



UE de BIOCHIMIE 1

Les LIPIDES

Marc de Tapia
INSERM U-1118
Mécanismes Centraux et Périphériques de la
Neurodégénérescence

Inserm

LIPIDES

« lipos »

(graisse en grec)

Caractérisés par leur solubilité dans l'eau

Solubilité nulle ou faible dans l'eau

Solubilité élevée dans les solvants organiques non polaires

Les lipides peuvent être classés suivant leurs Etats physiques à température ambiante
(Huiles, beurres, graisses et cires)

Molécule complètement apolaire

**Molécule amphiphile (ou amphipathique)
Tête polaire et Chaîne apolaire**

Composition et Classification

LIPIDES SIMPLES

LIPIDES COMPLEXES

STERIDES

Acides Gras

Glycérophospholipides

Glycérides

Glycéroglycolipides

Ester de Cholestérol

Sphingolipides

LIPIDES VRAIS

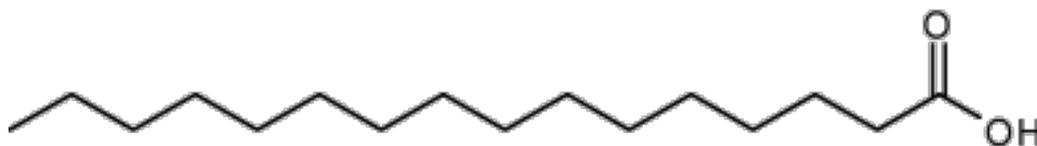
COMPOSES
A CARACTERE LIPIDIQUE

LES ACIDES GRAS

Monoacide linéaire à nombre pair d'atomes de carbone

Acide carboxylique (carbone à double liaison oxygène et un groupement hydroxyle OH)

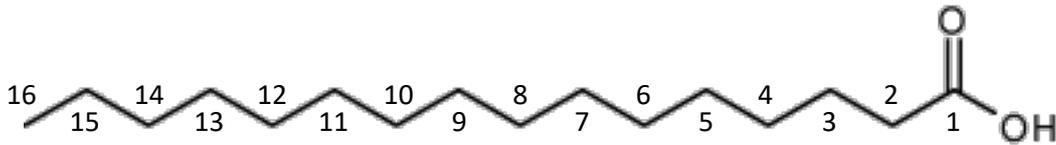
Chaîne aliphatique (présentant des carbones saturés ou insaturés en Hydrogène)



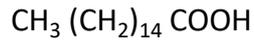
Chaîne carbonée apolaire
hydrophobe

Groupe carboxylique polaire
hydrophile

nombre de carbone : La nomenclature



Acide gras en C16



Acide n-Hexadécanoïque ou Acide palmitique

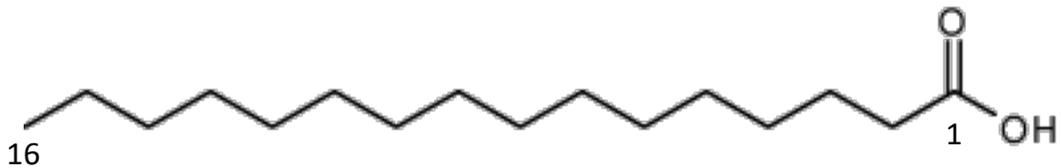
Les Acides Gras (AG) sont caractérisés par le Nombre d'atomes de carbones de la chaîne aliphatique

longueur relative	nC	nom systématique	nom courant de l'acide	
chaîne courte	4	n-butanoïque	butyrique	<i>beurre</i>
	6	n-hexanoïque	caproïque	<i>lait de chèvre</i>
	8	n-octanoïque	caprylique	...
	10	n-décanoïque	caprique	...
chaîne moyenne	12	n-dodécanoïque	laurique (laurier)	<i>huile, graisses</i>
	14	n-tétradécanoïque	myristique (muscade)	<i>animales et</i>
	16	n-hexadécanoïque	palmitique (palmier)	<i>végétales</i>
	18	n-octadécanoïque	stéarique (suif)	
chaîne longue	20	n-icosanoïque	arachidique	<i>graines</i>
	22	n-docosanoïque	béhénique	
	24	n-tétracosanoïque	lignocérique	<i>cires des</i> <i>plantes</i> <i>bactéries</i> <i>insectes</i>
	26	n-hexacosanoïque	cérotique	
	28	n-octacosanoïque	montanique	
	30	n-triacontanoïque	mélissique	
32	n-dotriacontanoïque	lacéroïque		

*Les AG naturels les plus abondants
Acide Palmitique (C16) et Acide Stéarique (C18)*

Tous les carbones de la chaîne aliphatique sont saturés en hydrogène

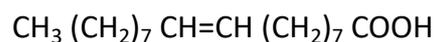
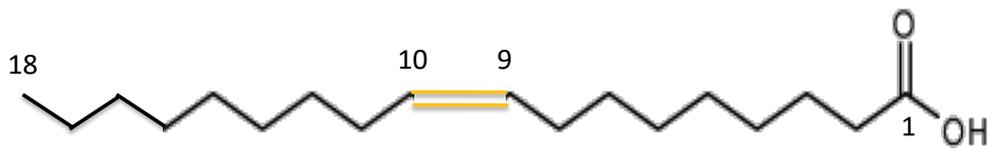
Absence de double liaison -CH=CH-



L'acide palmitique (C16) un acide gras SATURE

Certains carbones de la chaîne aliphatique ne sont pas saturés en hydrogène

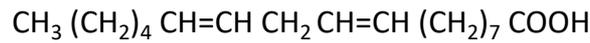
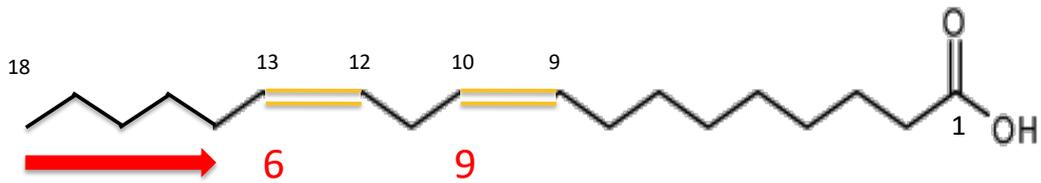
Présence de double liaison -CH=CH-



L'acide oléique (C18) possède une double liaison en position 9 (ω_9)

C'est un ACIDE GRAS MONO-INSATURE

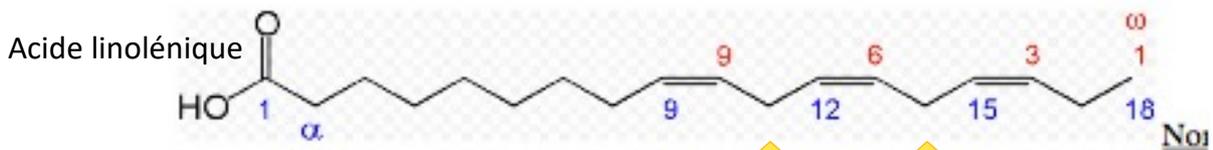
Présence de plusieurs doubles liaisons -CH=CH-



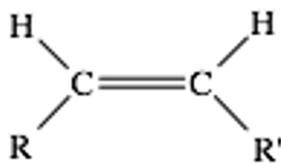
L'acide linoléique (C18) possède deux doubles liaisons en position 9 et 12

C'est un AG Polyinsaturé **OMEGA 6** (ω_6)
Nbre de C en partant de l'extrémité de la chaîne aliphatique

Configuration de la Double liaison

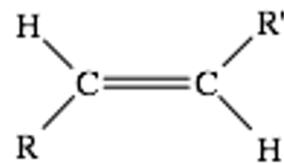


Toujours un Méthyle entre deux Liaisons doubles



Configuration *cis*

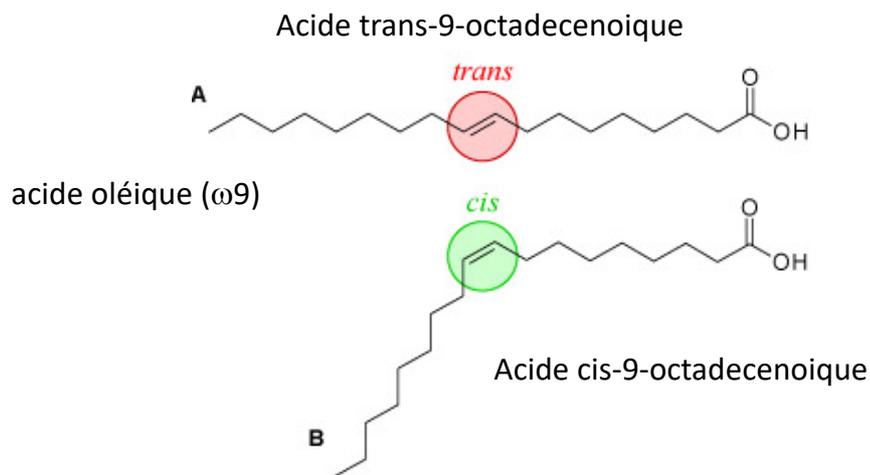
Cas général des AG Naturels



Configuration *trans*

Cas naturels rares :
l'acide trans-vaccénique
(Bactéries du lumen des ruminants)

Alimentation industrielle produits
d'origine animale



Hydrogénation partielle des AG naturels
AG insaturés CIS => AG insaturés TRANS

Les Trans :
plus solide à température ambiante (augmentation de la température de fusion)
diminution du rancissement (limitation de l'oxydation)

nC	nom systématique	nom courant	symbole	série	
16	cis-9-hexadécénoïque	palmitoléique	C16: 1(9)	ω 7	<i>très répandu</i>
	cis-9-octadécénoïque	oléique	C18: 1(9)	ω 9	<i>très répandu</i>
	cis-11- octadécénoïque	vaccénique	C18: 1(11)	ω 7	<i>bactéries</i>
18	cis, cis-9-12 octadécadiénoïque	linoléique	C18: 2(9, 12)	ω 6	<i>graines</i>
	tout cis-9-12-15 octadécatriénoïque	linoléinique	C18: 3(9, 12, 15)	ω 3	<i>graines</i>
20	tout cis-5-8-11-14 icosatétraénoïque	arachidonique	C20: 4(5, 8, 11, 14)	ω 6	<i>animaux</i>
	tout cis-5-8-11-14-17 icosapentaénoïque	EPA*	C20: 5(5, 8, 11, 14, 17)	ω 3	<i>huiles de poissons</i>
24	cis-15-tétracosénoïque	nervonique	C24: 1(15)	ω 9	<i>cerveau</i>

NOMENCLATURE DES AG

Acide palmitique (C16) n-hexadécanoïque

Chaîne non branchée Nbre de carbone Chaîne saturée (an)

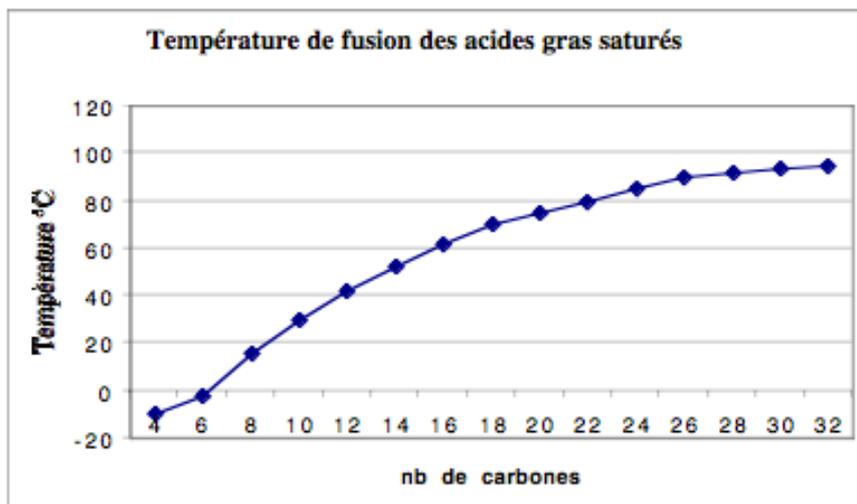
Acide linoléique (C18) Cis-9-12-15 octadécatriénoïque (ω 3)

Configuration et position des C=C Nbre de carbone Chaîne insaturée (en) Position 1^{er} C=C (Chaîne aliphatique)

Propriétés physiques des AG

Etat de fusion (passage à l'état liquide)

