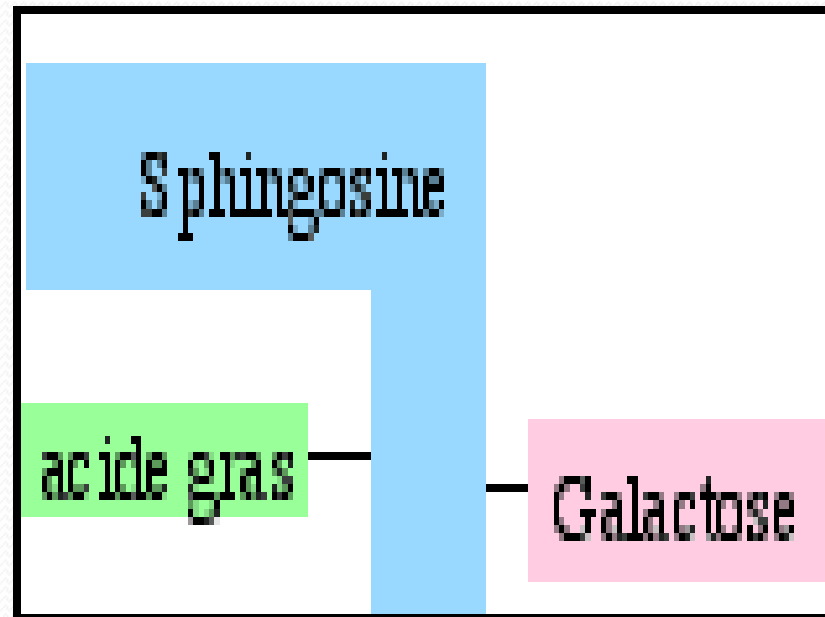
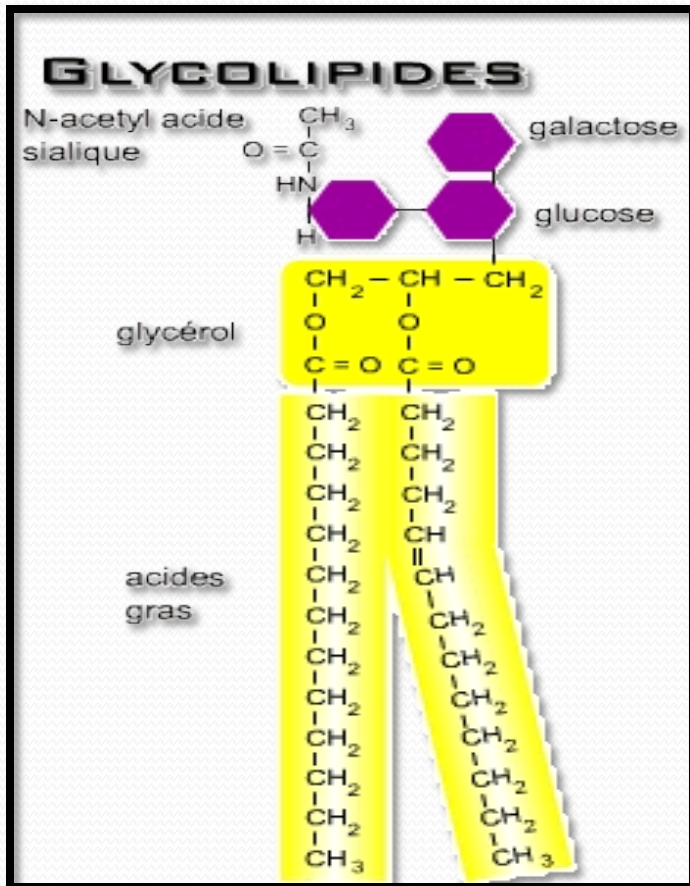
Il est abondant dans les membranes cellulaires

Il intervient dans la fluidité et la stabilité mécanique des membranes biologiques.

Il est l'un des constituants des radeaux membranaires lipidiques.

Il est également le précurseur des Hormones stéroïdes

# C. Les Glycolipides

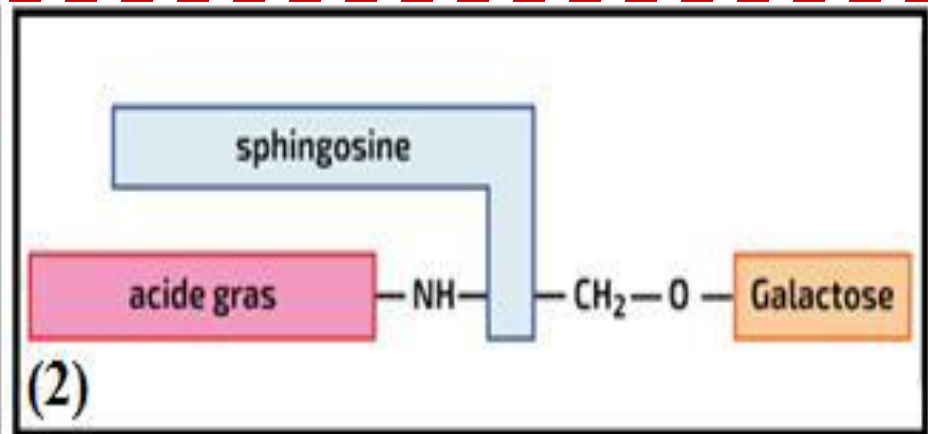
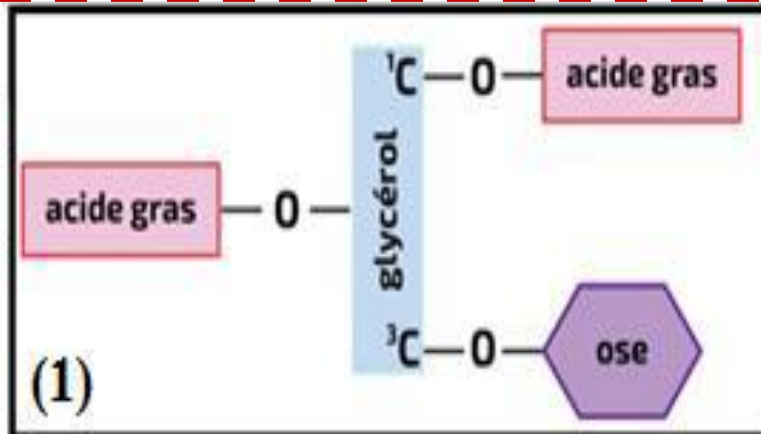


### 3) Les Glycolipides

Ils ne possèdent pas d'acide phosphorique. Ils sont construits à partir de glycérol = **glycéroglycolipides (1)**

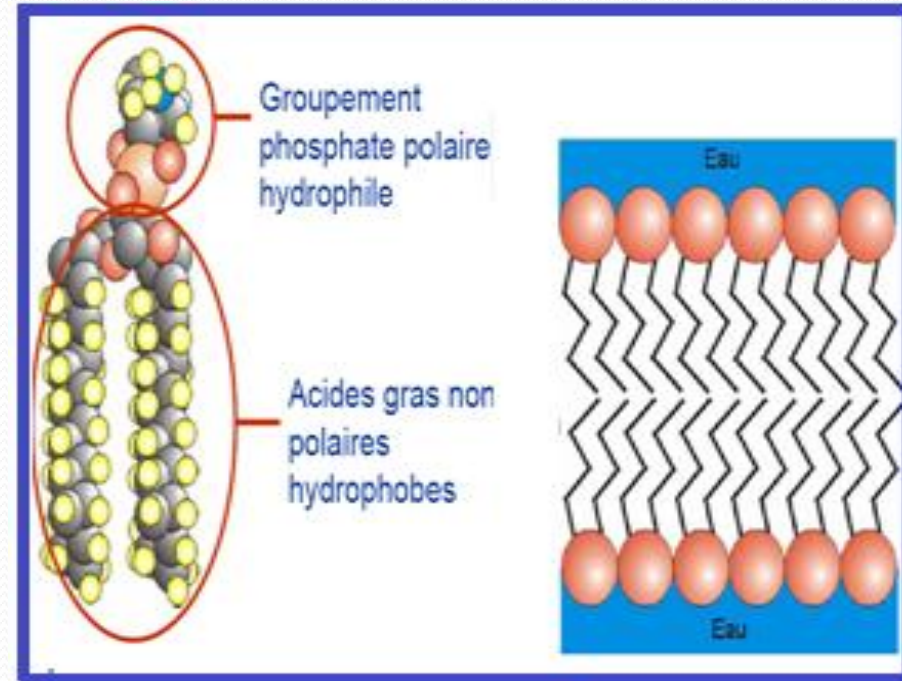
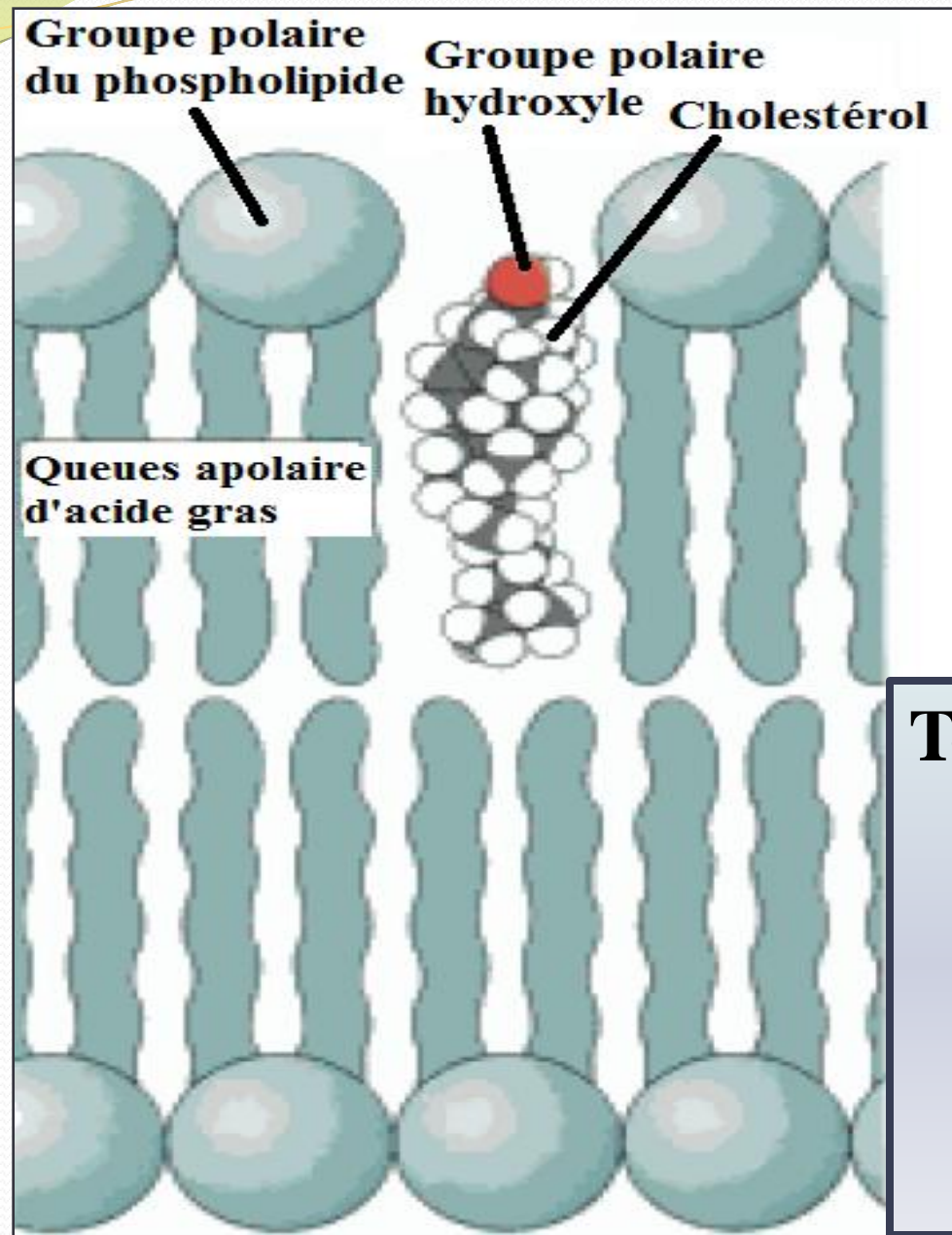
ou de **sphingosine = sphingoglycolipides (2)**, mais la troisième fonction alcool du premier ou la fonction alcool terminale du second sont directement estérifiées par un sucre ou un dérivé de sucre qui constituent le groupement polaire « de tête »

Les glycolipides neutres à sphingosine sont très abondants chez les Animaux, en particulier dans les cellules nerveuses