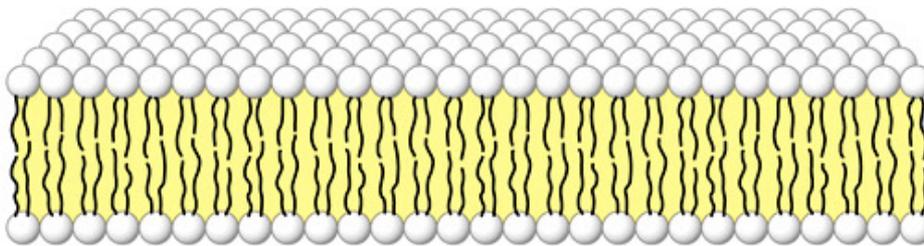
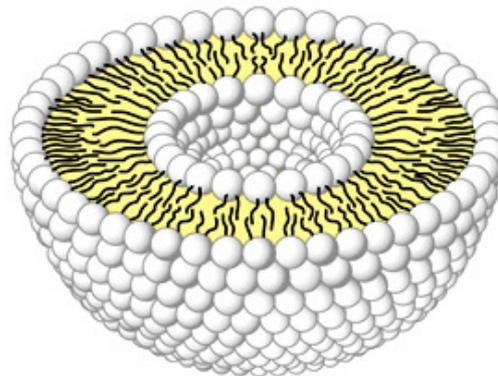
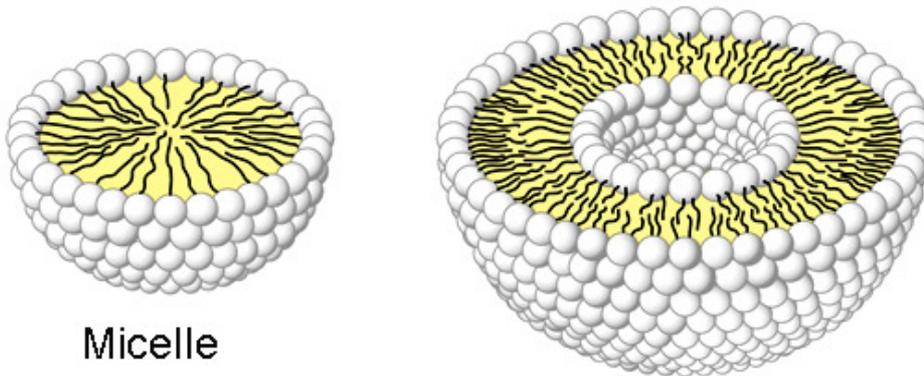
- * La longueur de la chaîne des acides gras saturés élève la température de fusion
- * La méthylation diminue la température de fusion



L'Etat physique des acides gras en fonction de la température a des conséquences physiologiques importantes pour les organismes vivants:

- * fluidité des membranes
- * dépôts des AG non liquides

SOLUBILITE DES AG et ORGANISATION MOLECULAIRE



Composition et Classification

LIPIDES SIMPLES

LIPIDES COMPLEXES

STEROIDES

Acides Gras

Glycérophospholipides

Glycéroglycolipides

Cholestérol

**Glycérides
Ou glycérolipides**

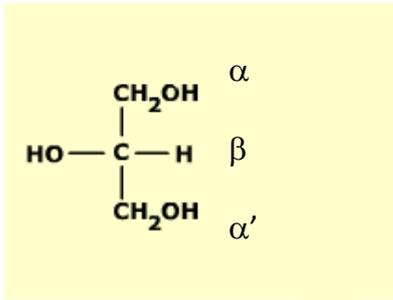
Sphingolipides

LIPIDES VRAIS

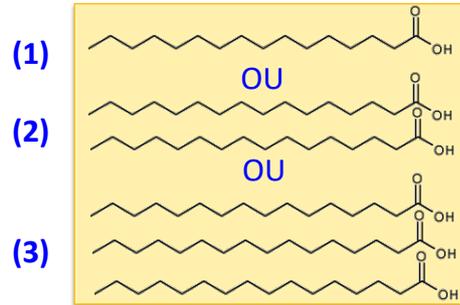
COMPOSES
A CARACTERE LIPIDIQUE

GLYCEROLIPIDES

Glycérol



Acides gras



Mono (1) ou di (2) ou tri (3) glycérides

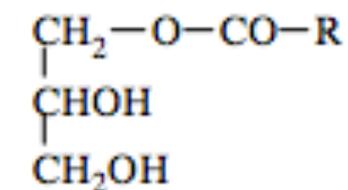
Mono (1) ou di (2) ou tri (3) glycérides

Liaison en position alpha, Beta ou alpha'

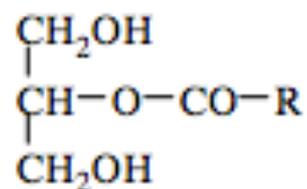
Homogène (même AG) ou mixte (AG différents)

Les Monoglycérides (monoacylglycérol)

Association en position alpha ou Beta



α -monoglycéride

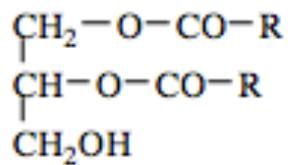


β -monoglycéride

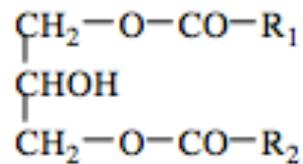
Les Diglycérides (diacylglycérols)

Association en position alpha, Beta ou alpha'

Homogène (même AG) ou mixte (AG différents)



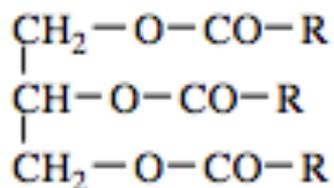
$\alpha\beta$ -diglycéride
(homogène)



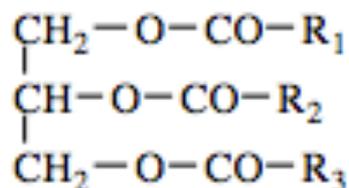
$\alpha\alpha'$ -diglycéride
(mixte)

Les Triglycérides (triacylglycérol)

Homogène (même AG) ou mixte (AG différents)



triglycéride
(homogène)



triglycéride
(mixte)

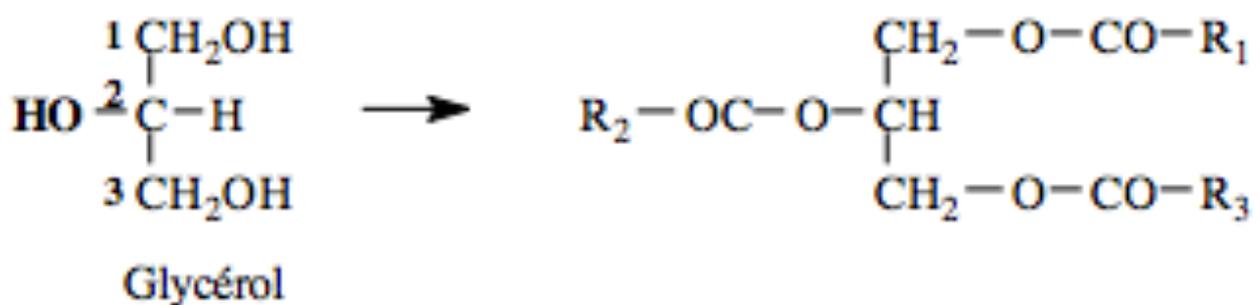
Propriétés Physiques et physicochimiques

- * Caractère complètement apolaire et totalement insoluble dans l'eau (perte des groupes hydroxyles et carboxyles dans les liaisons esters -CO-O-)
- * Hydrolyse chimique par traitement acide : libération des AG et du Glycérol
- * Hydrolyse enzymatique par des lipases : libération de DG assimilables à partir de TG

Rôles biologiques

- Réserve énergétique à long terme
 - graines des plantes oléagineuses, tissus adipeux des mammifères
 - stockage sous forme compacte et sans eau et catabolisme par oxydation
- Isolant Thermique
 - Tissu adipeux sous-cutané

Nomenclature



Numérotation
Stéréospécifique des
carbones du glycérol

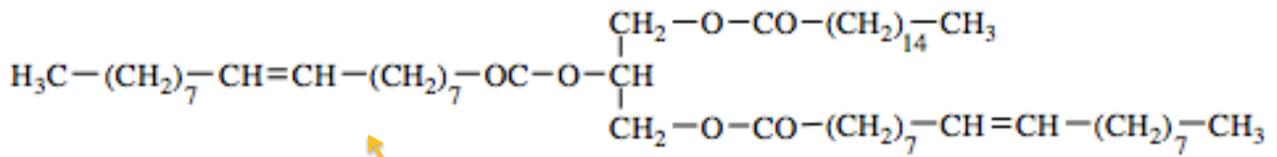


sn

Groupements acyles précédés de leurs
positions sur les carbones du glycérol

1-R1-2-R2-3-R3

16 carbones saturés
n hexadécanoïque = acide Palmitique

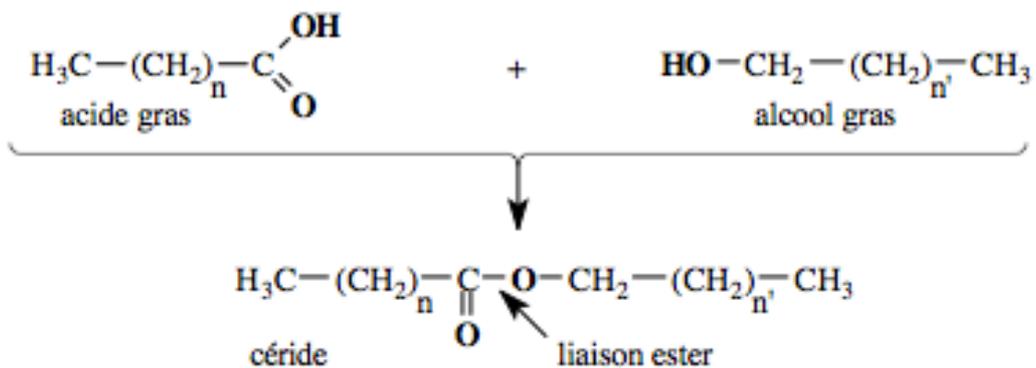


18 Carbones avec 1 double liaison en position 9 (C18: 1(9) ω₉)
cis-9 octadécenoïque = acide oléique

1-palmityl-2,3-dioleoyl-sn-Glycérol

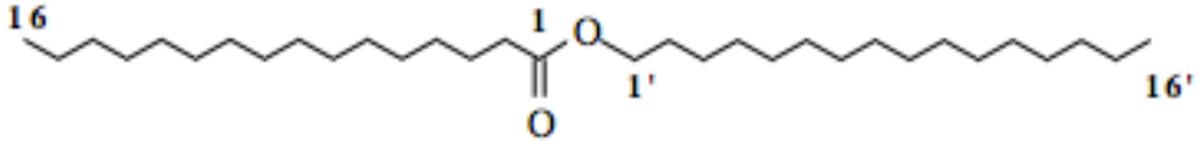
CERIDES

Principaux constituants des cires animales et bactériennes



Longueur de 14 à 30 carbones

Longueur de 16 à 36 carbones



Cire d'abeille riche en palmitate de céryle (1-hexacosanol : 26 carbones)
et en myricyle (30 carbones)

Propriétés physicochimiques

- Solides à température ambiante (Température de fusion très élevée : 60° à 100°C)
- Très forte insolubilité dans l'eau (solubles à chaud dans des solvants organiques)
- Chimiquement inerte (résistance aux acides)

Propriétés biologiques

- Revêtements de protection des organismes vivants
 - enduits imperméabilisants des oiseaux
 - cuticules des feuilles brillantes (houx, palmier...)
 - pellicules de fruits
- Très forte insolubilité dans l'eau (solubles à chaud dans des solvants organiques)
- Chimiquement inerte (résistance aux acides)