# 1- Les Lipides membranaires: **Caractéristiques**



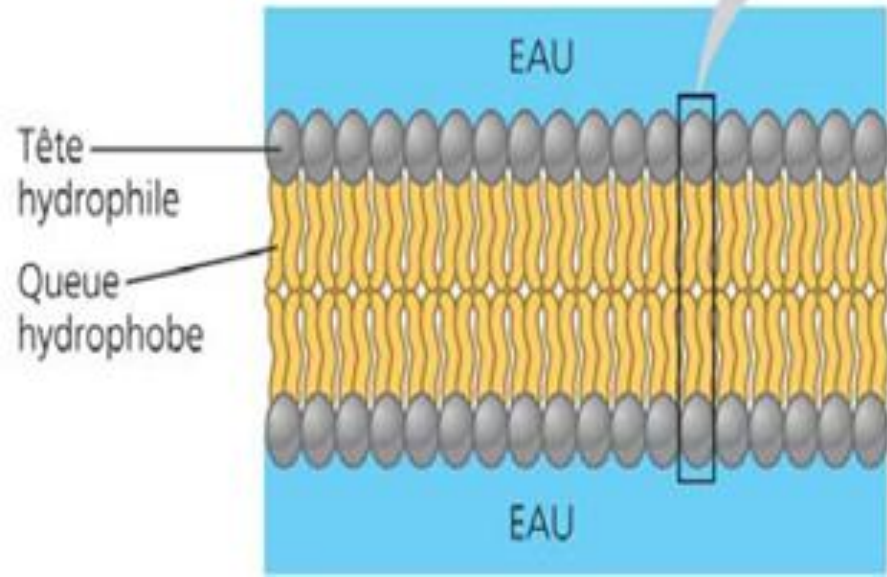
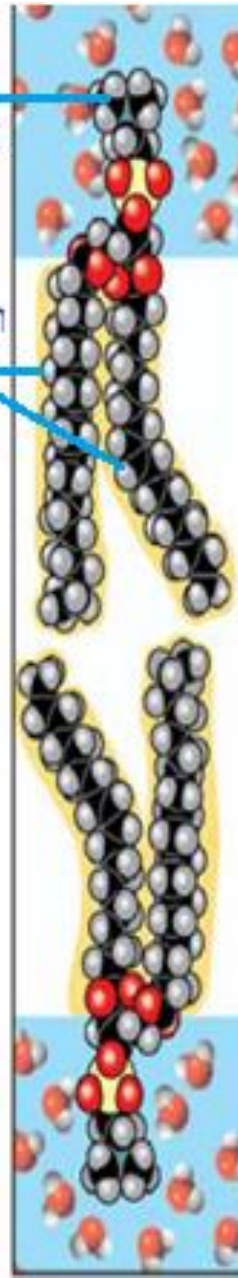
Tous les lipides décrits précédemment ont en commun la propriété remarquable d'être **bipolaires et amphiphiles ou amphipatiques**

# 1- Les Lipides membranaires: **Caractéristiques**

Une double couche de phospholipides : les parties hydrophiles restent en contact avec l'eau et les parties hydrophobes en sont protégées

Groupe phosphate polaire hydrophile

Acides gras non polaires hydrophobes



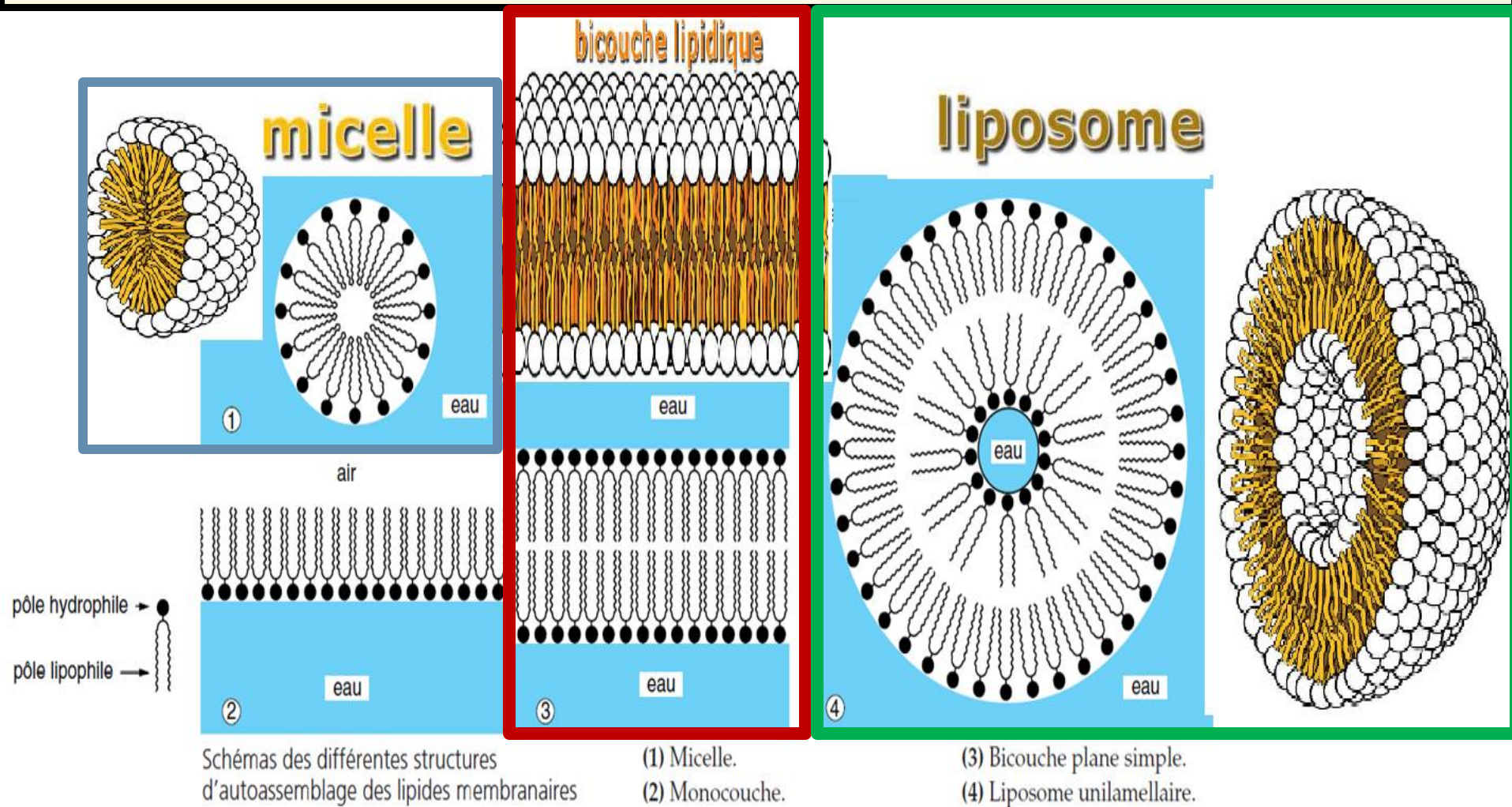
□ Les lipides membranaires sont

**amphiphiles**

□ Ils présentent une tête polaire hydrophile osmiophile (lipophobe)

et queue apolaire hydrophobe osmiophobe ou (lipophile)

Cette propriété physico-chimique (caractère Amphiphiles) est à la base de l'organisation *spontanée* par **autoassemblage** des lipides en bicouche ou en en *micelles* lorsqu'ils sont placés dans un milieu aqueux

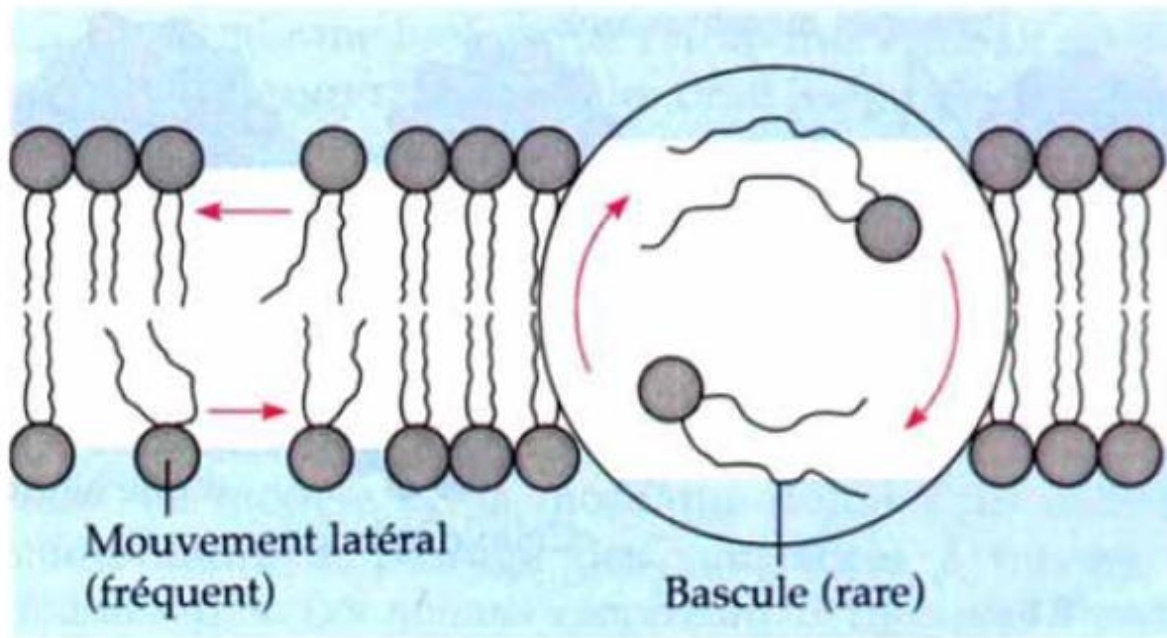


**Figure: Propriétés des molécules amphiphiles en milieu aqueux (auto-assemblage spécifique)**

# 1- Les Lipides membranaires: **Caractéristiques**

## Fluidité des membranes

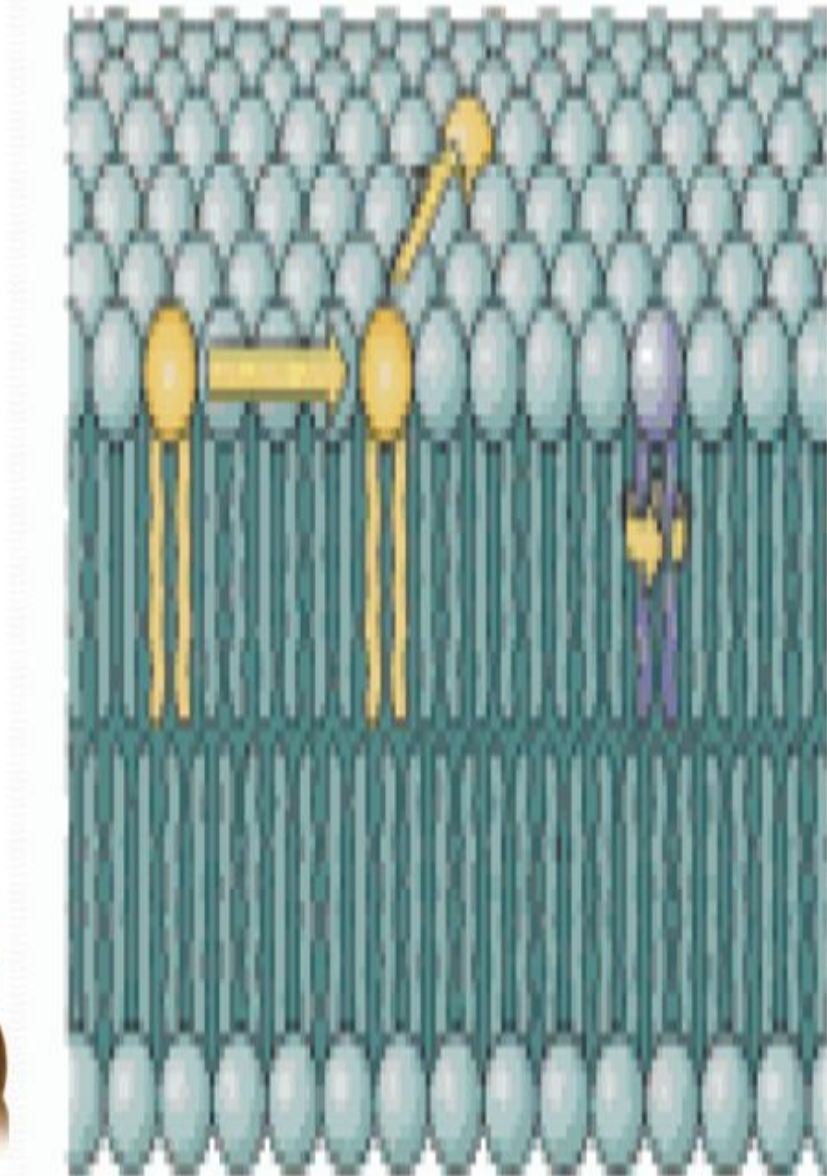
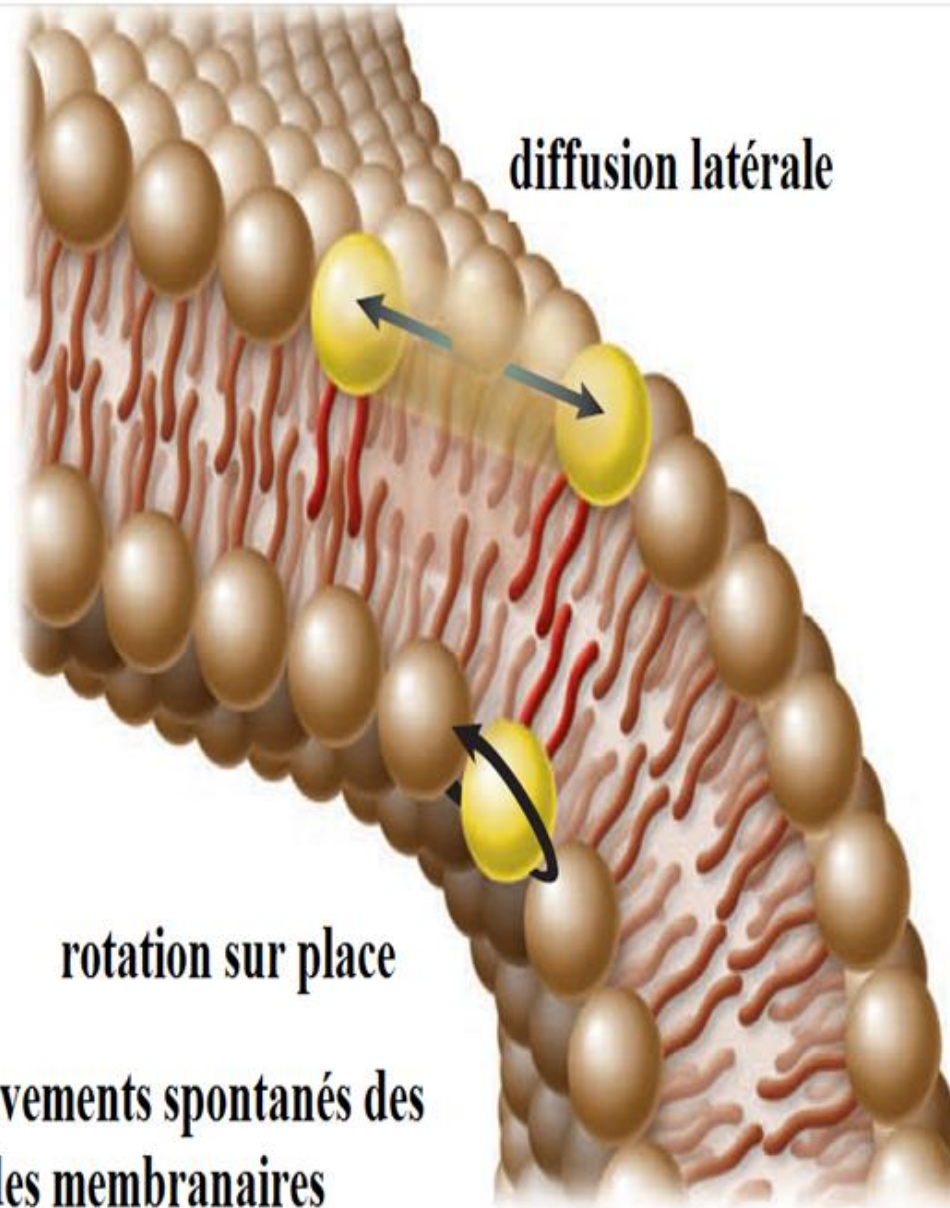
- **Mouvement de diffusion transversale ou flip-flop (basculer) (+difficile) (+rare)**
- **Déplacement latéral des lipides (+rapide)**