Composition et Classification

LIPIDES SIMPLES

LIPIDES COMPLEXES

STERIDES

Acides Gras

Glycérides

Glycérophospholipides

Glycéroglycolipides

Sphingolipides

Ester de Cholestérol

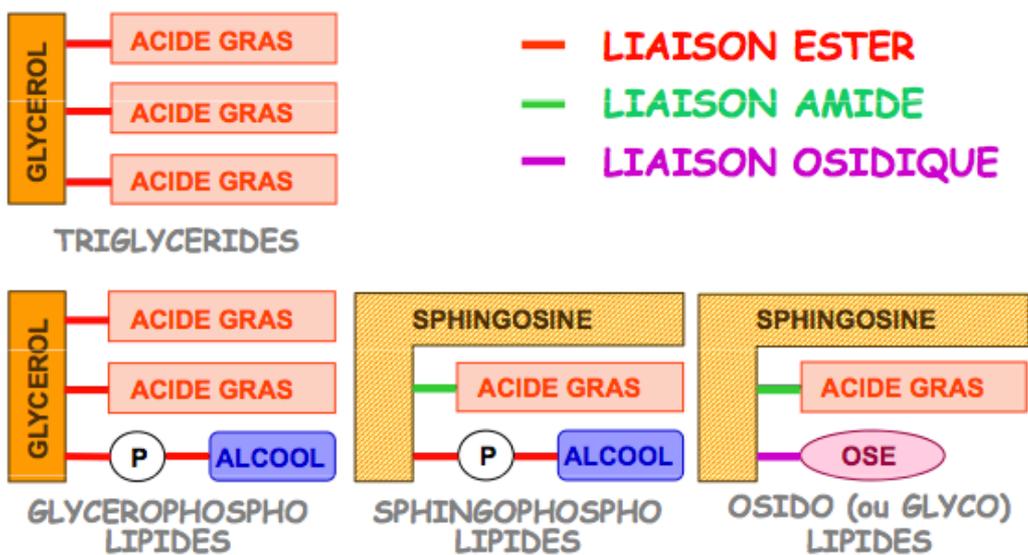
LIPIDES VRAIS

COMPOSES
A CARACTERE LIPIDIQUE

LES LIPIDES COMPLEXES ou hétérolipides

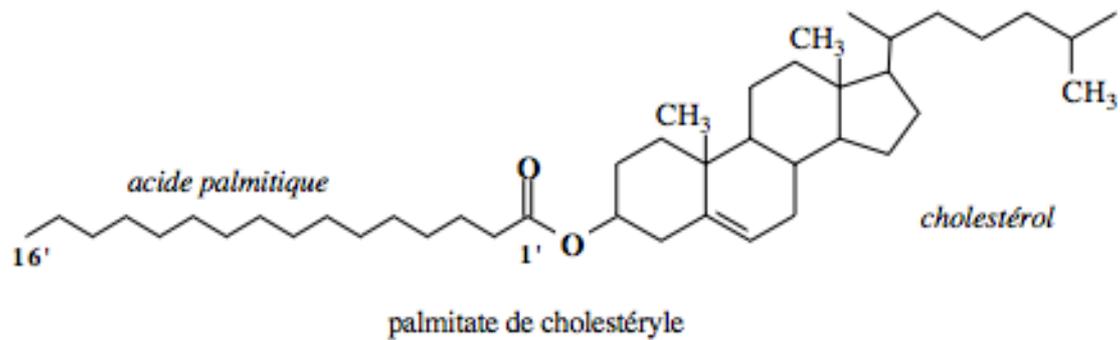
association avec des groupes phosphates, sulfate ou glucidique

Glycérophospholipides
Glycéroglycolipides
Sphingolipides et sphingophospholipides

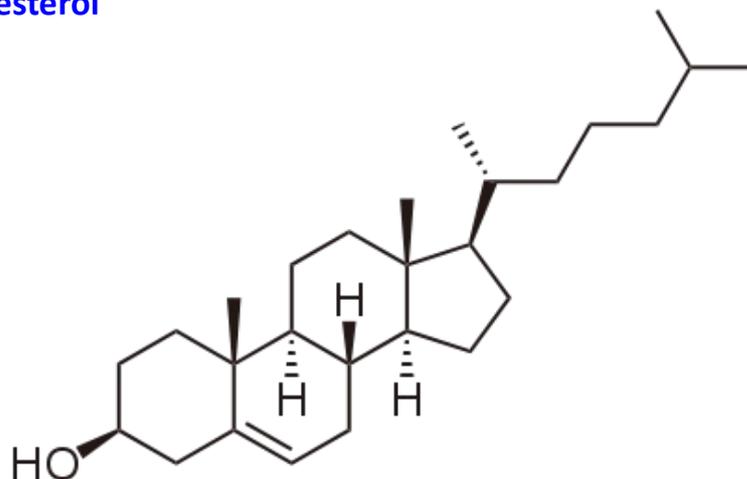


LES STERIDES

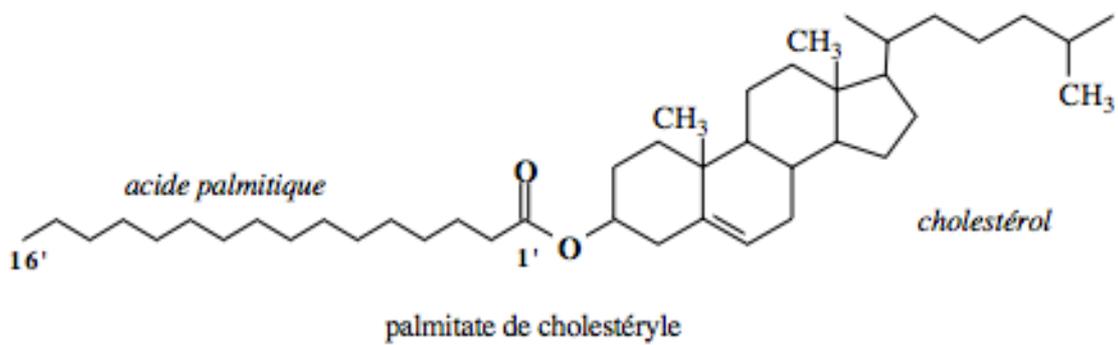
Estérification d'acides gras par des stérols



Le Cholestérol



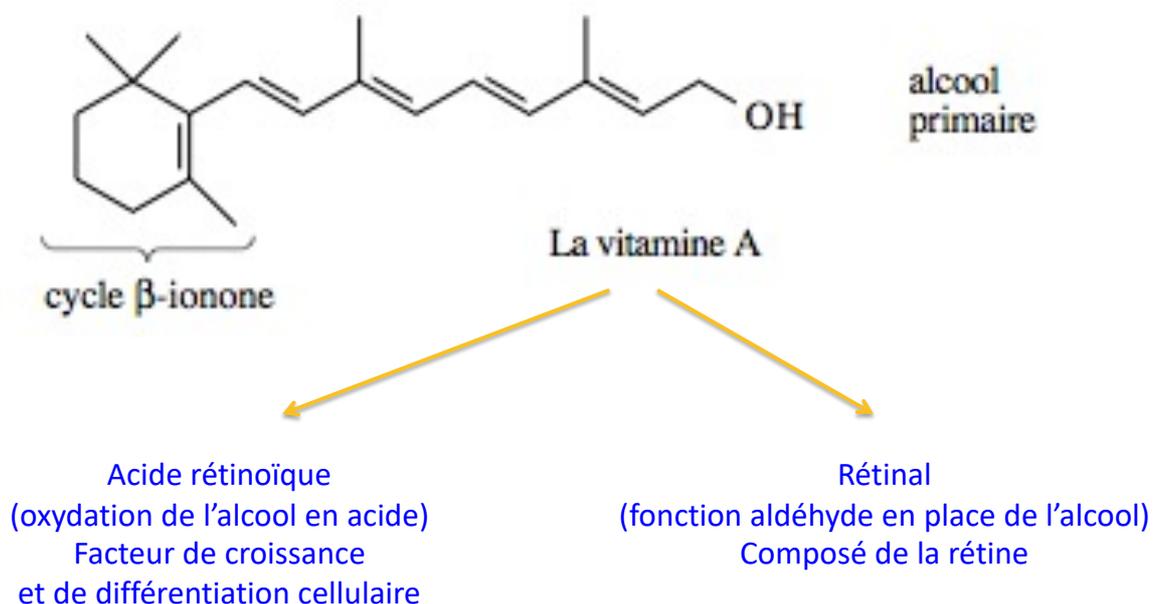
- Principal stérol d'origine animale des structures membranaires
- Précurseur de nombreuses substances stéroïdes, hormones sexuelles et corticosurréaliennes
- Dépourvu d'acides gras mais qui possèdent la même propriété physiques d'insolubilité => MOLECULE à CARACTERE LIPIDIQUE



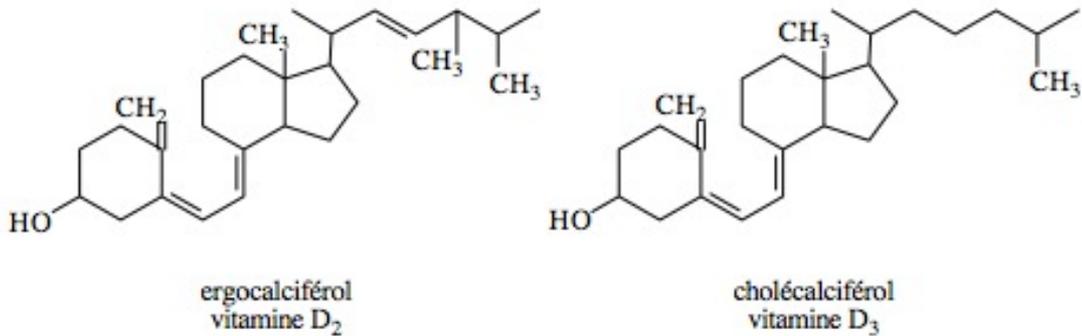
Des exemples:

- l'ergostérol présent dans l'ergot du seigle (champignon) précurseur de la vitD2
- Lanostérol et agnostérol présent dans la graisse de la laine de mouton
- stigmastérol présent dans les plantes
- fucostérol présent dans les algues

LES COMPOSES à CARACTERE LIPIDIQUE

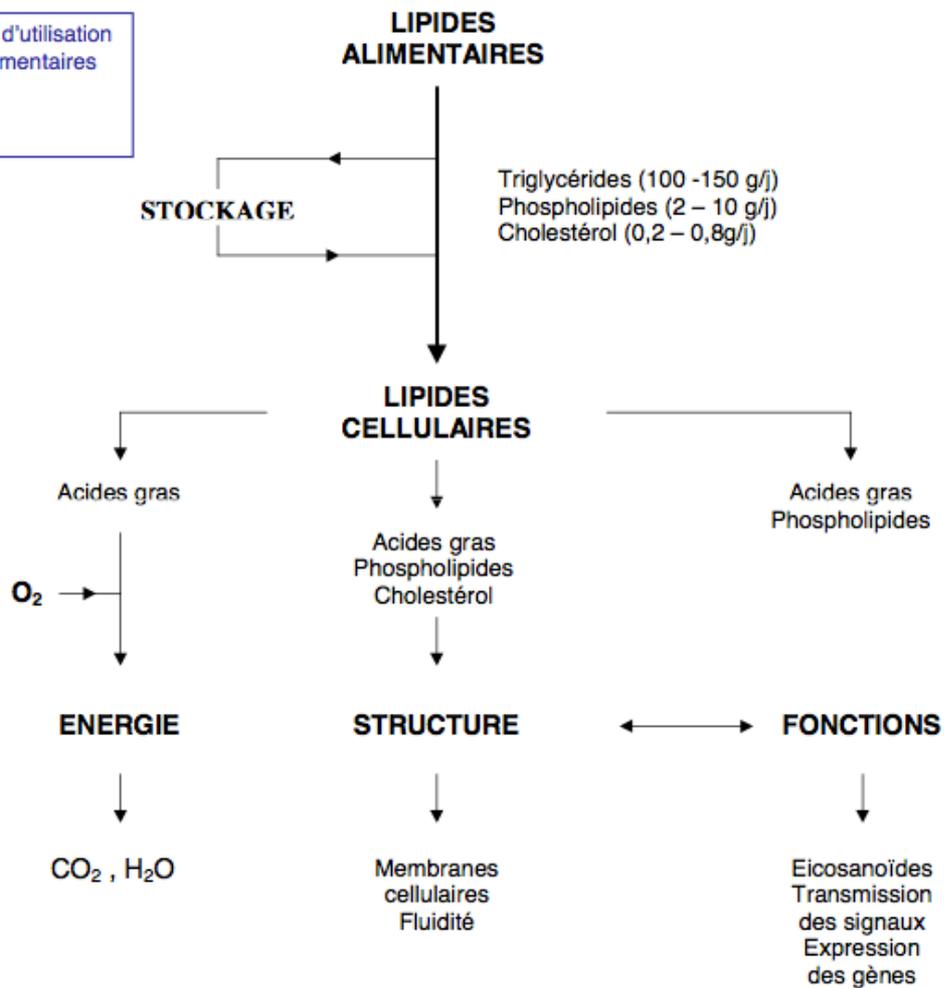


Les Pré-vitamines liposolubles D



Métabolisme phosphocalcique

Principales voies d'utilisation
des graisses alimentaires



Lipides & Membranes Biologiques

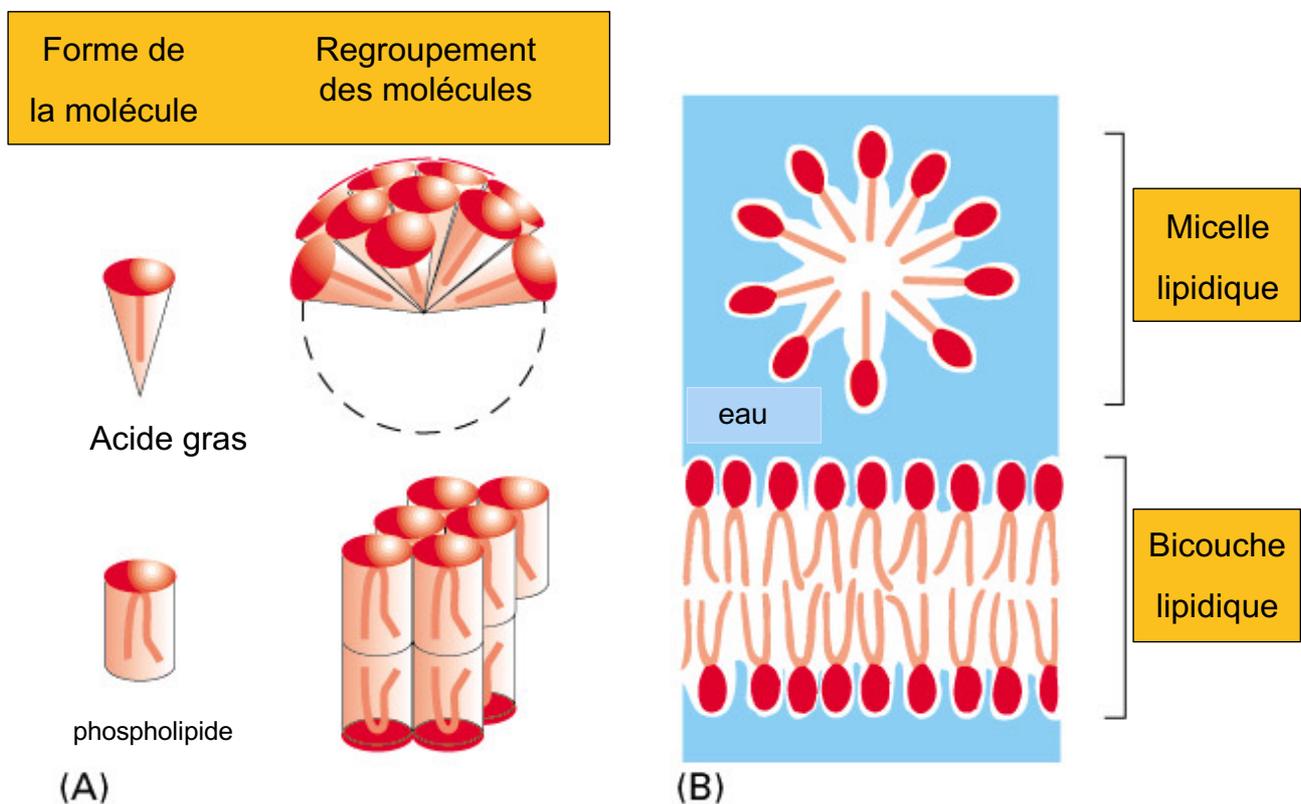
Les principaux lipides de la membrane biologique :

- les phospholipides (et glycérophospholipides)
- le cholestérol
- les sphingolipides
- les glycolipides

➤ Le caractère amphipile (hydrophile / hydrophobe) confère aux lipides un comportement en solution aqueuse spécifique et caractéristique.

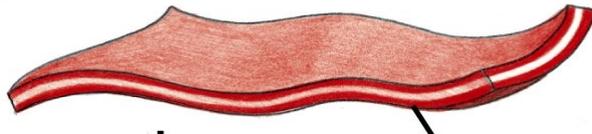
- les parties hydrophobes s'associent entre elles afin qu'elles ne soient en contact avec un milieu aqueux (ex: cytoplasme ou milieu extracellulaire)

- les parties hydrophiles sont en interaction avec un milieu aqueux (ex: cytoplasme ou milieu extracellulaire)

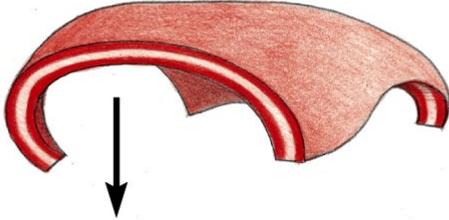


L'organisation des acides gras et des lipides membranaires dans un environnement aqueux est fonction de la forme de la molécule

Énergétiquement défavorable



Bicouche plane avec tranche exposée à l'eau



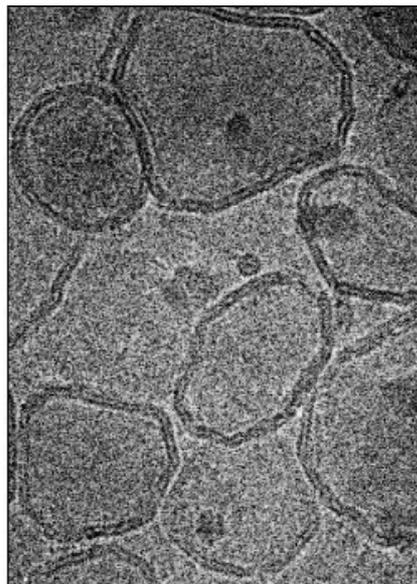
Compartiment clos

Énergétiquement favorable

La fermeture de la bicouche de phospholipides est spontanée pour former un compartiment clos

=> Élimination d'une situation énergétiquement défavorable

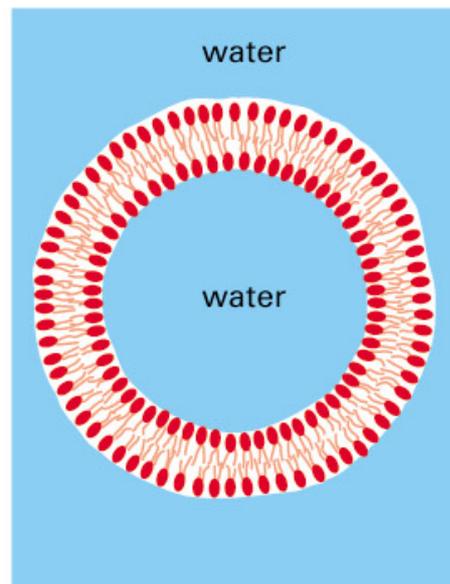
Les bicouches lipidiques synthétiques



(A)

100 nm

(A) Image en microélectronique de liposomes non fixés non colorés dans de l'eau congelée rapidement dans l'azote liquide

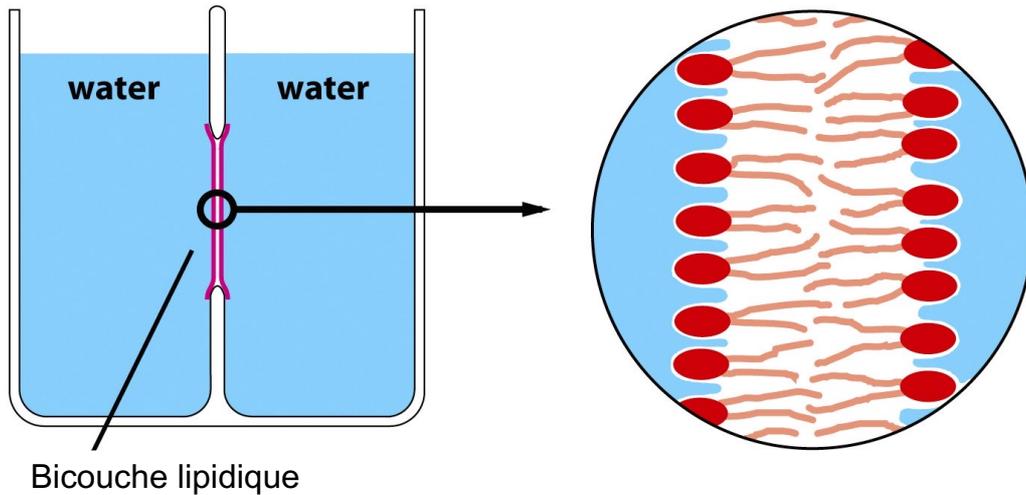


(B)

25 nm

(B) Schéma de liposome : élément utilisé pour l'étude des propriétés des membranes

Les bicouches lipidiques synthétiques

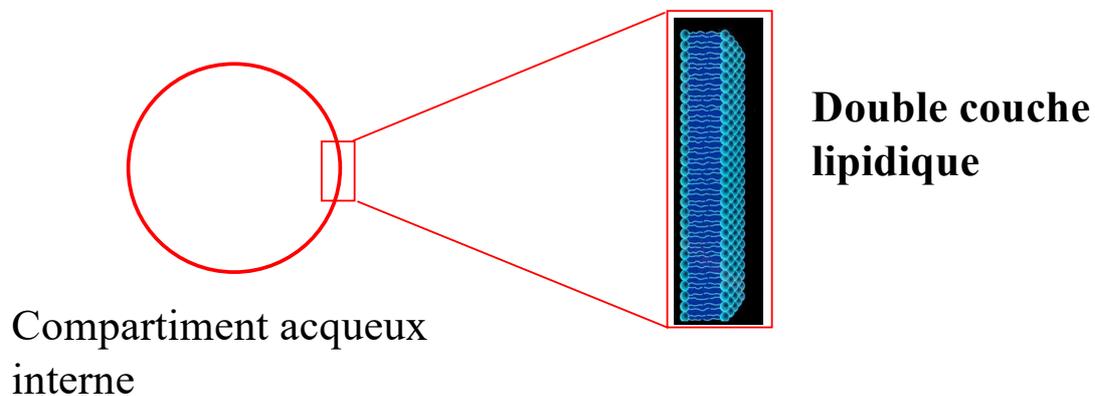


Bicouche lipidique synthétique : utilisée pour mesurer les propriétés de perméabilité des membranes

Les bicouches lipidiques synthétiques

Les liposomes

Sphère creuse délimitée par une double couche lipidique



Les Phospholipides

➤ Constituants majeurs des membranes biologiques

- Grande Famille de molécules (phosphatidates, glycérophospholipides et plasmalogènes) qui diffèrent par :

les chaînes acyles (ou AG)

les substituants du OH du groupement phosphate

- Molécules amphipatiques (ou amphiphiles) qui possèdent un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe

La partie « phosphate » constitue la partie polaire et hydrophile

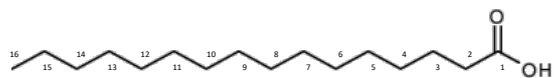
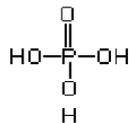
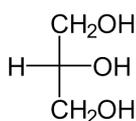
La partie « chaînes hydrocarbonées » constituent la partie apolaire et hydrophobe

Les Phospholipides

Grande famille des acides phosphatidiques, glycérophospholipides ou phosphoglycérides

GLYCERO – PHOSPHO – LIPIDES

1 Glycérol + 1 Phosphate + Acides Gras



Les Phospholipides

- Le Glycérol-3-Phosphate est obtenu par l'estérification du Glycérol par un groupement phosphate par *liaison ester phosphorique*
- Les Acides Phosphatidiques sont obtenus par estérification du Glycérol-3-Phosphate par 2 acides gras par *liaisons ester carboxylique*
- Les Glycérophospholipides sont obtenus par addition d'alcool sur l'OH du groupement phosphate