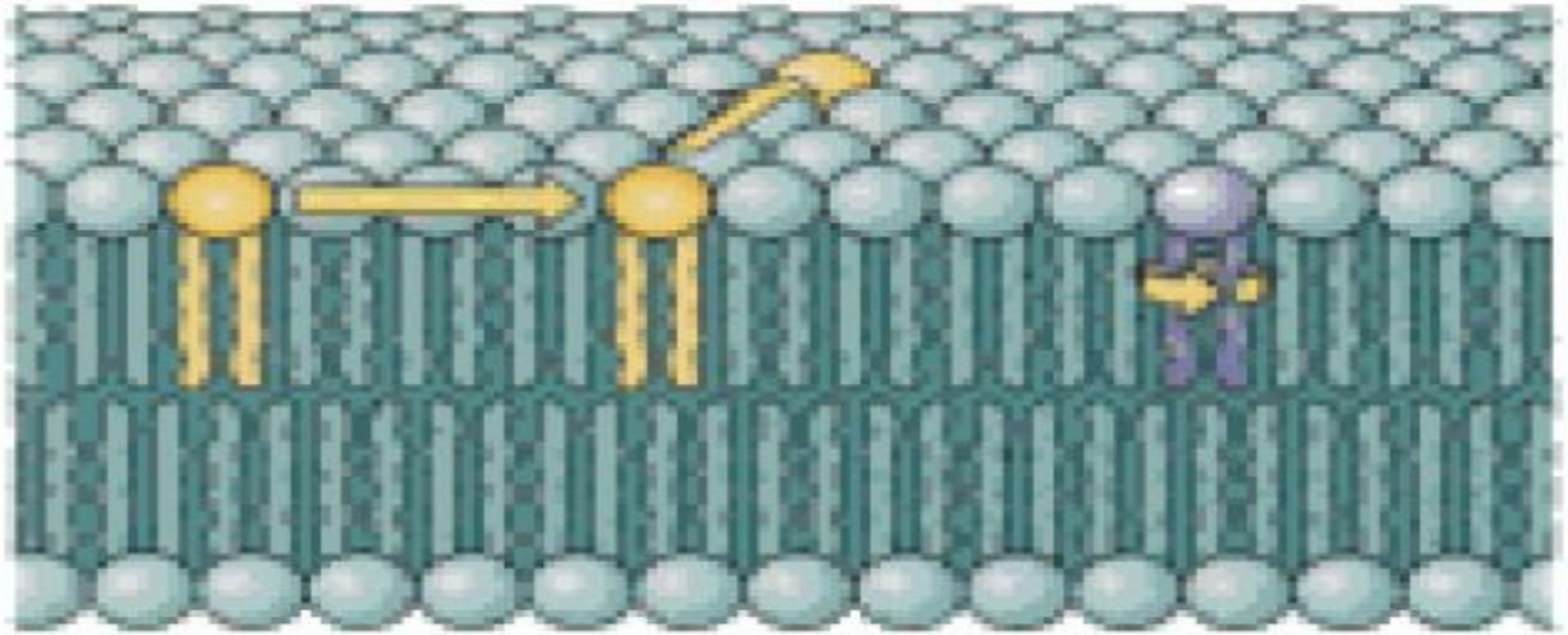


$$V=2\mu\text{m/s}$$

- **La souplesse, la résistance et la malléabilité de la membrane plasmique est due à la fluidité (viscosité) des molécules lipidiques**

## ➤ Déplacement latéral et rotation in situ



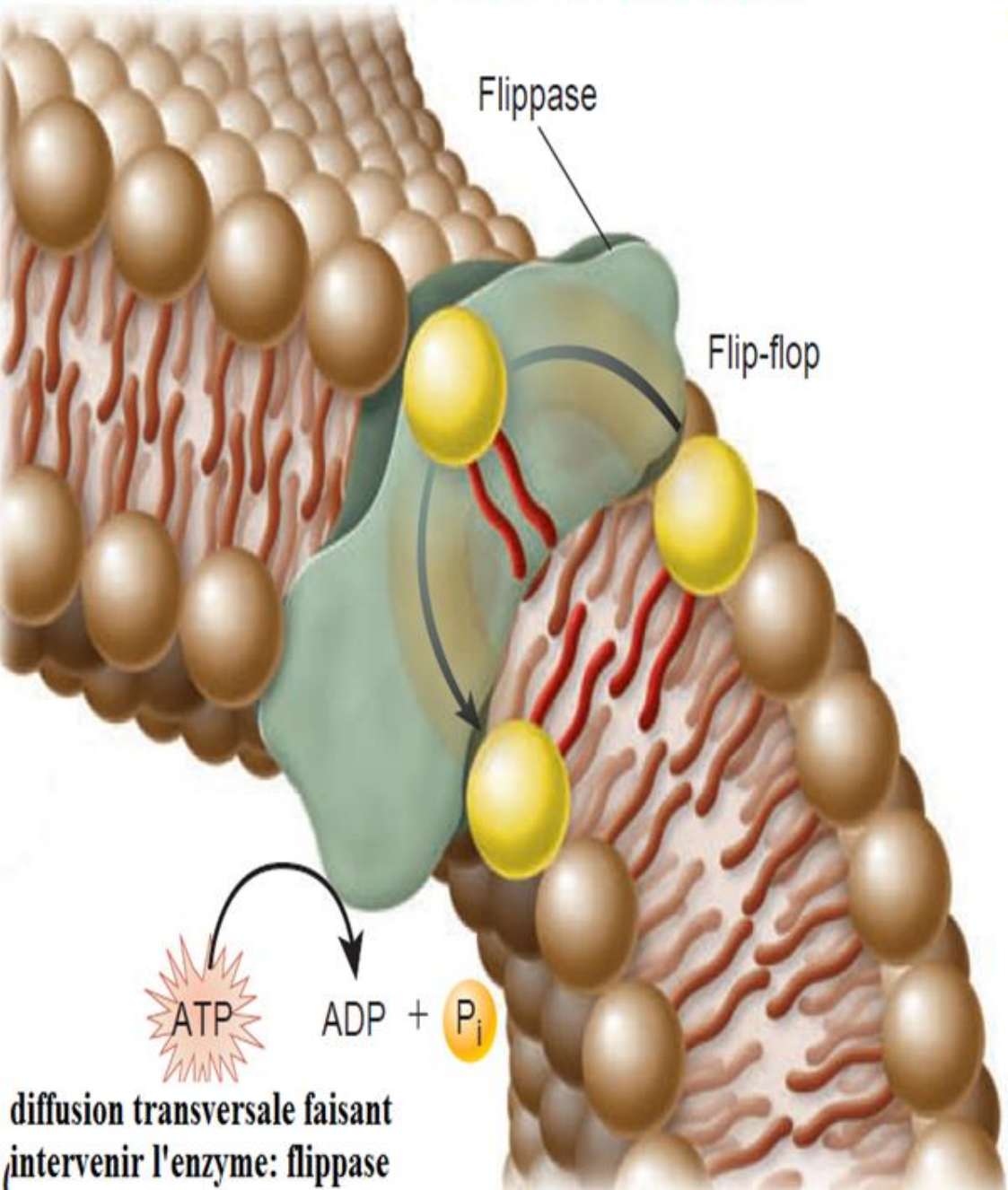


➤ **Déplacement latéral:** chaque molécule lipidique peut se déplacer latéralement dans le plan de chaque couche, ces mouvements sont rapides.

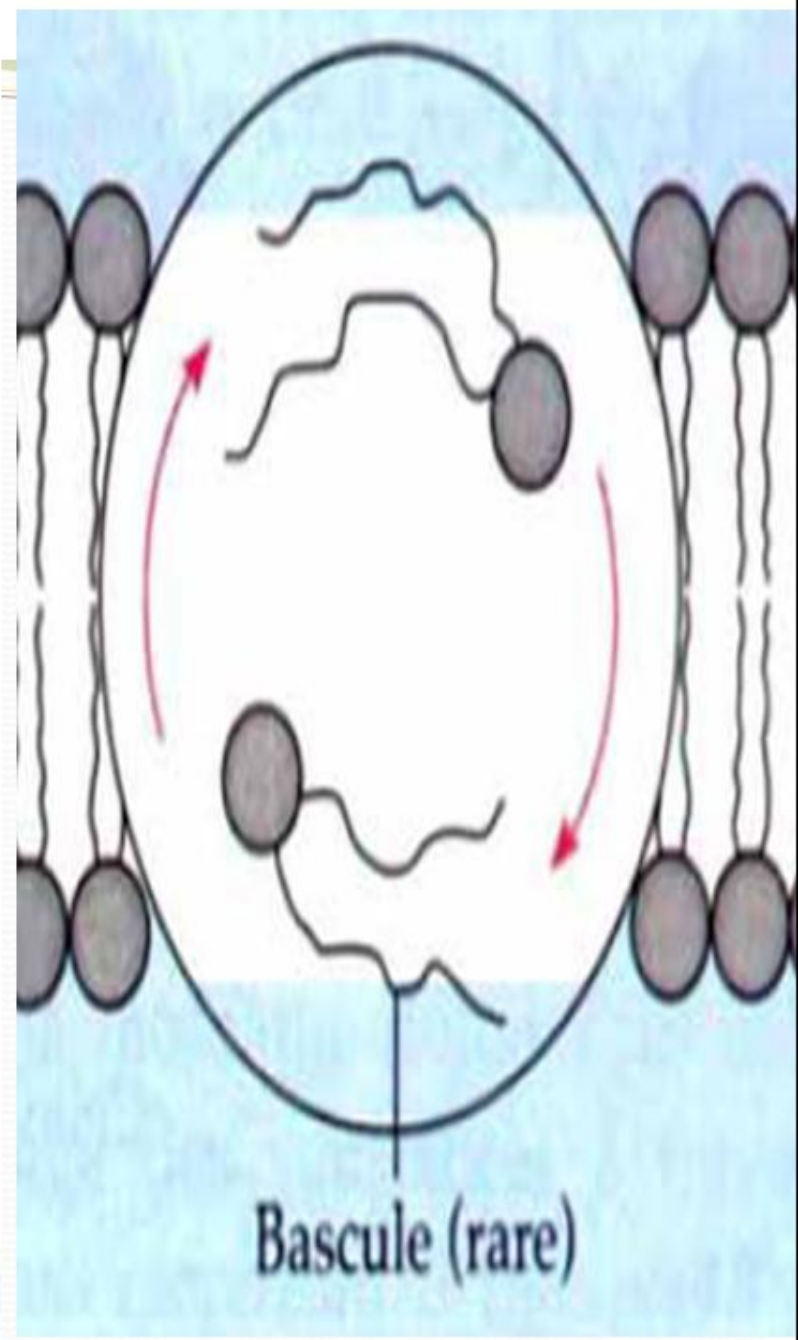
Les phospholipides changent de position  $10^7$  fois par seconde

Un phosphoglycérolipide peut se déplacer à la vitesse moyenne de  $2\mu\text{m}$  /seconde.

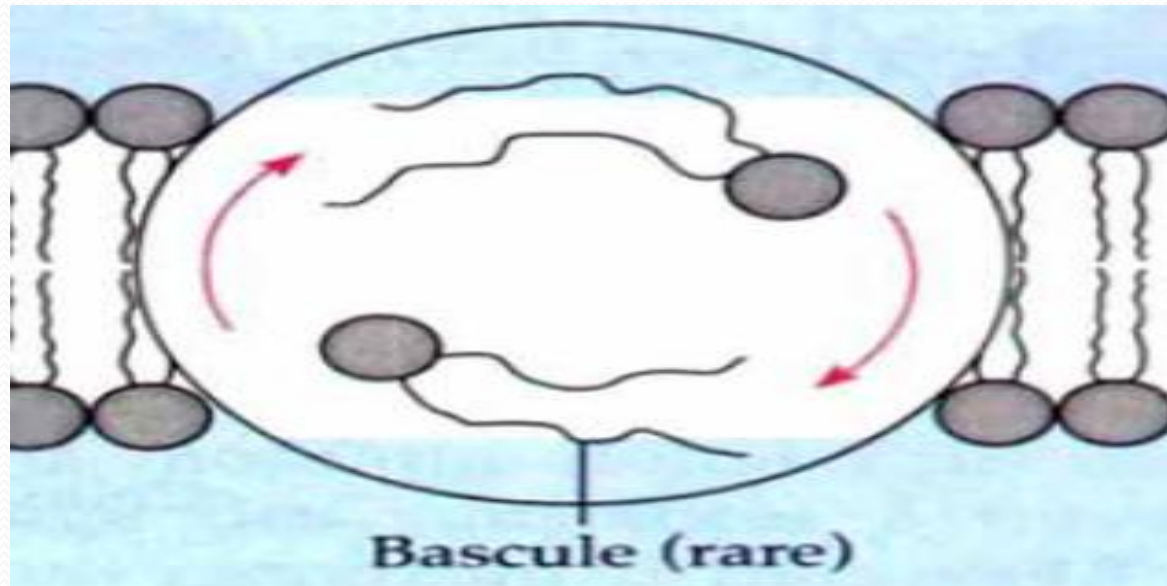
# ➤ Déplacement transversal:



diffusion transversale faisant intervenir l'enzyme: flippase



➤ **Déplacement transversal:** La molécule lipidique peut passer d'une couche à l'autre, il s'agit d'un mouvement plus difficile. Ce mécanisme est appelé la diffusion transversale ou flip-flop (basculer), il nécessite le retournement complet de la molécule et exige un apport énergétique (ATP) avec présence d'enzymes spécifiques les flipases. Un phosphoglycérolipide met 100 fois plus de temps à basculer que dans un mouvement latéral.





***Remarque* : Les protéines aussi ont un mouvement latéral, mais par ce qu'elles sont plus grosses, elles glissent plus lentement, certaines protéines ont un mouvement plus organisé , elle glissent le long des filaments du cytosquelette grâce aux protéines motrices cytoplasmiques elles même attachées au feuillet interne de la membrane plasmique.**

# Facteurs influençant la fluidité membranaire

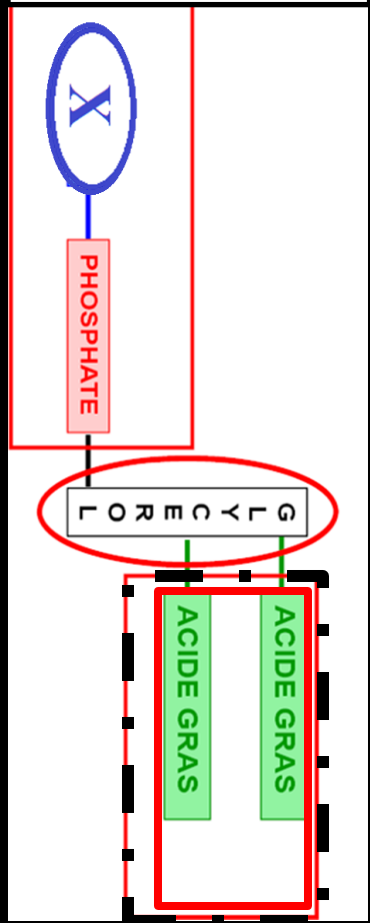
## ❖ **La composition en acides gras des lipides membranaires**

Le degré de fluidité des membranes est conditionné par la nature et la longueur des **acides gras des lipides membranaires**  
**plus une bicouche est riche en acides gras courts et insaturés,**  
**plus elle constitue un assemblage souple et fluide.**

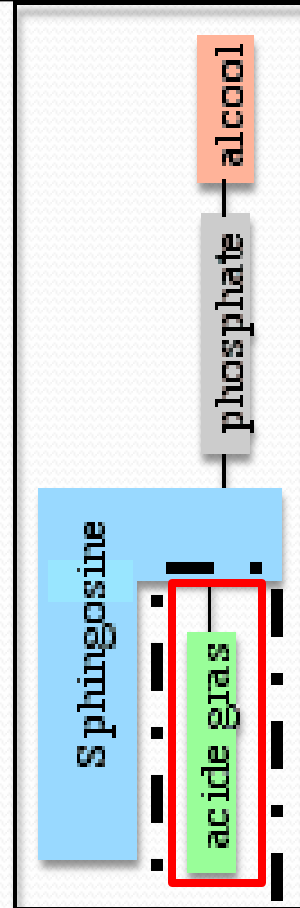
# Les acides gras des lipides membranaires

## Phospholipides

### Glycéro-phospholipide

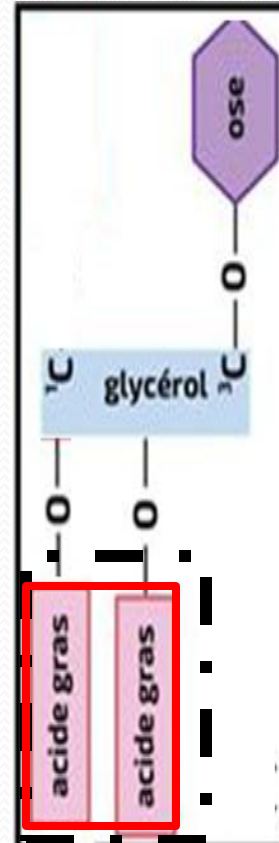


### Sphingo-phospholipide

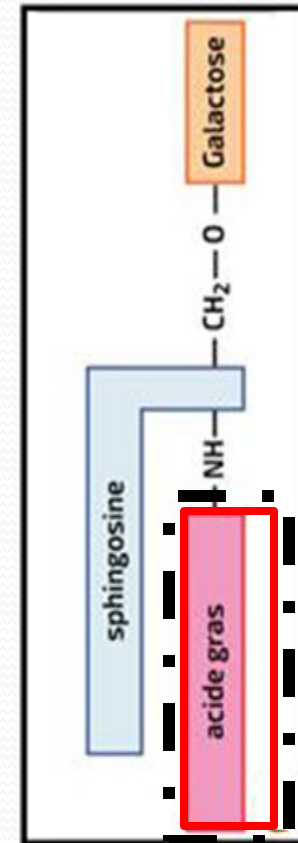


## Glycolipides

### Glycéro-glycolipides



### Sphingo-glycolipides

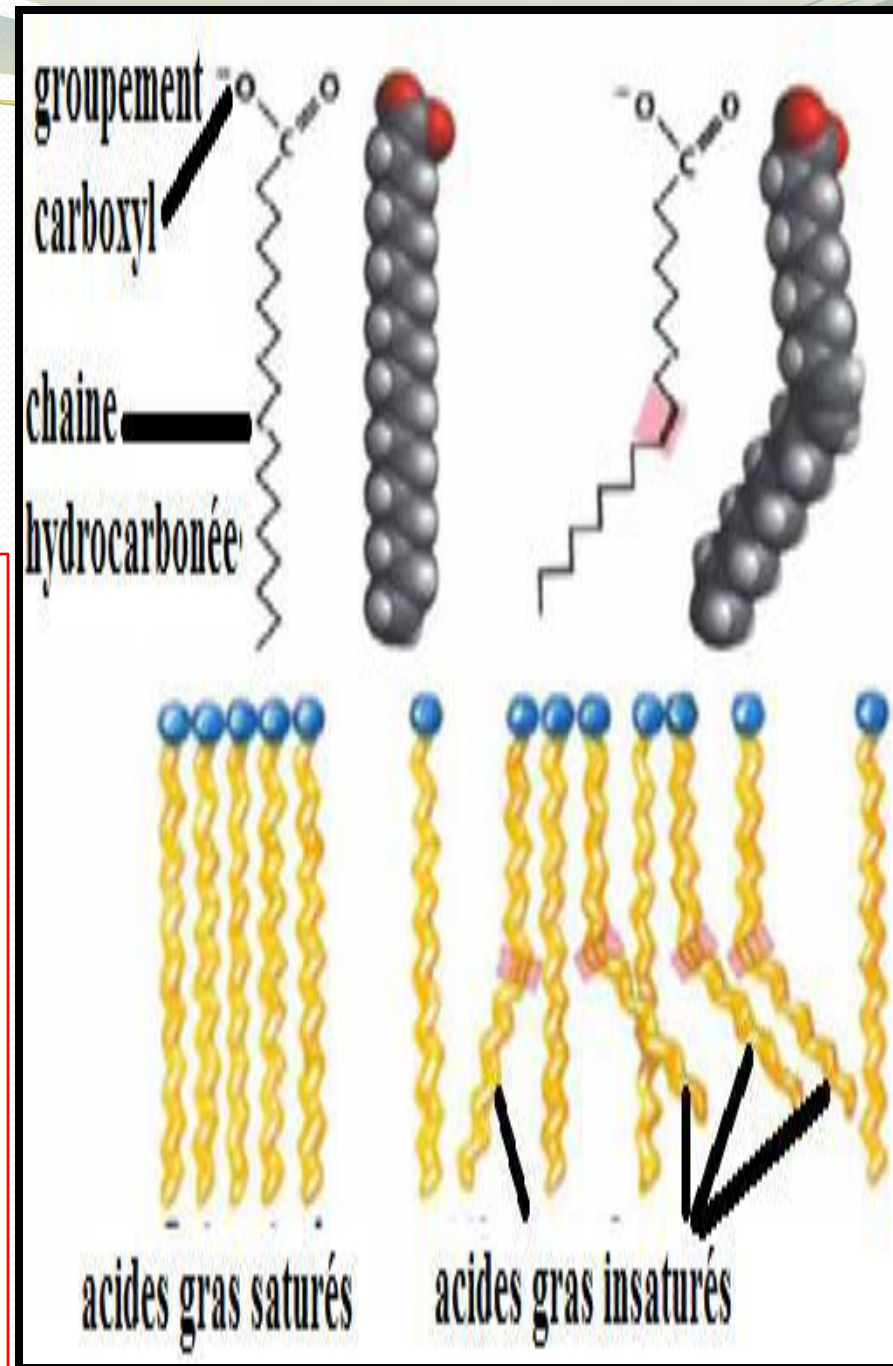


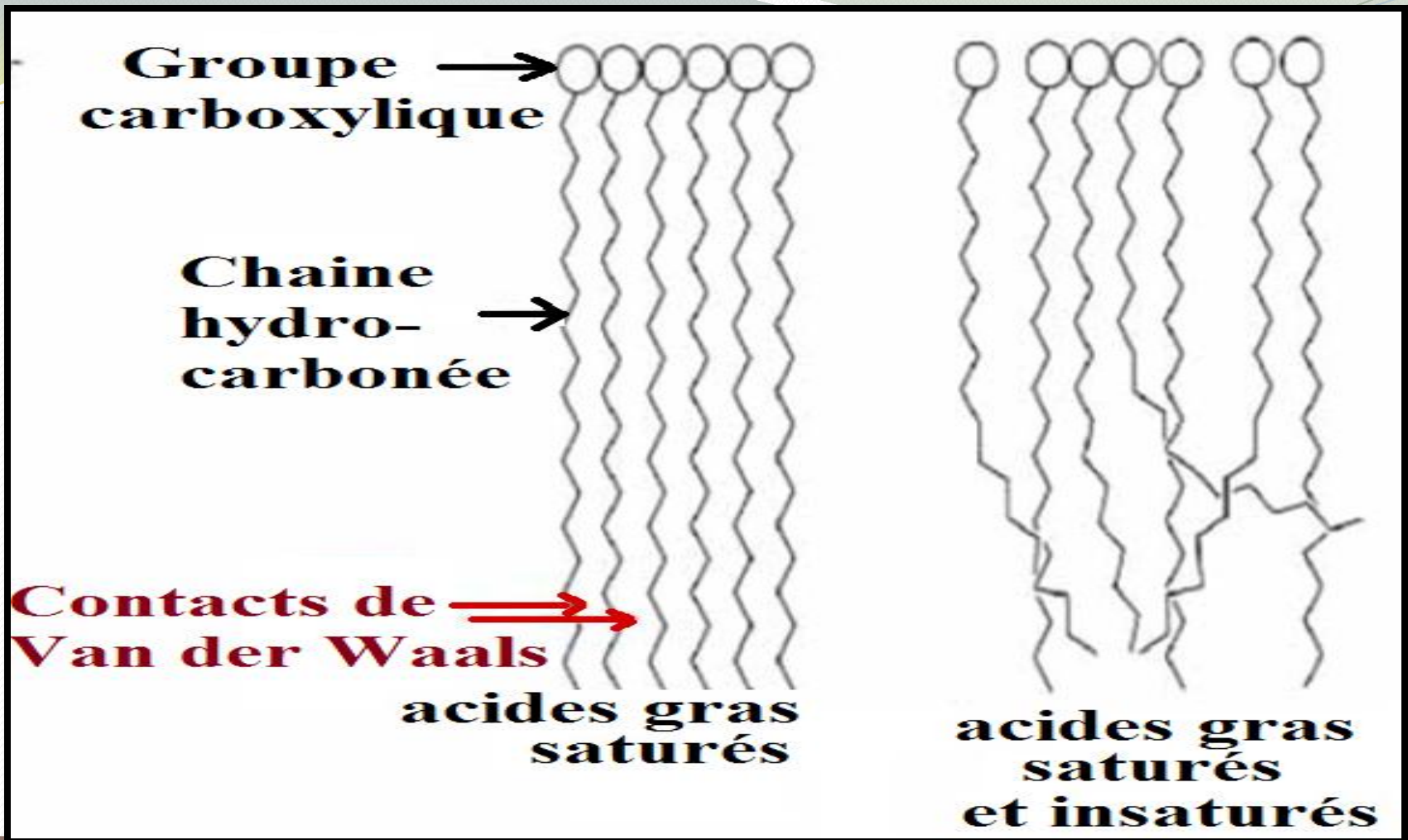
Les acides gras (AG) sont les constituants de base des phospholipides et des glycolipides membranaires.