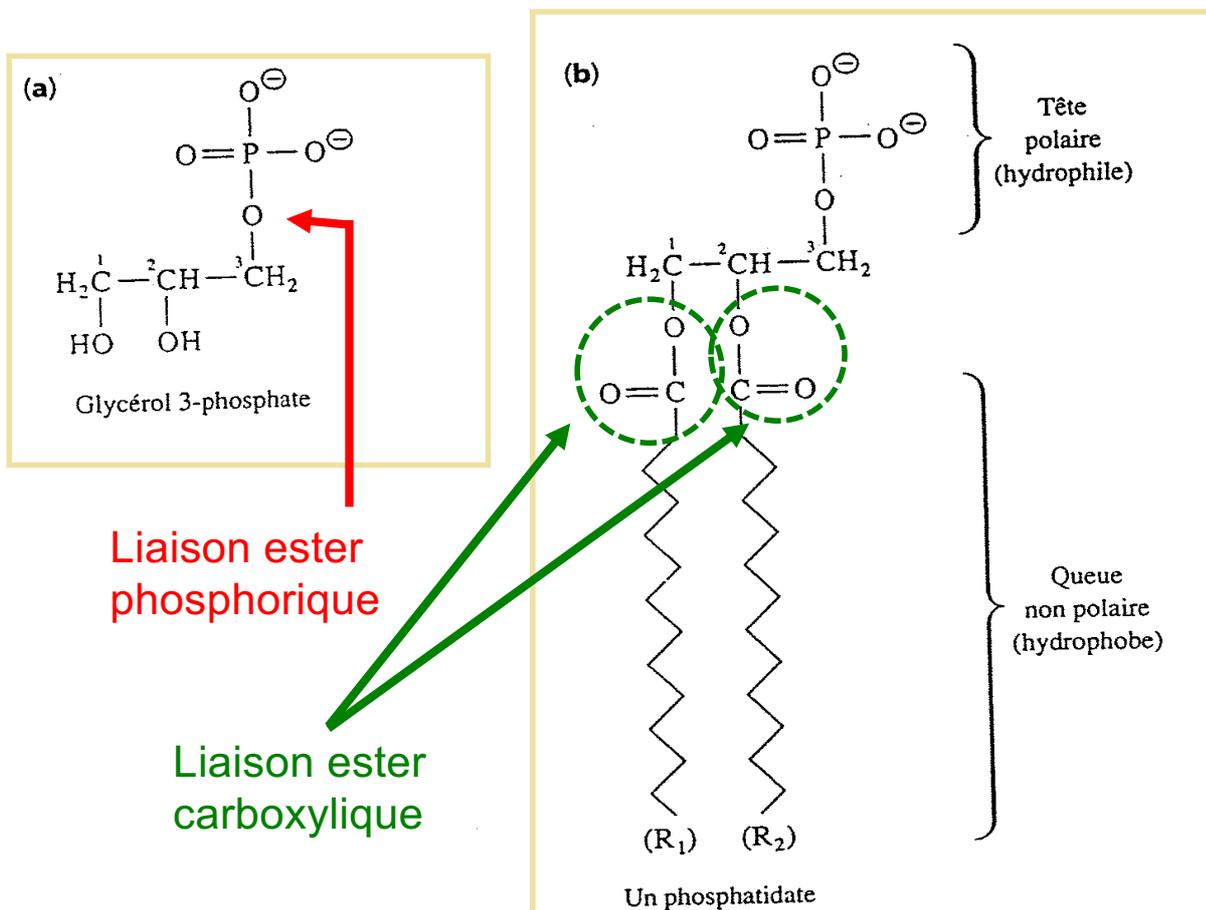
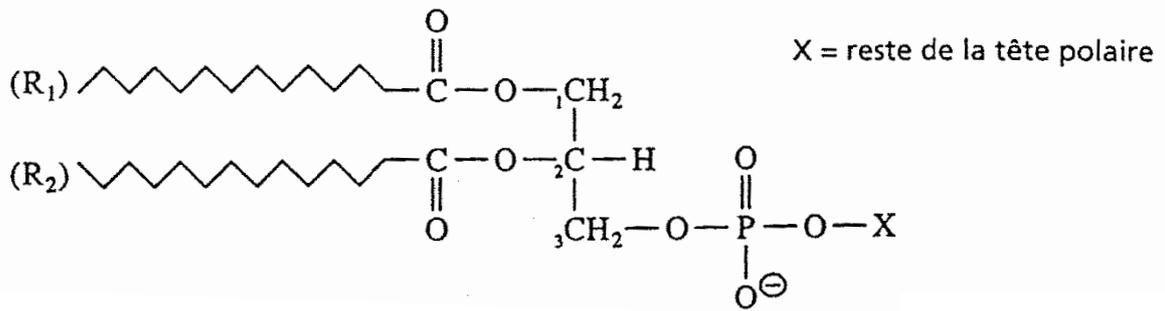
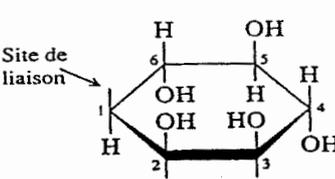


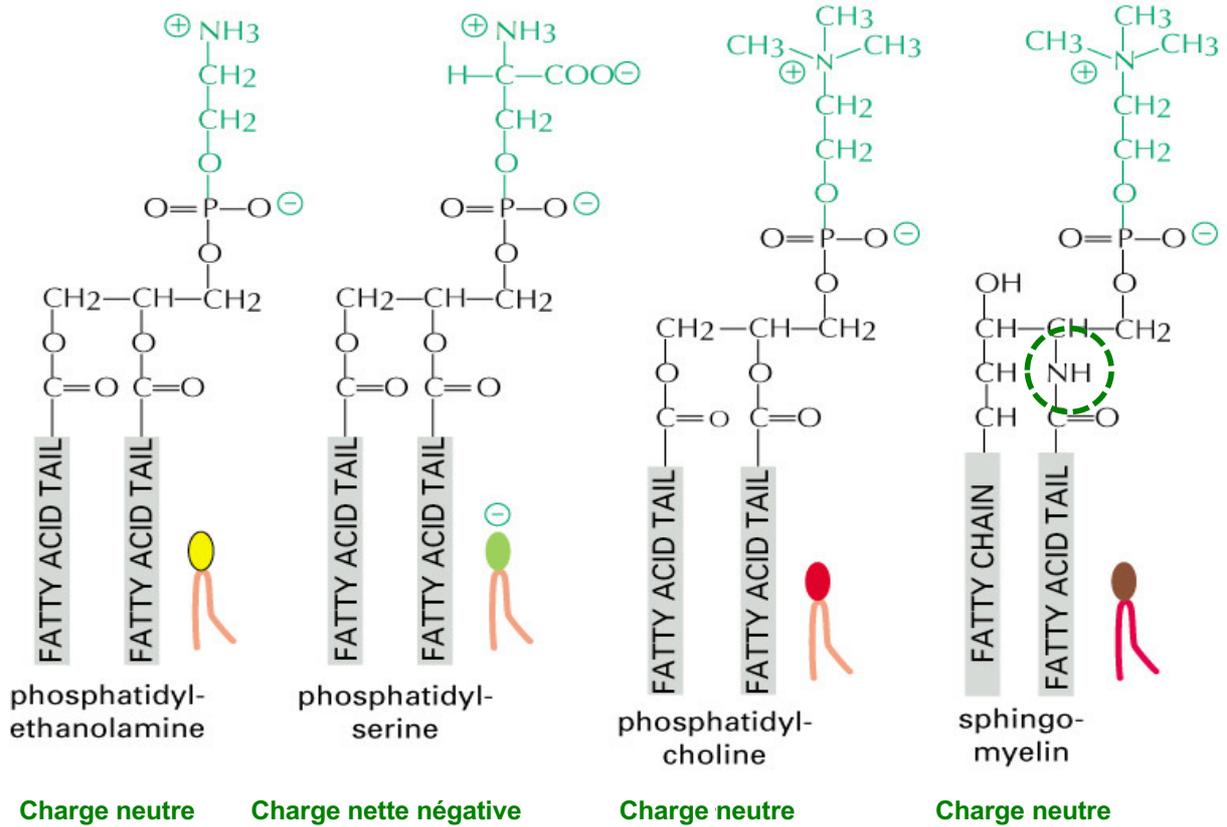
Tableau 2 Quelques substituants liés au groupe phosphate des glycérophospholipides



Précurseur de X (HO—X)	Formule de X	Nom de famille des glycérophospholipides correspondants
Eau	—H	Phosphatidate
Choline	—CH ₂ CH ₂ N [⊕] (CH ₃) ₃	Phosphatidylcholine (Lécitine)

Précurseur de X (HO—X)	Formule de X	Nom de famille des glycérophospholipides correspondants
Ethanolamine	—CH ₂ CH ₂ NH ₃ [⊕]	Phosphatidyléthanolamine (Céphaline)
Sérine	$ \begin{array}{c} \text{NH}_3^{\oplus} \\ \\ \text{—CH}_2\text{—CH} \\ \\ \text{COO}^{\ominus} \end{array} $	Phosphatidylsérine
Glycérol	—CH ₂ CH(OH)—CH ₂ OH	Phosphatidylglycérol
Phosphatidylglycérol	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—CH}_2\text{CH(OH)—CH}_2\text{—O—P—O—CH}_2\text{—C(=O)—R}_4 \\ \\ \text{O}^- \end{array} $	Diphosphatidylglycérol (cardiolipine)
-Inositol		Phosphatidylinositol

Les 4 principaux phospholipides des membranes plasmiques

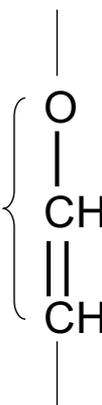


Les plasmalogènes

➤ Molécules proches dans leur structure des phospholipides

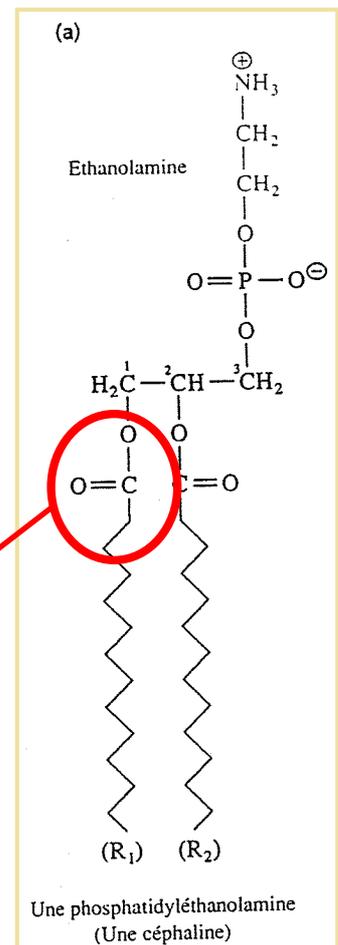
une chaîne hydrocarbonée est liée au C1 du Glycérol 3P par une liaison **vinyl-éther** (éther-oxyde éthylénique)

vinyl-éther



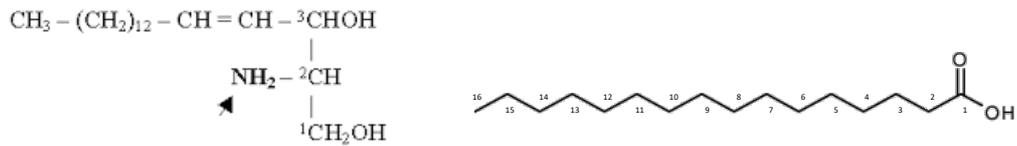
Plasmalogène à éthanolamine abondant dans la myéline

Plasmalogène à choline abondant dans les tissus cardiaques



Les Sphingolipides

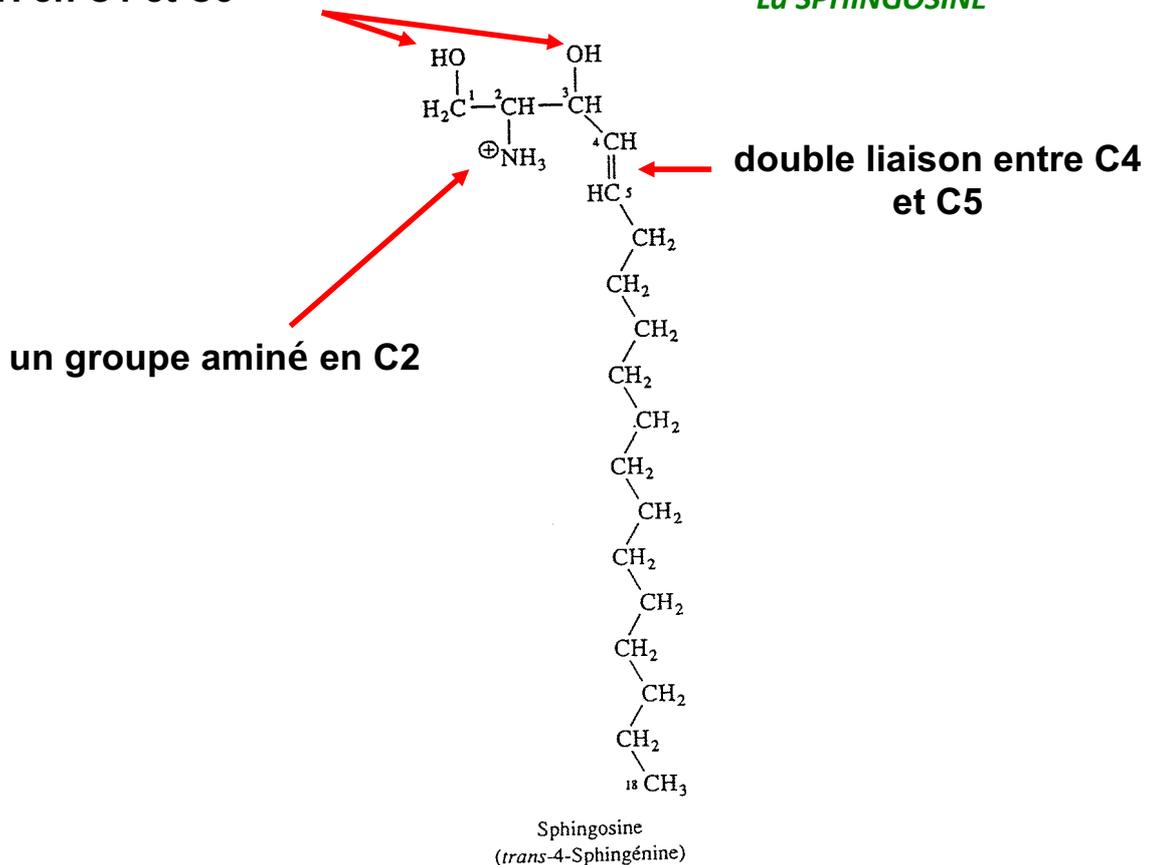
Sphingosine + Acides Gras



- La sphingosine est un alcool non ramifié en C18 :
Acide myristique (C14) sur le C1 du glycérol et Amine (NH₂) sur le C2 du glycérol
Présence d'une double liaison C4=C5 et d'OH en C1 et C3
- La sphingosine est le précurseur des céramides :
fixation d'un acide gras sur l'Amine en C2 de la sphingosine
(formation d'une liaison amide)
- Les céramides sont les précurseurs des sphingolipides par addition d'AG