Les acides gras naturels peuvent être saturés d'hydrogène (possédant ainsi une structure linéaire)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

ou insaturés d'hydrogène  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ , possédant dans leur chaîne carbonée une ou plusieurs doubles liaisons qui créent un angle ou un coude rigide à  $30^\circ$  donnant à la molécule une structure non linéaire





- ❖ Les doubles liaisons contribuent à affaiblir les interactions entre les chaînes voisines
- ❖ La membrane devient plus fluide

## ❖ La température

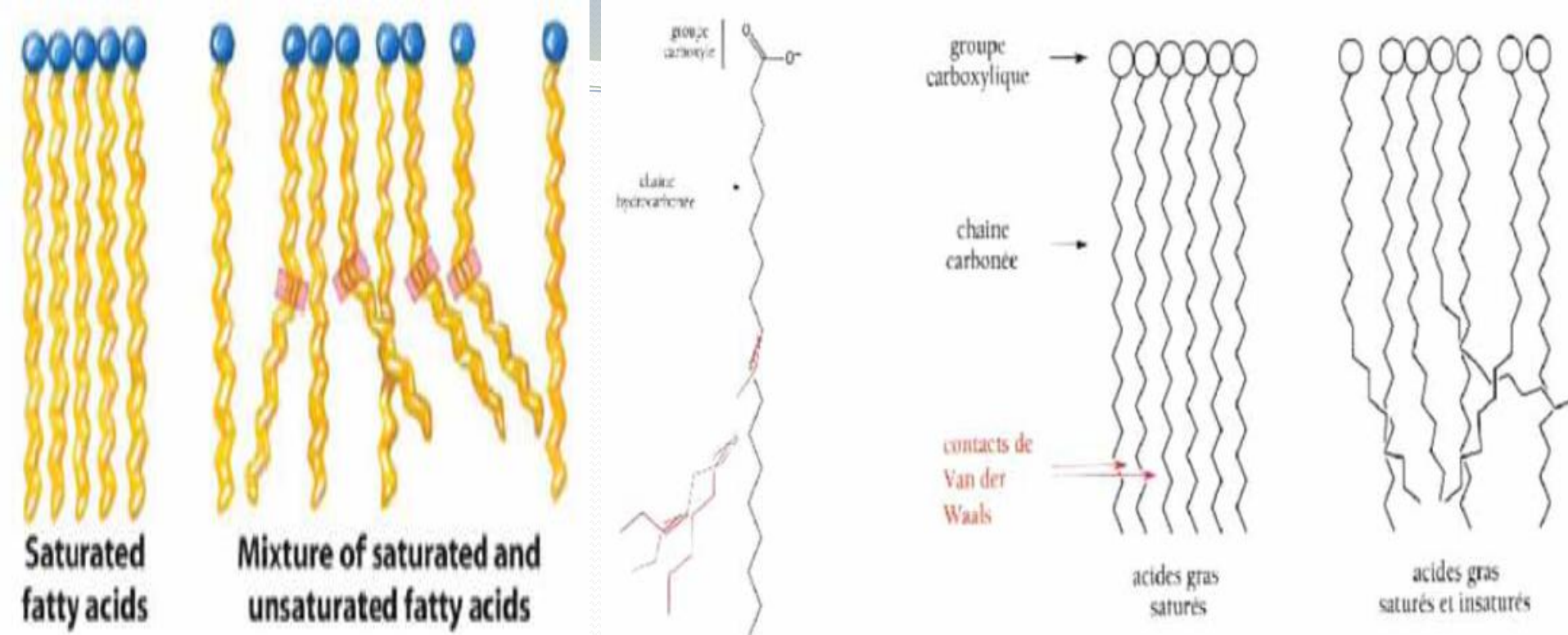
Le degré de fluidité des membranes est aussi conditionné par des facteurs externes

- Une élévation de la température entraîne une mobilité accrue et des déformations des chaînes d'acides gras des lipides, la cytomembrane prend alors un aspect fluide en **forme de Cristal liquide**.

- À basse température les corps gras sont solides : ils sont étirés au maximum et en contact étroit (la cytomembrane prend alors un aspect visqueux= GEL).

**Remarque:** Il existe une température de transition [10-40°C]  
transition  ordre-désordre





**A température ambiante, les phospholipides constitués de queues hydrocarbonées insaturés, empêchent les molécules lipidiques de s'entasser et augmentent ainsi la fluidité.**

**Une diminution de température à un point critique peut solidifier une membrane (plus que la membrane est composée de phospholipides saturés et à longue chaîne, moins qu'elle peut maintenir une fluidité aux températures faibles)**

# Facteurs influençant la fluidité membranaire

## ❖ La richesse en cholestérol

La proportion de cholestérol dans les bicouches, peut être élevée et atteindre parfois 25 % des lipides totaux.

• Par sa conformation:

➤ Rigide au niveau du noyau tétracyclique,

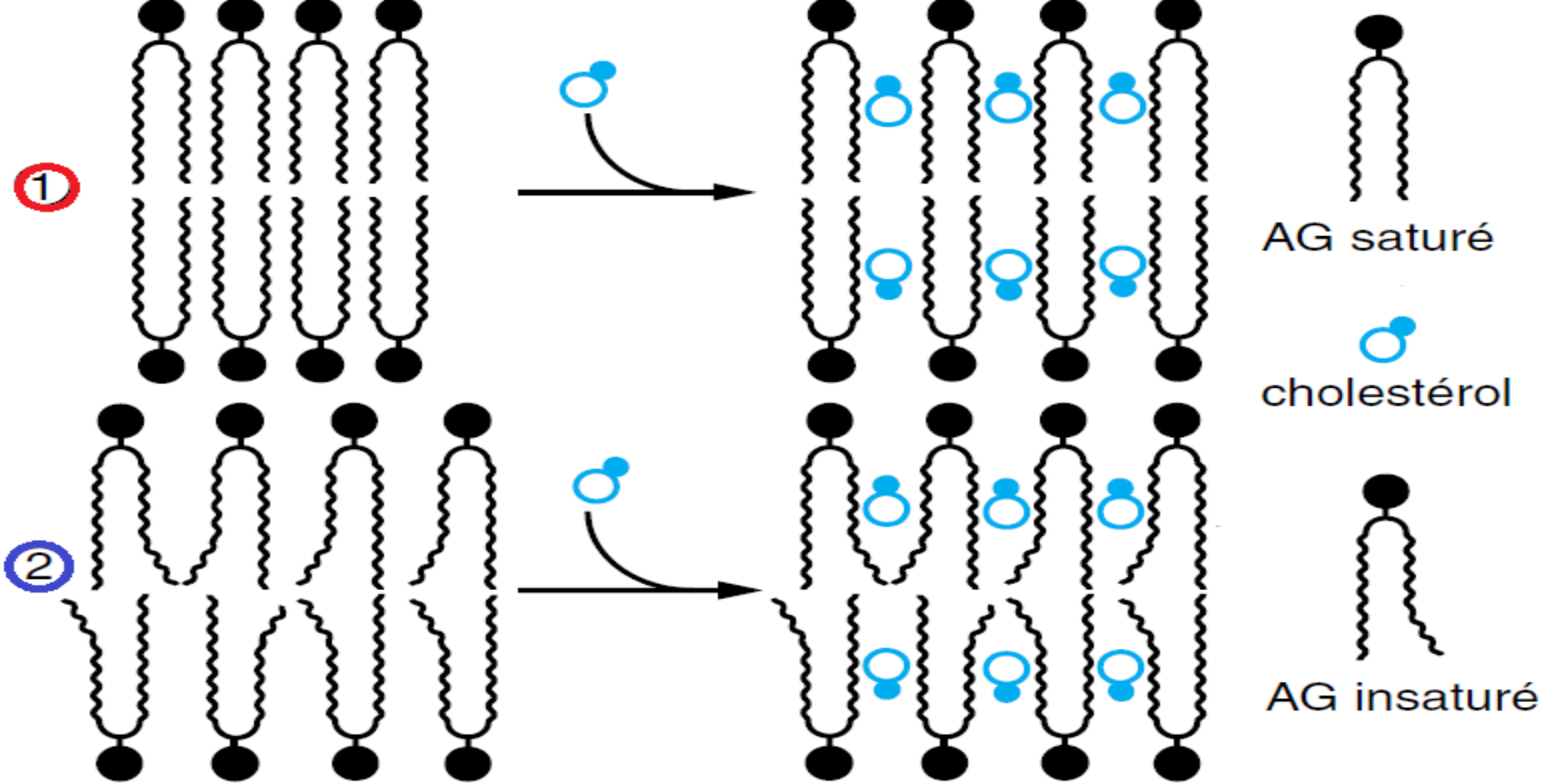
➤ **Souple au niveau de la chaîne hydrophobe**

• Et sa position par rapport aux autres lipides

Le cholestérol peut moduler la fluidité liée à ces lipides.

➤ son encombrement tend à écarter les chaînes rigides d'acides gras saturés (et donc à augmenter la fluidité)

➤ et au contraire à stabiliser les chaînes insaturées, qui sont au départ moins tassées les unes sur les autres (diminution de la fluidité).



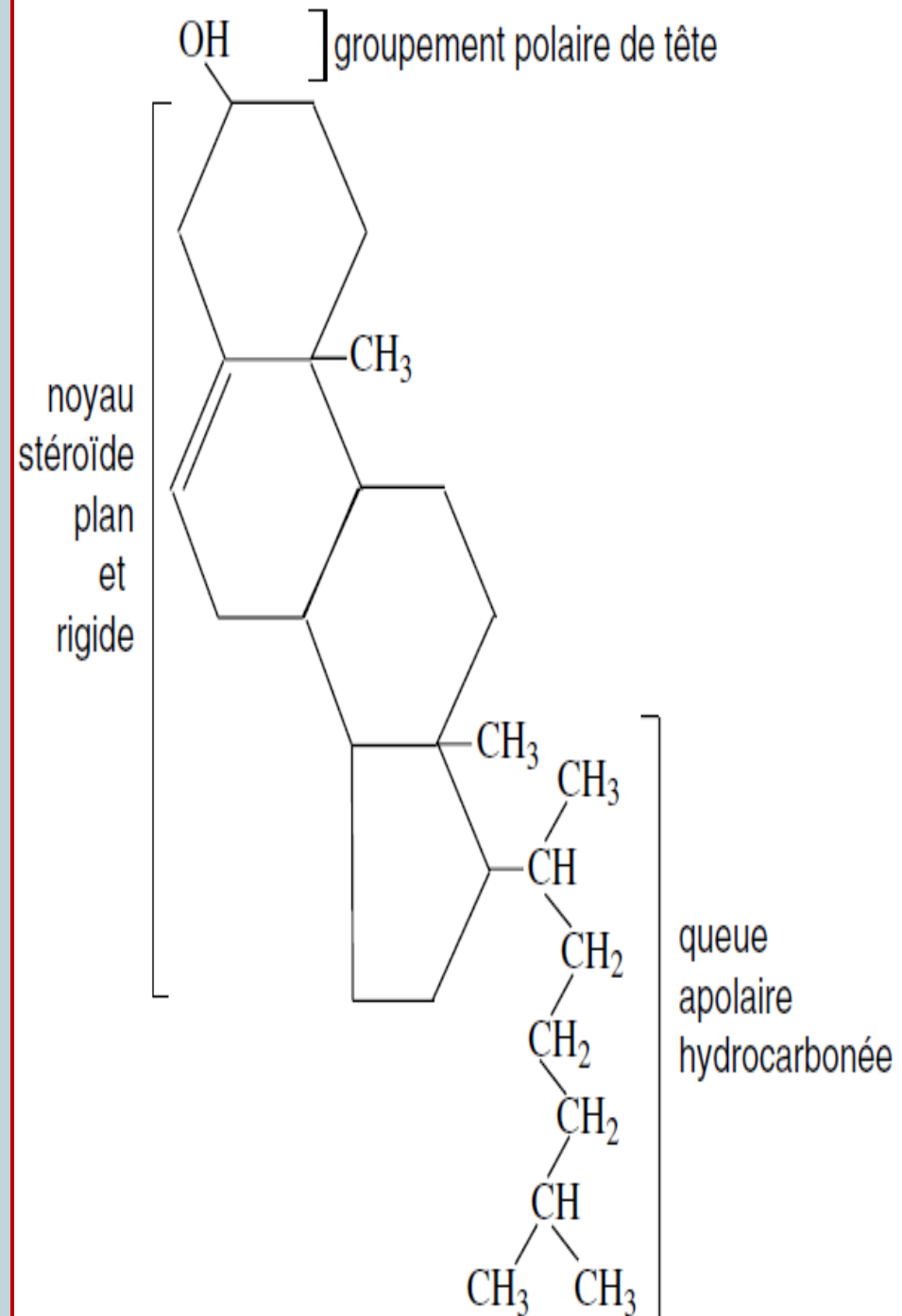
**(1) Membrane initialement riche en acides gras saturés et visqueuse :** augmentation de la fluidité, par une diminution des interactions hydrophobes.

**(2) Membrane riche en acides gras insaturés et fluide :** diminution de la fluidité par une augmentation de ces interactions.

Un acide gras saturé est représenté par un trait droit,  
 Un acide gras insaturé est représenté par un trait anguleux, en raison de la présence d'une double liaison.

**Figure:** Importance du cholestérol dans le contrôle de la fluidité membranaire, en fonction de la composition en lipides de la membrane

➤ Par rapport à l'action de la température, le cholestérol présente aussi un effet tampon puisqu'il tend à empêcher les acides gras d'entrer en contact étroit et d'établir des liens solides lorsque la température basse de transition est atteinte, et au contraire à les maintenir associés aux températures élevées.



***Remarque:***

**Toutes les cellules, y compris les plus simples d'entre elles, les Bactéries, sont capables de réguler et d'adapter la composition lipidique de leurs membranes en fonction des conditions du milieu, afin de maintenir une fluidité optimale.**

***Exemples:***

**❖ Certaines plantes peuvent modifier la composition de leurs membranes selon les saisons.**

***Exemples:***

❖ Lorsque *Escherichia coli*, dont la température de croissance est normalement de 37 °C, est cultivée à 27 °C, on observe que la quantité relative des chaînes hydrocarbonées insaturées contenues dans ses lipides membranaires augmente significativement ; la fluidité est ainsi conservée

## *Exemples:*

❖ Durant leur séjour dans l'épididyme, les spermatozoïdes subissent de nombreux remaniements dans la composition biochimique de leurs membranes plasmiques. On note notamment des changements dans la composition des lipides membranaires par **l'accroissement des acides gras courts et non saturés** et la **diminution du rapport cholestérol / phospholipide**. Ces modifications permettent à la membrane d'acquérir une grande fluidité et une élasticité élevée octroyant ainsi au spermatozoïde une résistance à la variation du volume, de plus elles représentent un facteur déterminant dans les phénomènes de capacitation et de réaction acrosomiale

# importance de la fluidité pour la membrane

## ❖ **La membrane plasmique peut se réparer d'elle-même:**

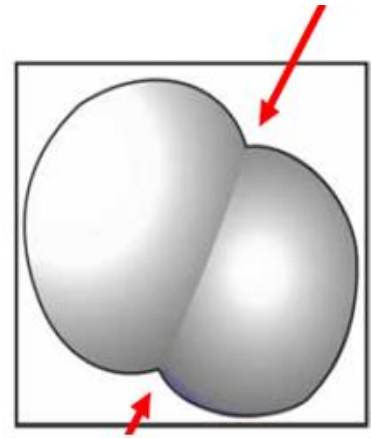
Si la membrane est percée ou déchirée, les molécules de phospholipides qui s'étaient écartées les unes des autres peuvent à nouveau se rapprocher et fermer l'ouverture ce qui permet à la membrane de se réparer d'elle-même

❖ **La membrane peut varier facilement sa taille :** Lors des différents phénomènes physiologiques **d'endocytose, les mouvements des cellules ou leurs croissance** l'ajout de nouvelles molécules de phospholipides, qui en se joignant aux autres, permettent à la membrane de s'agrandir. Inversement, elle peut réduire sa taille cas de **l'exocytose** par exemple, si on enlève des molécules.



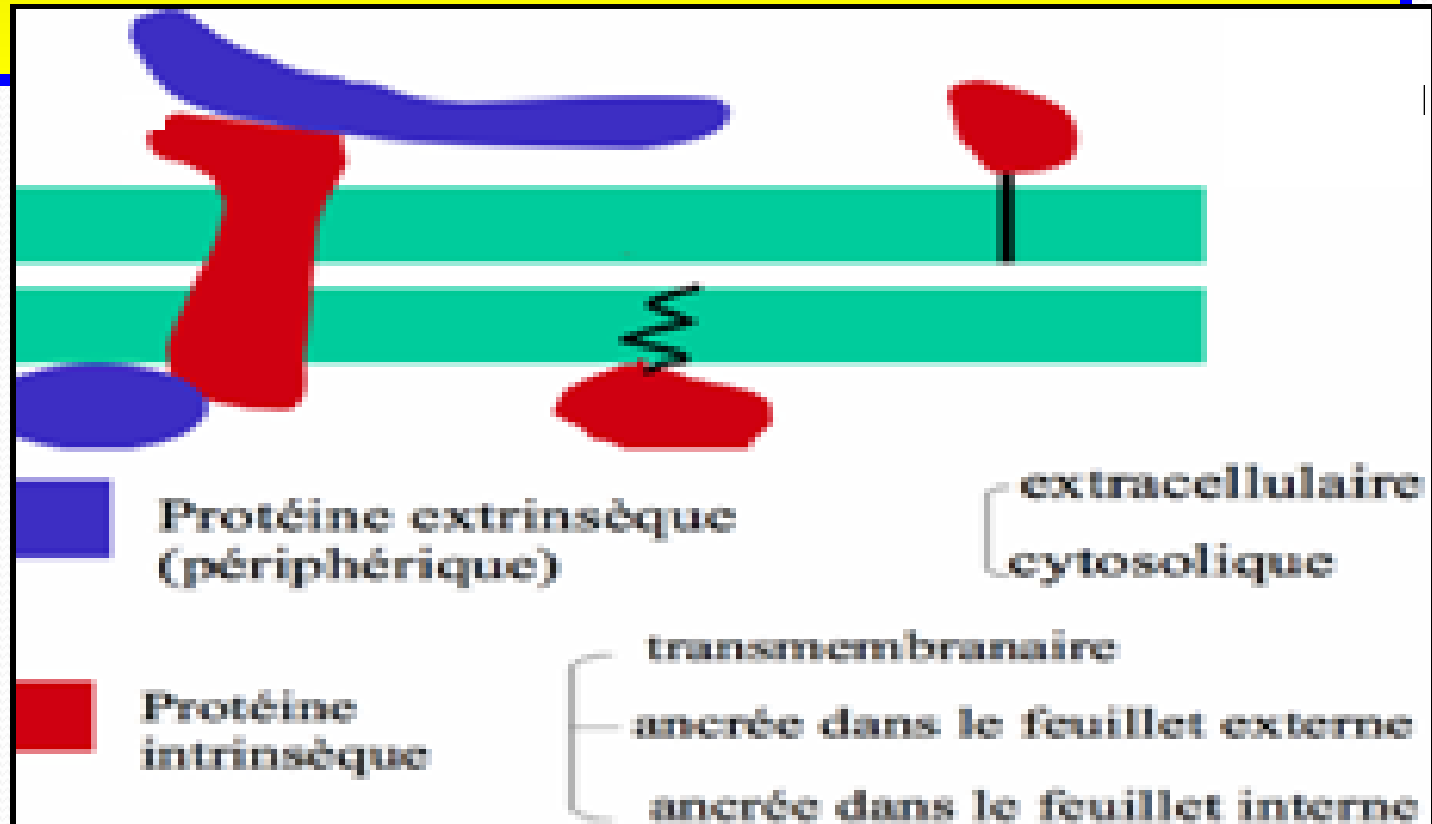
# importance de la fluidité pour la membrane

❖ La fluidité permet à la cellule de se diviser : Il suffit de resserrer l'équateur de la sphère pour obtenir deux sphères.



❖ Pour les protéines membranaires : **Grâce a la fluidité , les protéines peuvent s'unirent a des zones des la membranes et former des structures solides (jonctions , les récepteurs , les synapses ) .**

# II- Les protéines membranaires



## 2-Les protéines membranaires: structure

Elles sont des éléments essentiels de la diversité et de la spécificité des membranes.

Suivant leur localisation par rapport à la double couche lipidique, on peut décrire deux types de protéines membranaires:

- 1) **Protéines intégrales (transmembranaires ou intramembranaires)**
- 2) **Protéines périphériques**

## 2-Les protéines membranaires

### 1. Les protéines intégrales (transmembranaires)

Elles traversent de part en part la membrane, et interagissent avec la partie hydrophobe de la bicouche lipidique. Elles sont donc intrinsèques, leur extraction entraîne la déstabilisation de la membrane.

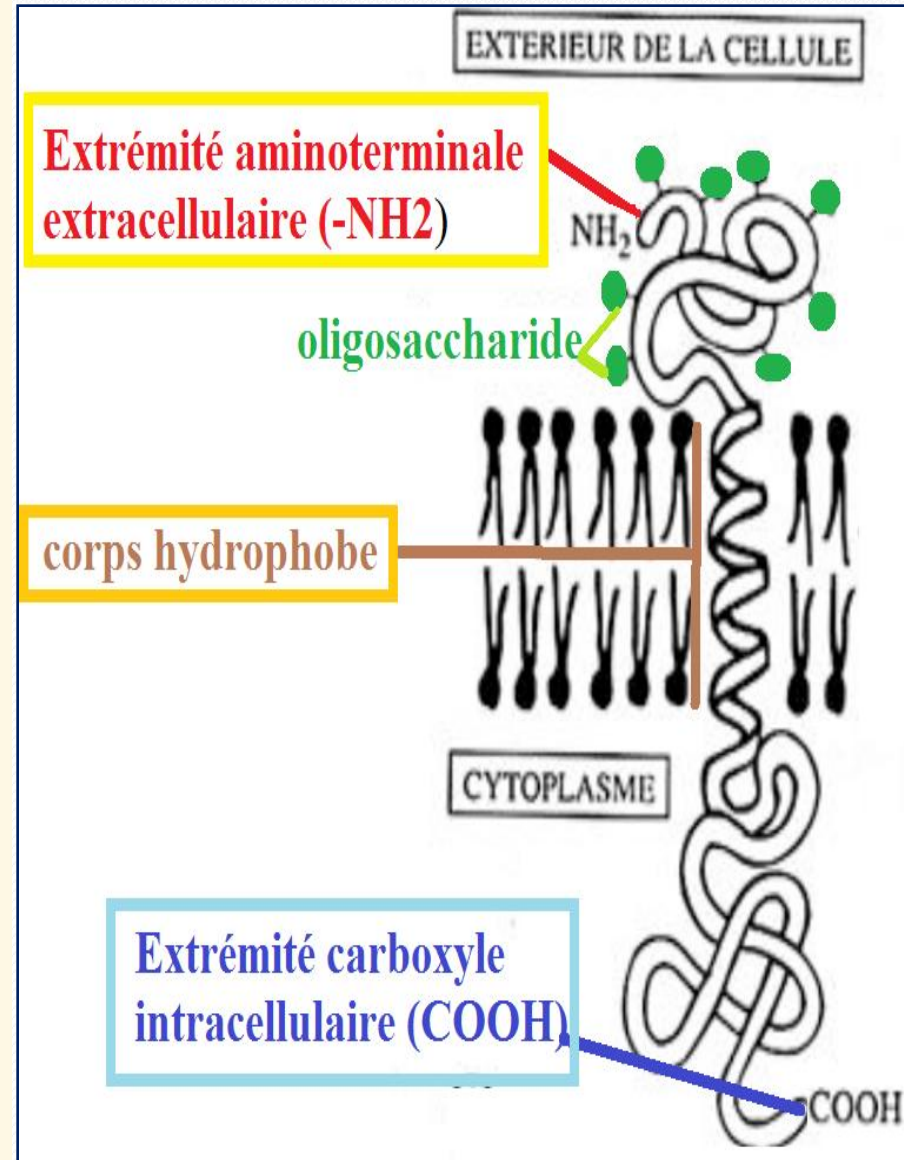
Ces protéines peuvent se présenter sous forme de :

- Protéine à traversée unique possédant une seule hélice ou un seul segment transmembranaire.
- Protéine à traversées multiples possédant plusieurs segments (parfois plus d'une dizaine).