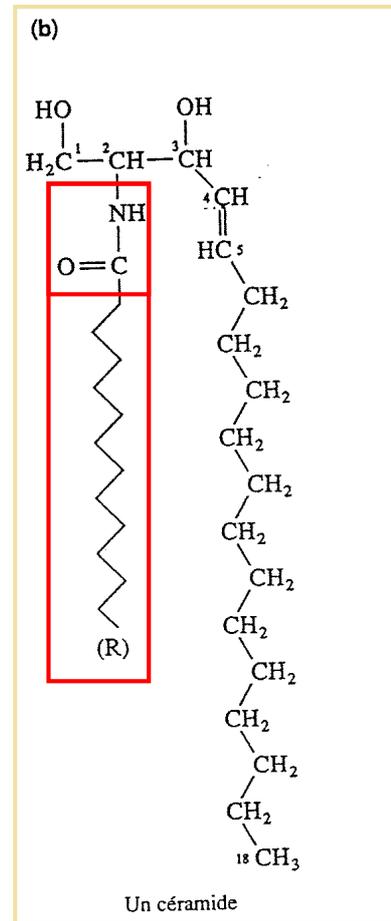
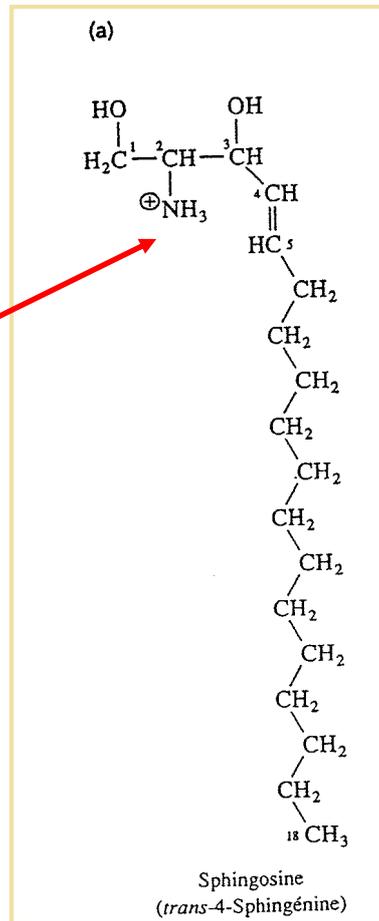
OH en C1 et C3

La SPHINGOSINE



Un CERAMIDE

Addition d'un AG sur la sphingosine



Les céramides jouent un rôle dans :
- le développement du cerveau
- la plasticité de la peau

(Huile de jojoba et huile de tournesol)

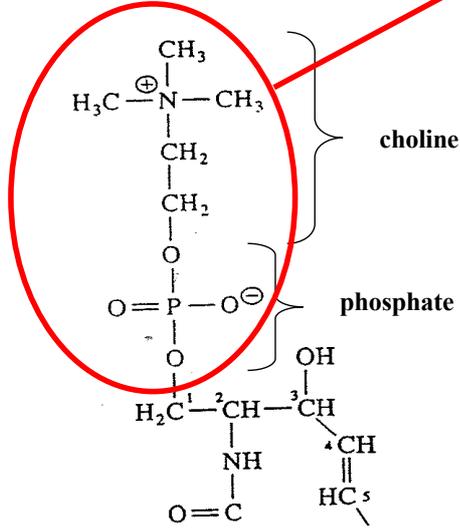
Les Sphingolipides

➤ Trois familles dérivent des céramides par l'addition de substituants différents sur l'OH en C1 du glycérol

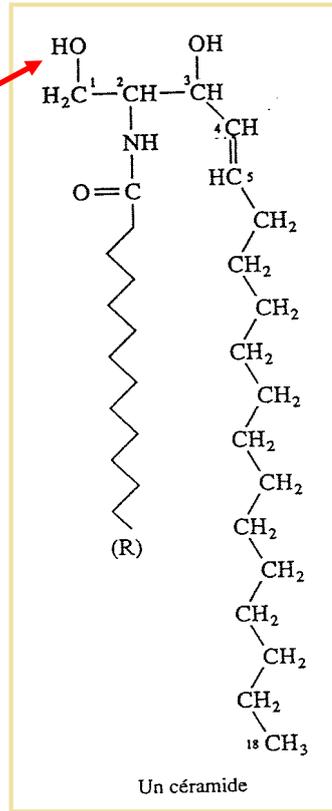
- Les Sphingomyélines
* Liaison d'une phosphocholine sur le C1 du céramide
- Les Cérébrosides
* Liaison d'un résidu glucidique sur le C1 du céramide
- Les Gangliosides
* Liaison d'une chaîne oligosaccharidique sur le C1 du céramide

Les Sphingomyelines

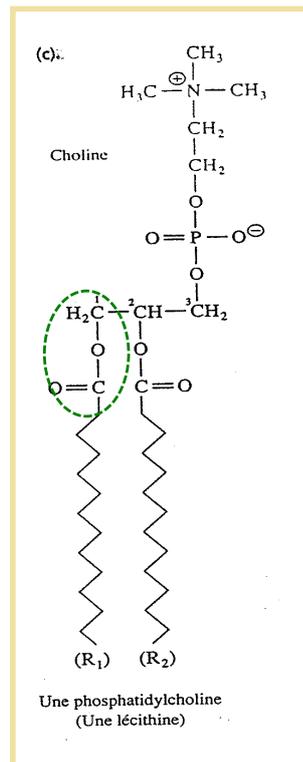
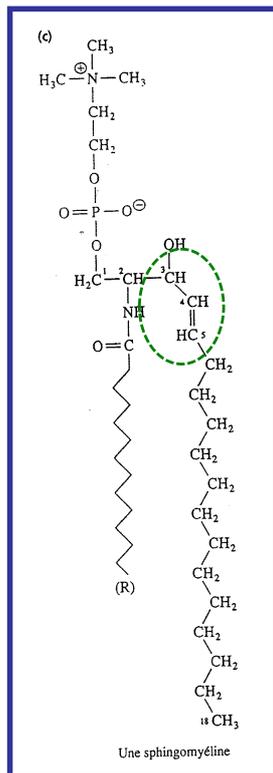
phosphocholine



Molécule amphiphile



Ressemblance avec les phosphatidylcholines



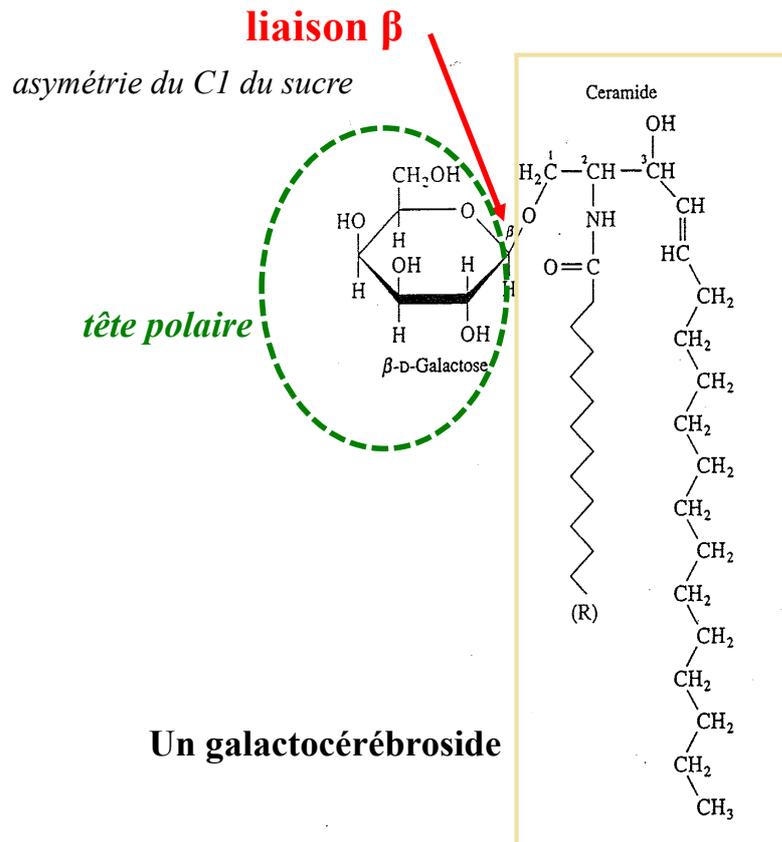
Les Cérébrosides

- Liaison d'un résidu glucidique lié à l'OH en C1 d'un céramide à longue chaîne carbonée (C22 / C24)
- La nature du sucre donne le nom au cérébroside
 - * Résidu β galactose : Galactocérébroside (SNC)
 - * Résidu β glucoce : Glucocérébrosides (autres organes)
- L'addition du sucre est réalisée par une glucosyltransférase
- Les cérébrosides sont des Glycolipides neutres

Les Cérébrosides

- Liaison d'un résidu glucidique lié à l'OH en C1 d'un céramide à longue chaîne carbonée (C22 / C24)
- La nature du sucre donne le nom au cérébroside
 - * Résidu β galactose : Galactocérébroside (SNC)
 - * Résidu β glucoce : Glucocérébrosides (autres organes)
- L'addition du sucre est réalisée par une glucosyltransférase
- Les cérébrosides sont des Glycolipides neutres

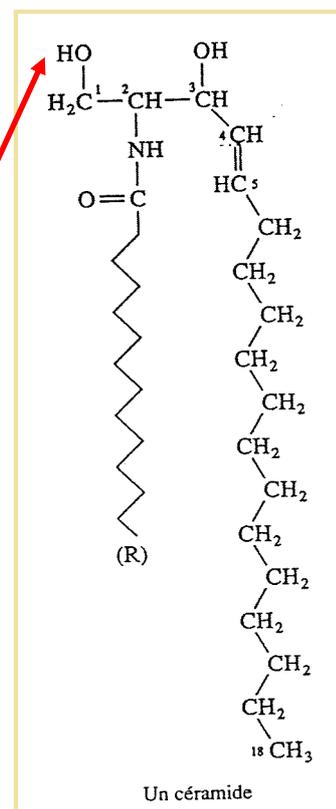
Maladie de Gaucher (ou sphingolipidose) : accumulation de glucocérébrosides dans certains organes (SNC, rate, foie, poumons) due à un déficit enzymatique