## 2-Les protéines membranaires

Les protéines intégrales possèdent

- Un domaine amino-terminal (-NH<sub>2</sub>) extracellulaire souvent porteur de résidus glucidiques
- Une extrémité carboxyle (COOH) intracellulaire
- Un corps hydrophobe, qui interagit avec la partie hydrophobe de la bicouche lipidique.



# 2-Les protéines membranaires: structure

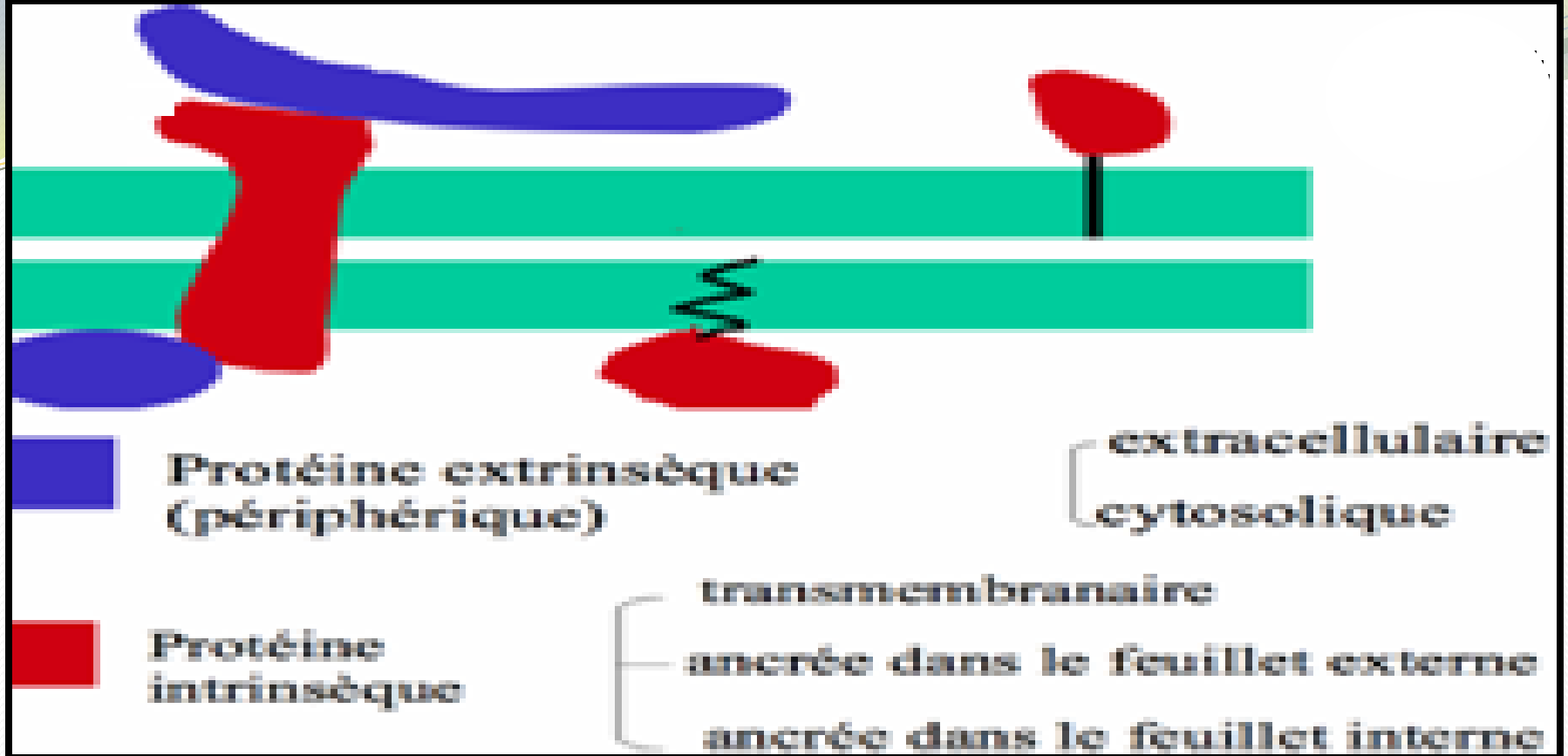
## 2. Les protéines périphériques

Elles sont localisées sur la face membranaire extracellulaire, ou cytosolique.

Elles peuvent être :

**Extrinsèques (superficielles):** détachées de la membrane par une simple modification de la force ionique du milieu. Elles se lient par des interactions essentiellement ioniques, soit aux groupements de tête hydrophile des phospholipides, soit aux portions hydrophiles des protéines.

**Intrinsèques** ancrées à la membrane par un ancrage lipidique, leur extraction passe par la déstabilisation des interactions hydrophobes de la bicouche lipidique.



• Figure : Différents types de protéines membranaires

**Les protéines périphériques extrinsèques** (superficielles) se lient soit aux groupements de tête hydrophile des phospholipides, soit aux portions hydrophiles des protéines, la liaison se fait par des interactions essentiellement ioniques

**Les protéines périphériques intrinsèques** sont ancrées à la membrane par un ancrage lipidique

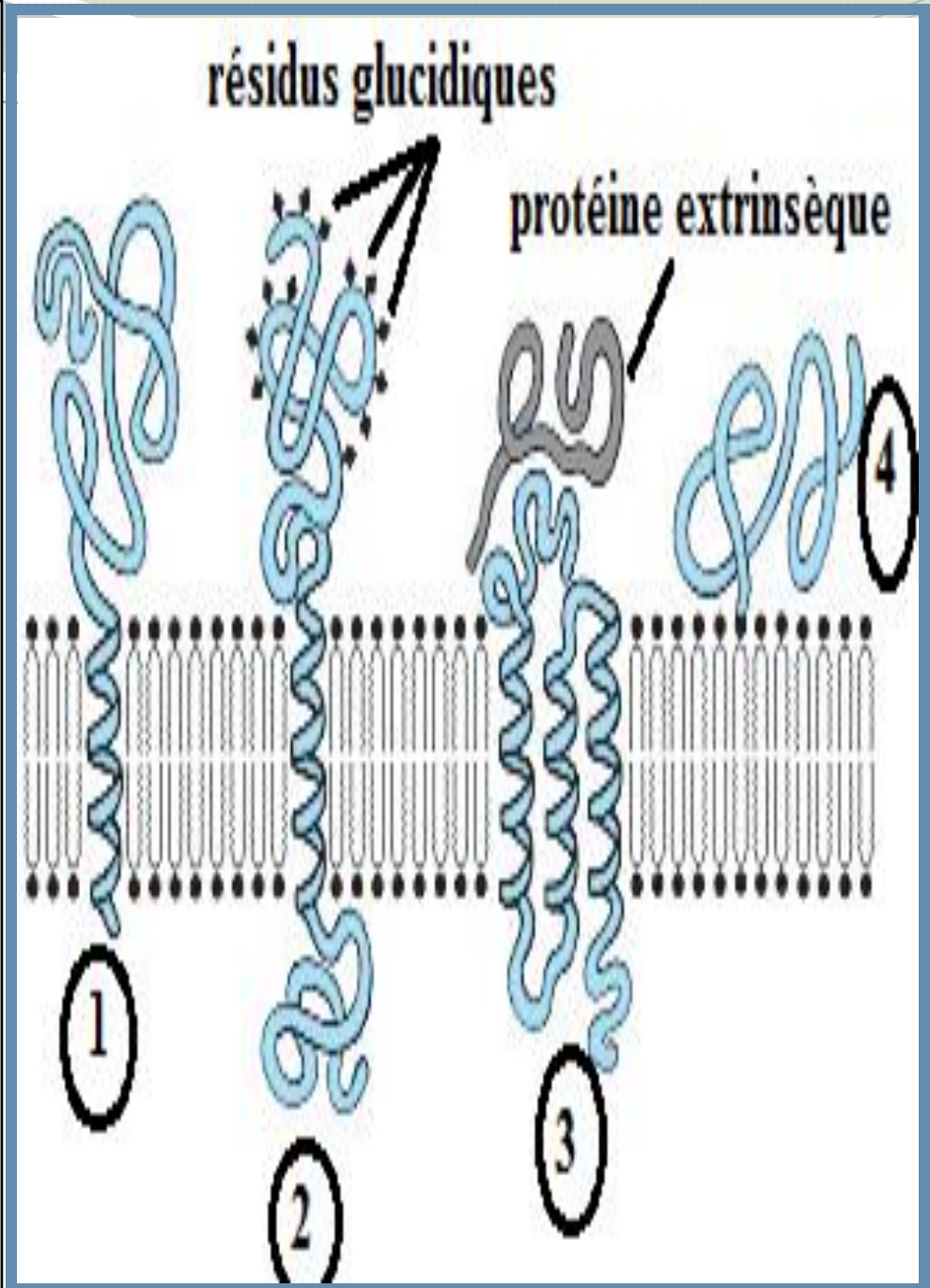
**Figure :**

**Divers types de protéines membranaires**

**(1) et (2) Protéines intrinsèques à traversée unique, l'une des deux étant fortement glycosylée sur un de ses domaines hydrophiles.**

**(3) Protéine intrinsèque à traversées multiples (ici, à 3 passages), sur laquelle est accrochée une protéine extrinsèque.**

**(4) Protéine intrinsèque périphérique intégrée dans la membrane par un ancrage lipidique.**

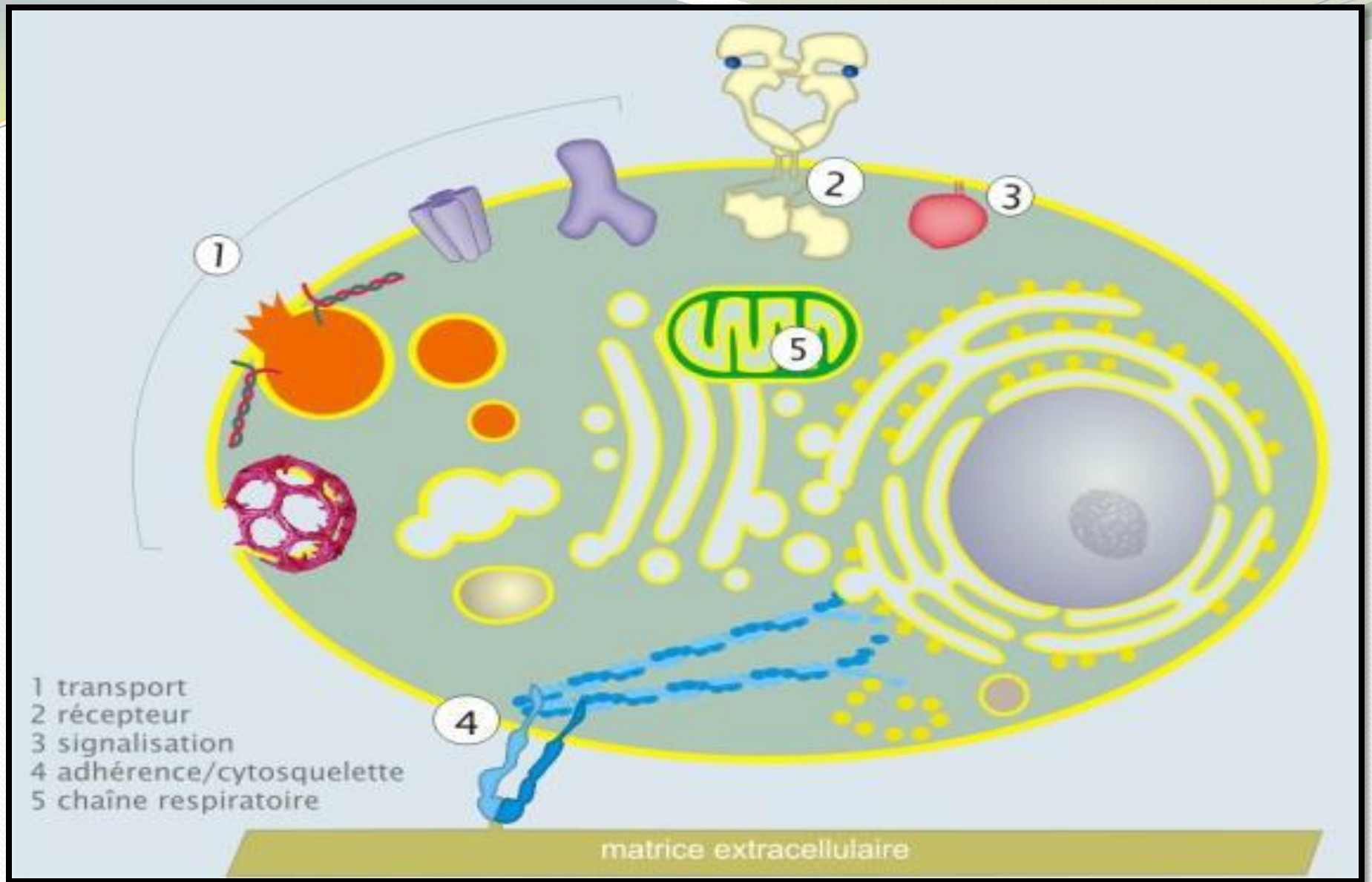




## 2-Les protéines membranaires : Rôle

Bien que les lipides membranaires présentent une certaine variété, comme on vient de le voir, la diversité des membranes cellulaires et la spécificité de leurs fonctions, chez les Eucaryotes, sont essentiellement liées à celles des protéines qui y sont associées.

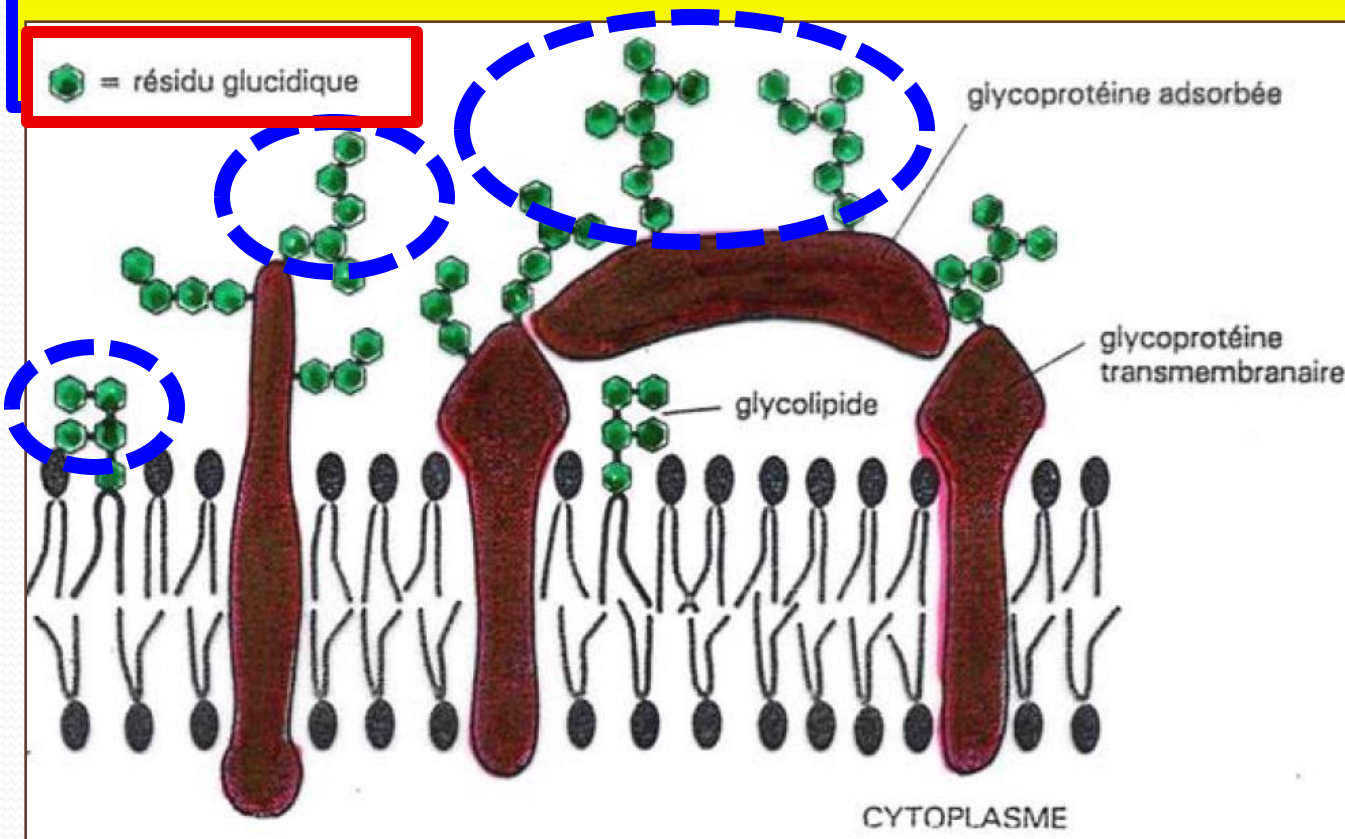
Elles y jouent des rôles de **récepteurs** et de **transporteurs** (de matière ou d'information), des rôles de reconnaissance et d'adhérence entre cellules, d'accrochage aux cellules voisines ou à la matrice extracellulaire, de capture d'énergie physique (la lumière), ou tout simplement de catalyse enzymatique...



**Figure: Les protéines membranaires: d'un point de vue fonctionnel**

# III- Les glucides membranaires

● = résidu glucidique



### 3- Les glucides membranaires

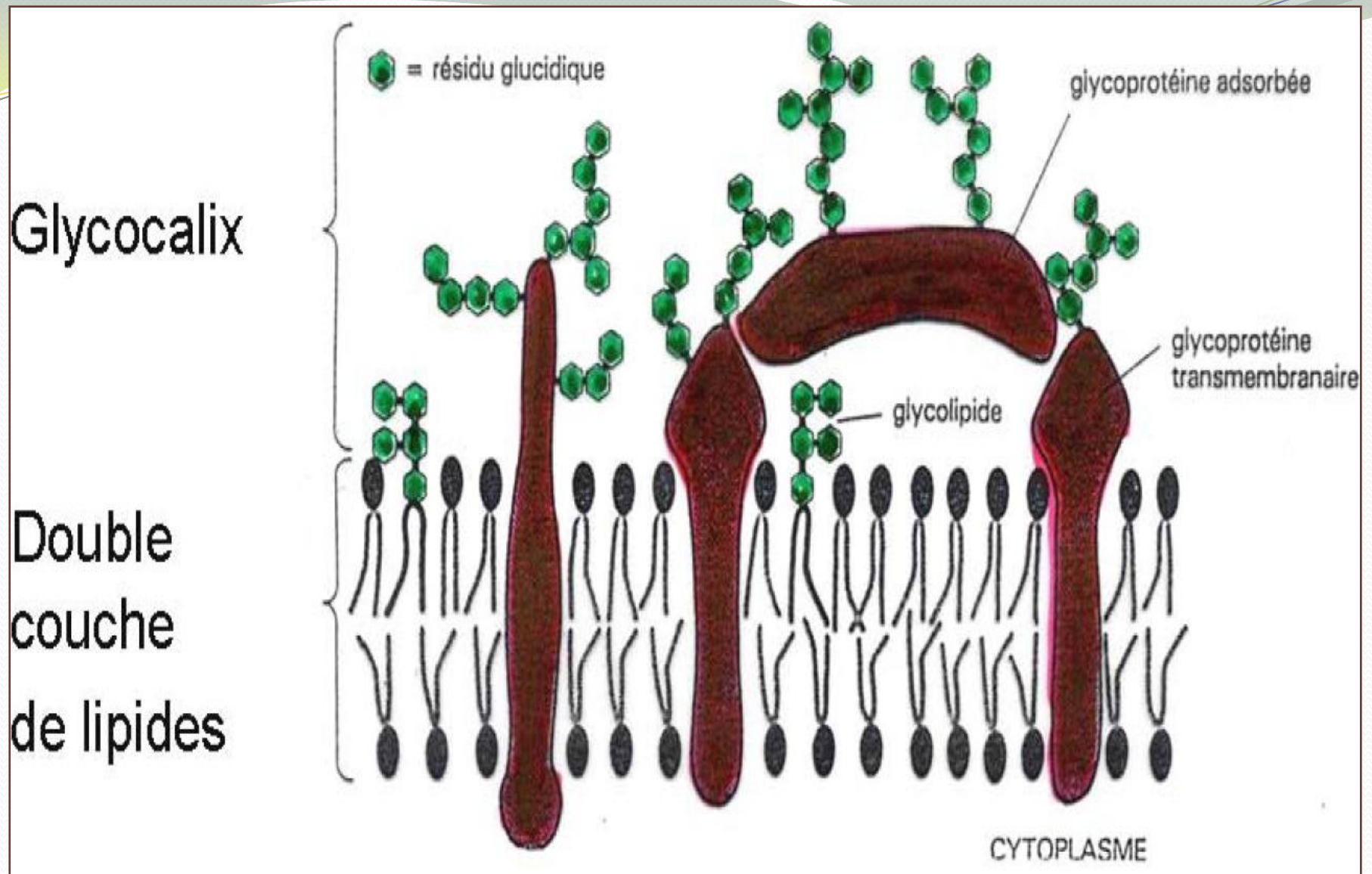
L'analyse chimique de très nombreuses membranes cellulaires montre la présence constante, bien qu'en quantité très variable, de molécules de nature glucidique. En fait, celles-ci n'existent pas à l'état libre mais sont toujours associées, de façon covalente, aux autres molécules constitutives de la membrane (protéines et lipides).

# 3- Les glucides membranaires

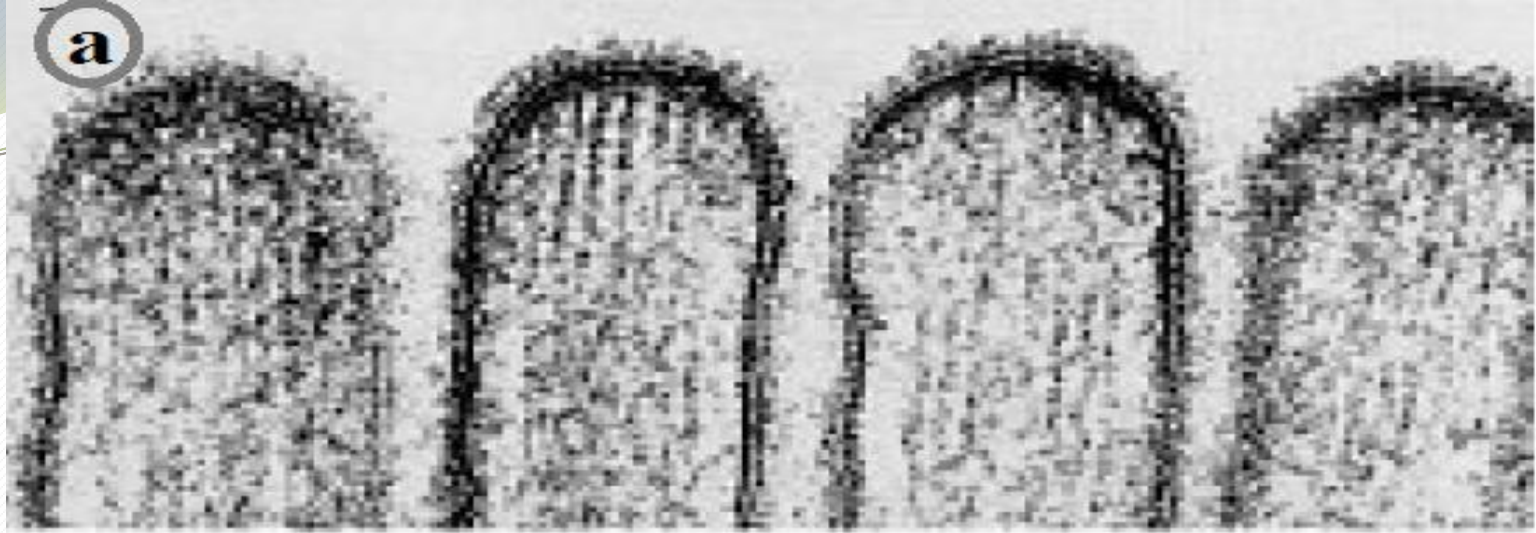
- Les **glycolipides** : Chaines sucrées attachés aux lipides pouvant être trouvées dans les membranes, mais en faible quantité.
- Les **glycoprotéines et les Protéoglycanes** : Chaines sucrées liées aux protéines, ils forment la plus grande partie de la masse des glucides membranaires

### 3- Les glucides membranaires

- Pour les **glycoprotéines** la partie glucidique ne représente jamais plus de 50-60 % de la masse totale de la molécule.
- Tandis que Pour les **Protéoglycanes** on peut obtenir des molécules de très haute masse moléculaire, dont l'essentiel est constitué de sucres ou dérivés (jusqu'à 95 %) et dont la partie axiale, proprement protéique, devient très minoritaire en masse.



**Figure : Attachement des glucides à la membrane plasmique**



**Figure: Coupes de microscopie électronique montrant le revêtement polysaccharidique ou glycocalyx (un feutrage dense et épais), présents à la surface des Microvillosités de la face absorbante des entérocytes: coupes longitudinale (a) et transversale (b)**





MERCI

## Rappel des unités :

1 millimètre (mm) =  $10^{-3}$  mètre

1 micromètre ( $\mu\text{m}$ ) =  $10^{-6}$  mètre

1 nanomètre (nm) =  $10^{-9}$  mètre

→ Une cellule (ç) animale est de l'ordre de 10 à 100  $\mu\text{m}$ .

**Le nom « choline » vient du grec kholê, bile, car c'est d'abord dans le foie qu'elle a été extraite par le chimiste allemand Adolph Strecker en 1868 (puis, peu après, dans le cerveau où sa concentration est beaucoup plus importante). La choline,  $C_4H_{14}NO$ , est un Aminoalcool présent dans l'organisme humain en faible quantité à l'état libre, et en forte quantité sous forme d'esters (lécithines, sphingomyélines) La choline est le précurseur d'une part de l'acétylcholine (important neurotransmetteur et neuromodulateur) et d'autre part précurseur de lipides membranaires**

**Elle est aussi présente dans les végétaux, les graisses animales et le jaune d'oeuf, essentiellement sous forme de phosphatidylcholine ou de sphingomyéline**

- **L'inositol**: alcool cyclique en C6 , sa formule générale est semblable au glucose C6H12O6
- **L'inositol** entre dans la composition de plusieurs molécules biologiques:
- La **phosphatidylinositol**: rôle structural au niveau des membranes
- **Inositol tri phosphate** (abréviation IP3) : joue le rôle de second messager produit dans les cellules par la mise en jeu de récepteurs membranaires couplés à la protéine G