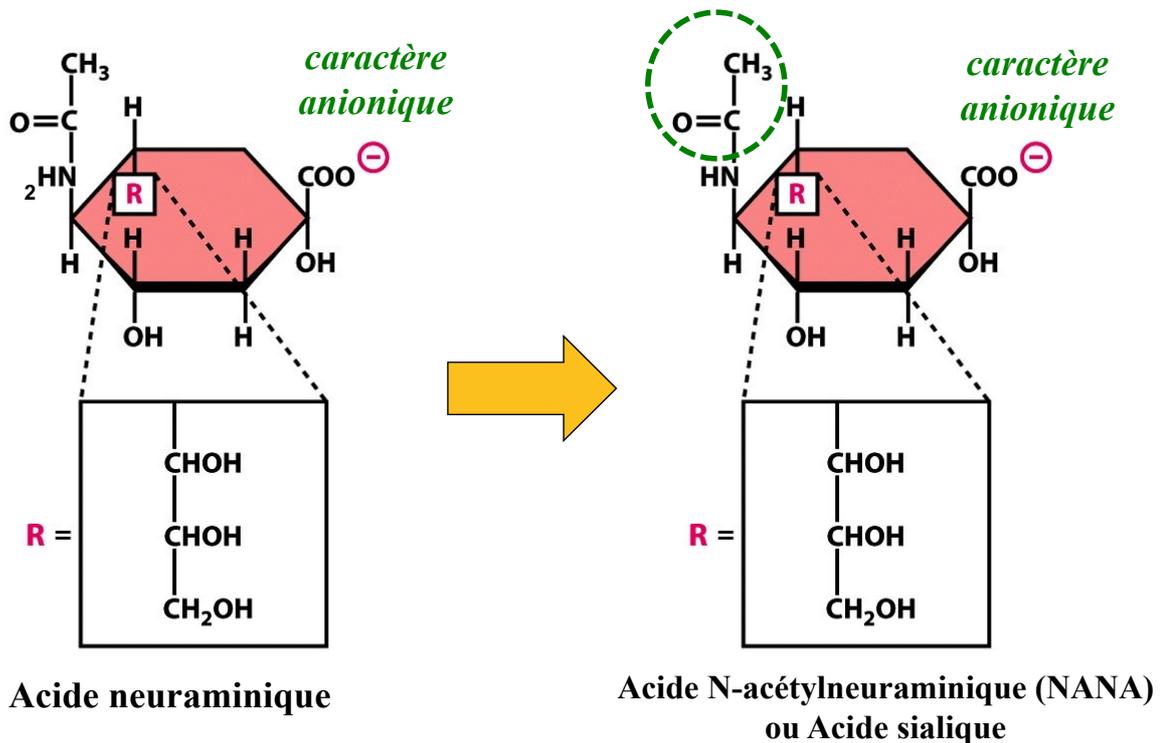
Les Gangliosides

- Les gangliosides sont composés d'un céramide lié à un oligosaccharide de structure plus ou moins longue et ramifié

Addition d'un Oligosaccharide sur l'OH du C1 d'un céramide



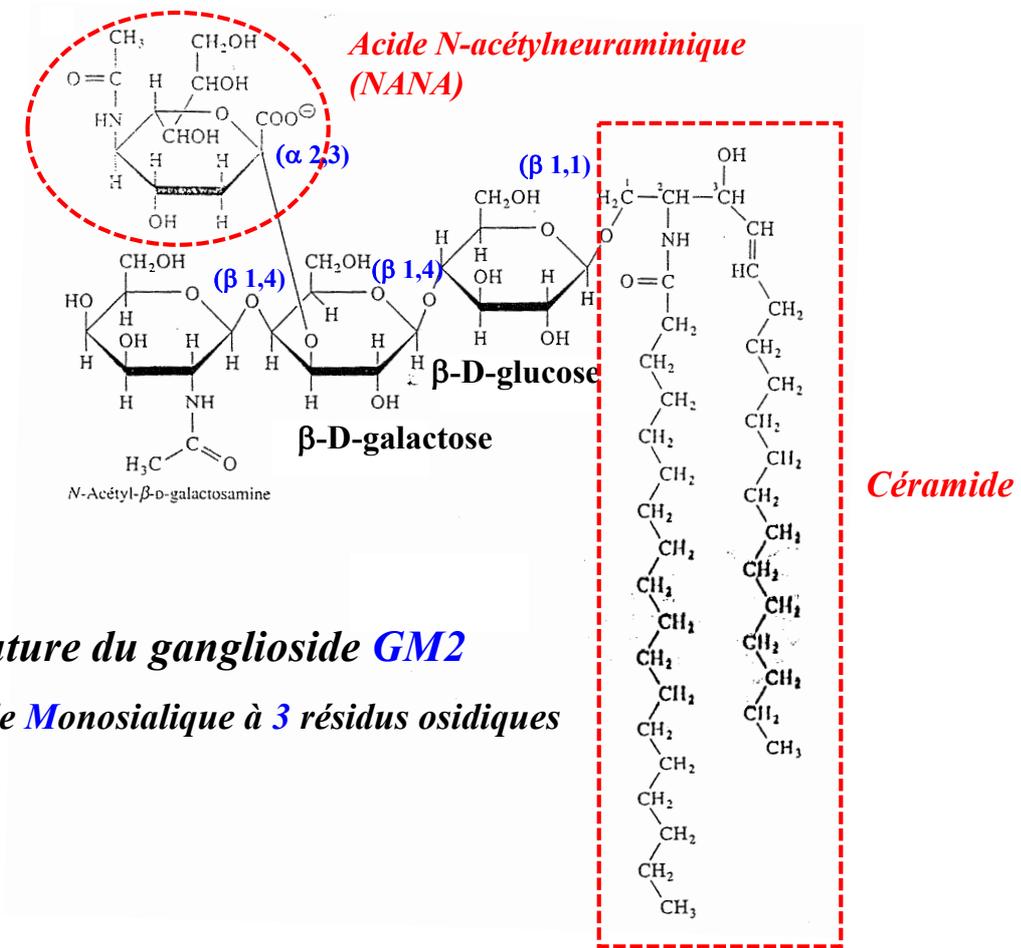
➤ La chaîne oligosaccharidique renferme un (ou plusieurs) dérivé(s) de l'acide neuraminique : l'acide N-acétylneuraminique ou l'acide sialique



Les CHAINES OLIGOSACCHARIDIQUES DES GANGLIOSIDES

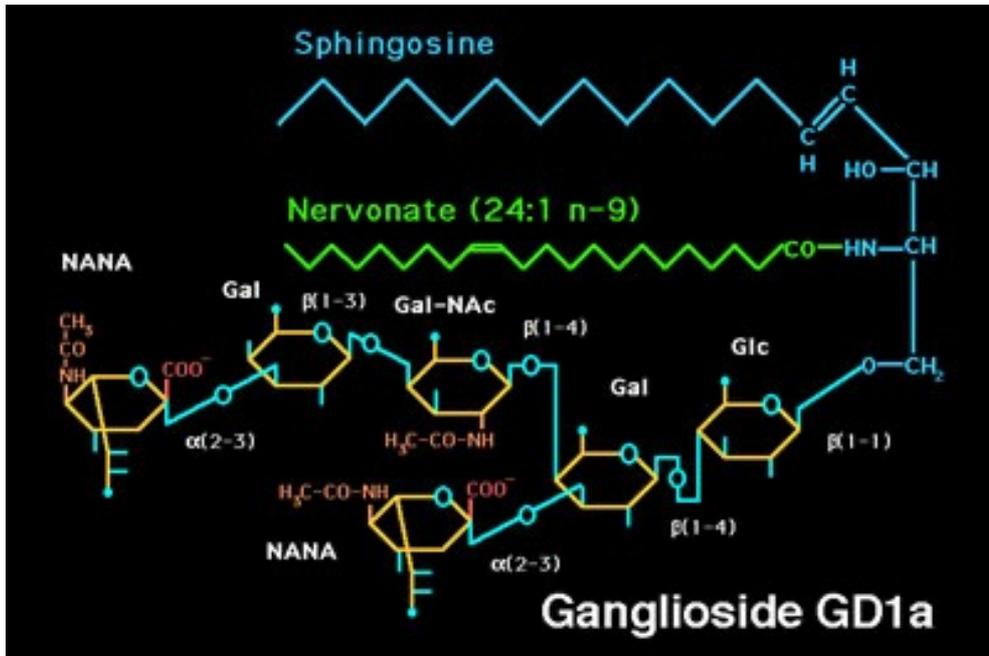
➤ Elles présentent des caractéristiques spécifiques :

- L'oligosaccharide est toujours lié au céramide par un β -D-Glucose lui-même toujours lié à un β -D-Galactose
- La chaîne oligosaccharidique renferme de l'acide N-acétylneuraminique (NANA ou acide sialique) dérivé de l'acide neuraminique
- La chaîne oligosaccharidique renferme toujours **au moins** un résidu d'acide N-acétylneuraminique (Mono-, di-, tri- ou tétra-sialoganglioside) qui confère un caractère anionique au ganglioside (COO^-)
- Nomenclature des gangliosides :
 - *G* = ganglioside
 - *M, D, T* ou *Q* en fonction du Nbre de NANA (1, 2, 3 ou 4)
 - Chiffre de 3, 2 ou 1 selon qu'il y a 2, 3 ou 4 résidus d'oses (β -D-Galactose et β -D-Glucose et comptés et acides sialiques non comptés)
 - Lettre *a* ou *b* selon la liaison α ou β de l'acide sialique sur la chaîne



Structure du ganglioside GM2

Ganglioside Monosialique à 3 résidus osidiques

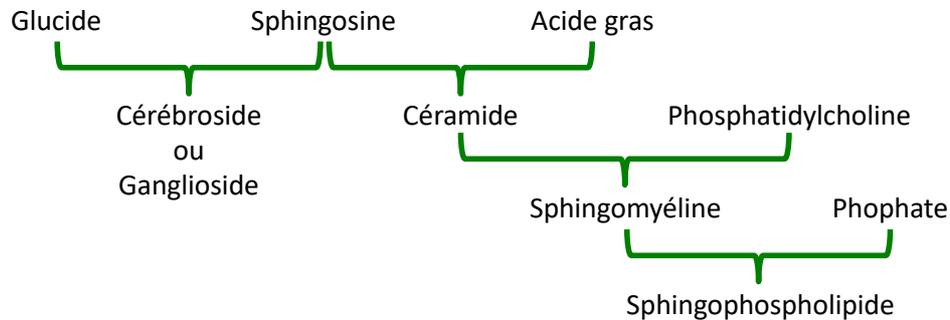


Structure du ganglioside GD1a

Ganglioside Disialique en liaison α (α) à 4 résidus osidiques

La famille des Sphingolipides

- Une grande combinatoire de molécules (+ de 100) due à :
 - L'addition de différents acides gras
 - L'addition de différents glucides ou chaînes glucidiques

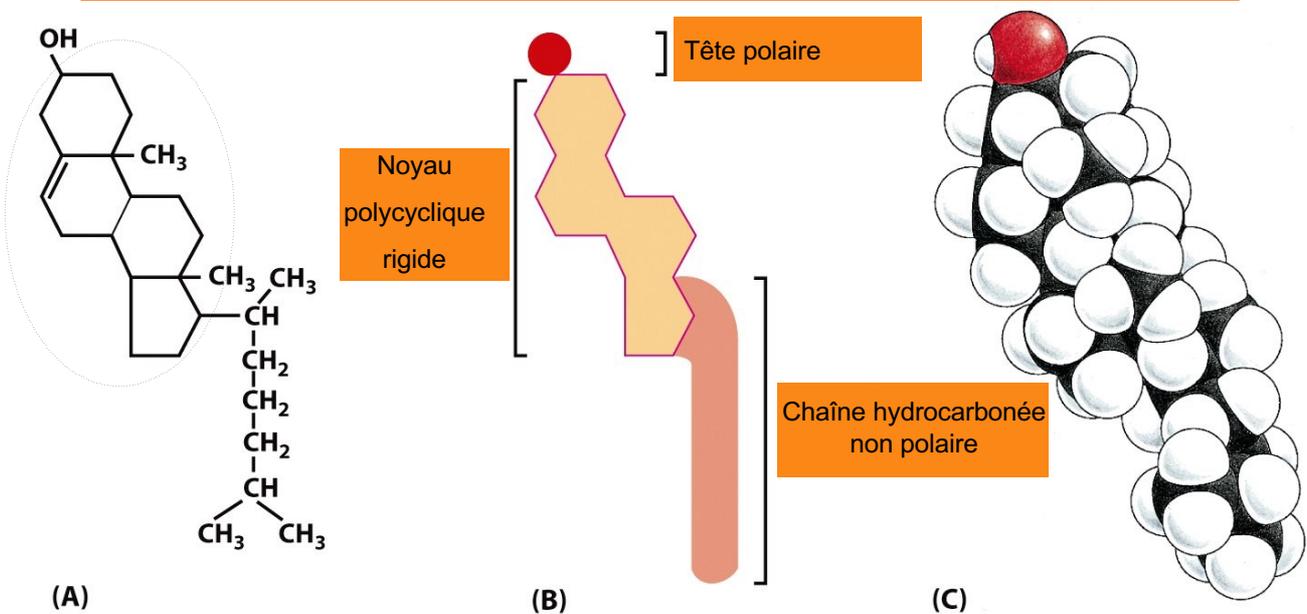


- Localisés à la surface des membranes des cellules animales (SNC) et des cellules végétales, ils permettent :
 - L'insertion des chaînes carbonées dans la partie hydrophobe des membranes
 - L'exposition des chaînes oligosaccharidiques et des phosphates à l'extérieur des membranes

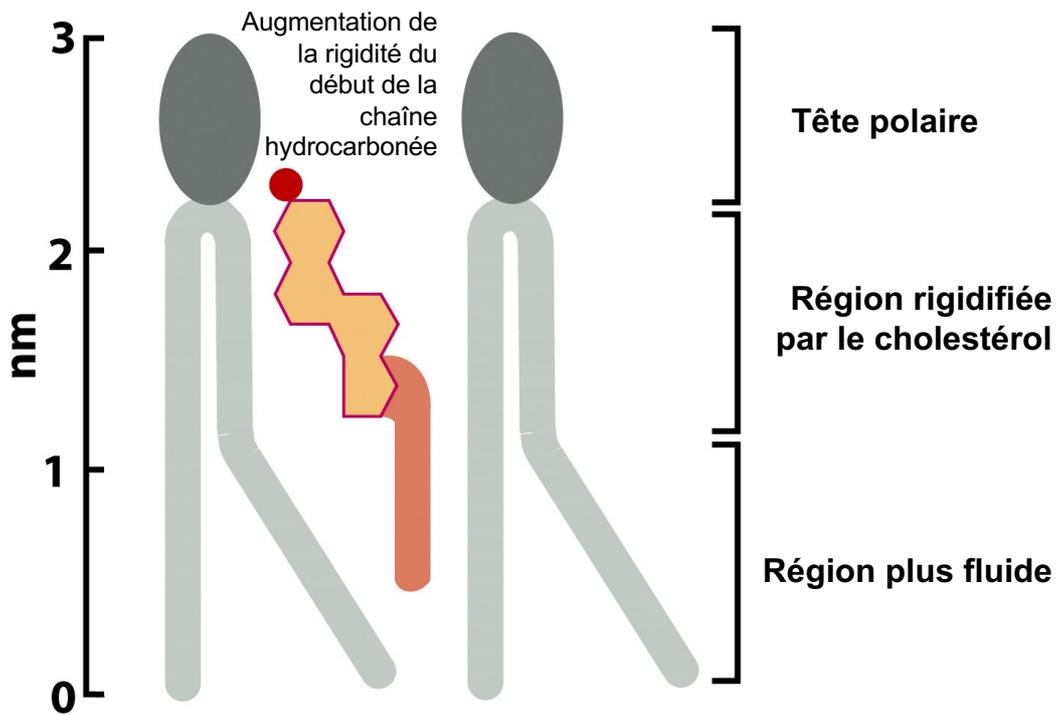


Importants pour la croissance et la différenciation cellulaire, ils participent à la reconnaissance cellulaire et à la communication intercellulaire

Les STEROLS



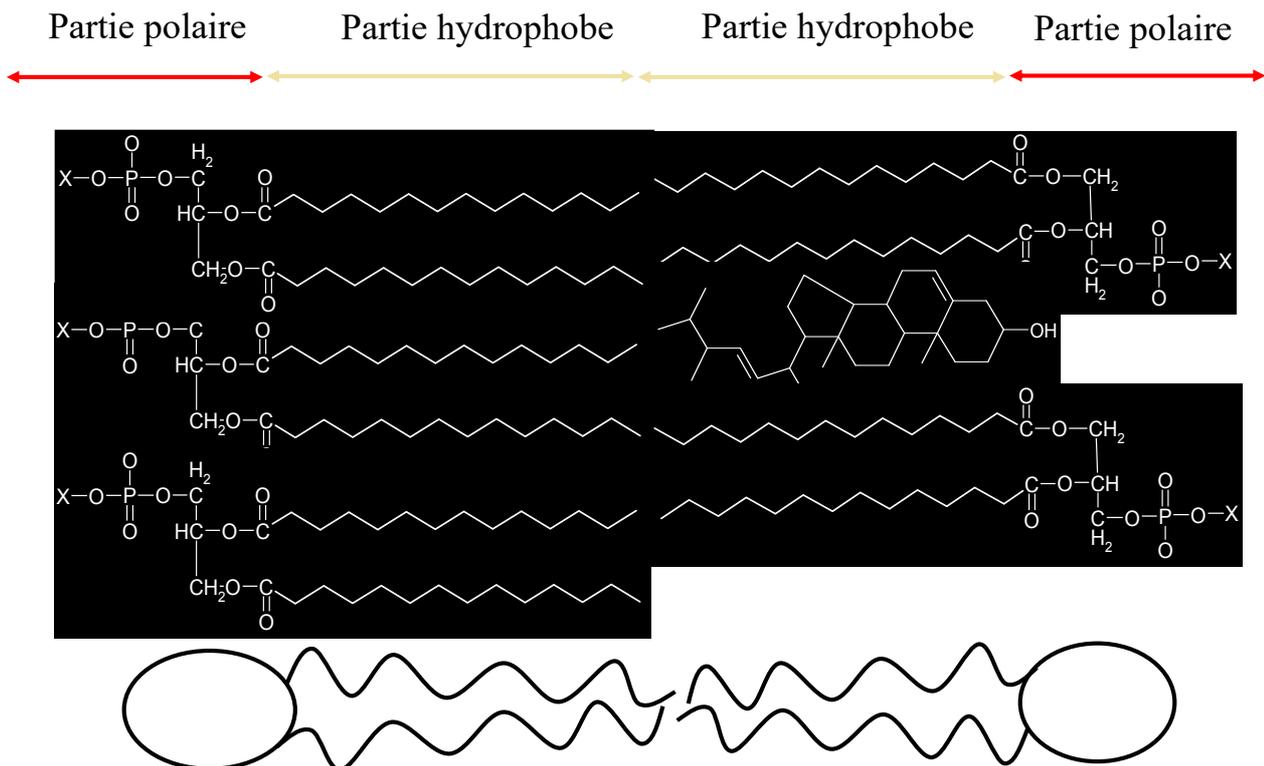
- Le cholestérol dans les membranes
 - Jusqu'à une molécule de cholestérol par molécule de phospholipide
 - Le noyau polycyclique immobilise les chaînes hydrocarbonées avoisinantes, rendant ainsi la membrane moins fluide
 - La chaîne aliphatique fixée en C17 empêche la cristallisation



La présence de cholestérol dans une bicouche lipidique entraîne une augmentation de la rigidité du début de la chaîne hydrocarbonée des acides gras adjacents

Figure 10-5 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

La bicouche lipidique dans les membranes biologiques

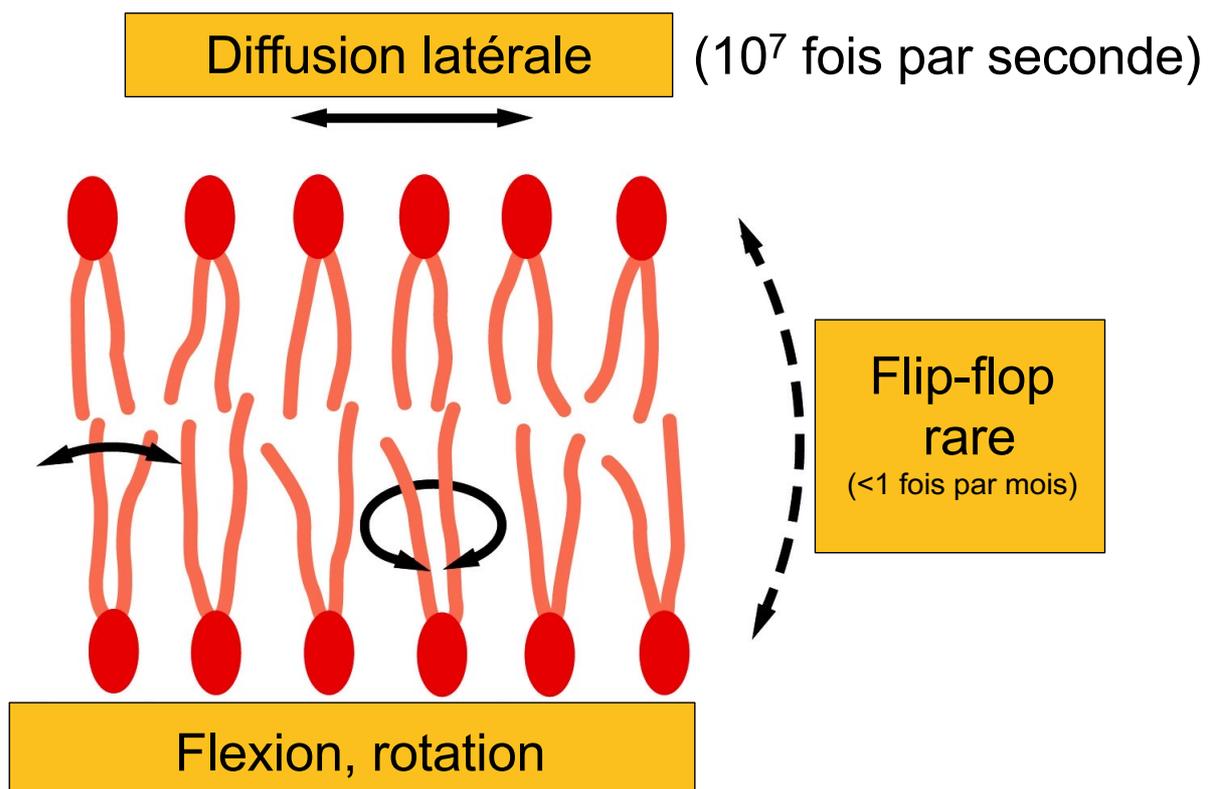


Les lipides dans les membranes biologiques

Propriétés des membranes biologiques :

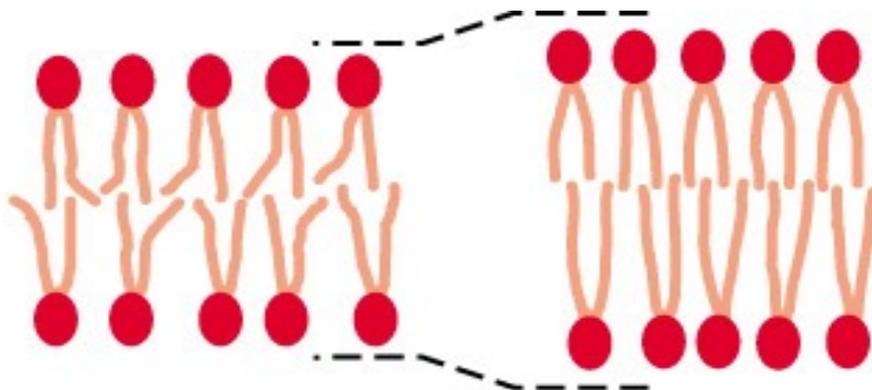
- **Filtration** : la membrane est une barrière sélective qui permet de créer des compartiments (cellules, organites intracellulaires).
- **Séparation de milieux** : des compositions spécifiques différentes entre milieux intracellulaires ou intra organites sont maintenus
- **Perméabilité et sélectivité** : la partie centrale hydrophobe est imperméable aux molécules hydrophiles (ions, sucres...).
- **Fluidité** : les structures fluides sont maintenus en cohésion par des interactions faibles. Les lipides sont libres de diffuser et sont en mouvement constant dans les membranes.

Les lipides dans les membranes biologiques



La fluidité des membranes biologiques

- Les lipides membranaires peuvent exister sous forme « **gel** » (à basse température) ou « **fluide** » (à température élevée).
- Les membranes naturelles sont toujours dans un état **fluide**. Les protéines membranaires ont alors une activité optimale.
- Pour maintenir leurs membranes dans un état **fluide** les cellules modulent la composition en lipides de leurs membranes.
- Si la température **diminue**, la proportion de lipides insaturés et de lipides à courtes chaînes augmente.
- Si la température **augmente** la proportion de lipides insaturés et de lipides à courtes chaînes **diminue**
- **Adaptation homéovisqueuse**
- Cette règle ne s'applique pas aux organismes à sang chaud; sauf quelques exceptions (?)



Chaînes hydrocarbonées insaturées avec doubles liaisons cis

Chaines plus difficiles à compacter
→ plus difficile à "geler »

Chaînes hydrocarbonées saturées

Chaines plus faciles à compacter
→ plus faciles à "geler »

Les protéines membranaires dans la bicouche

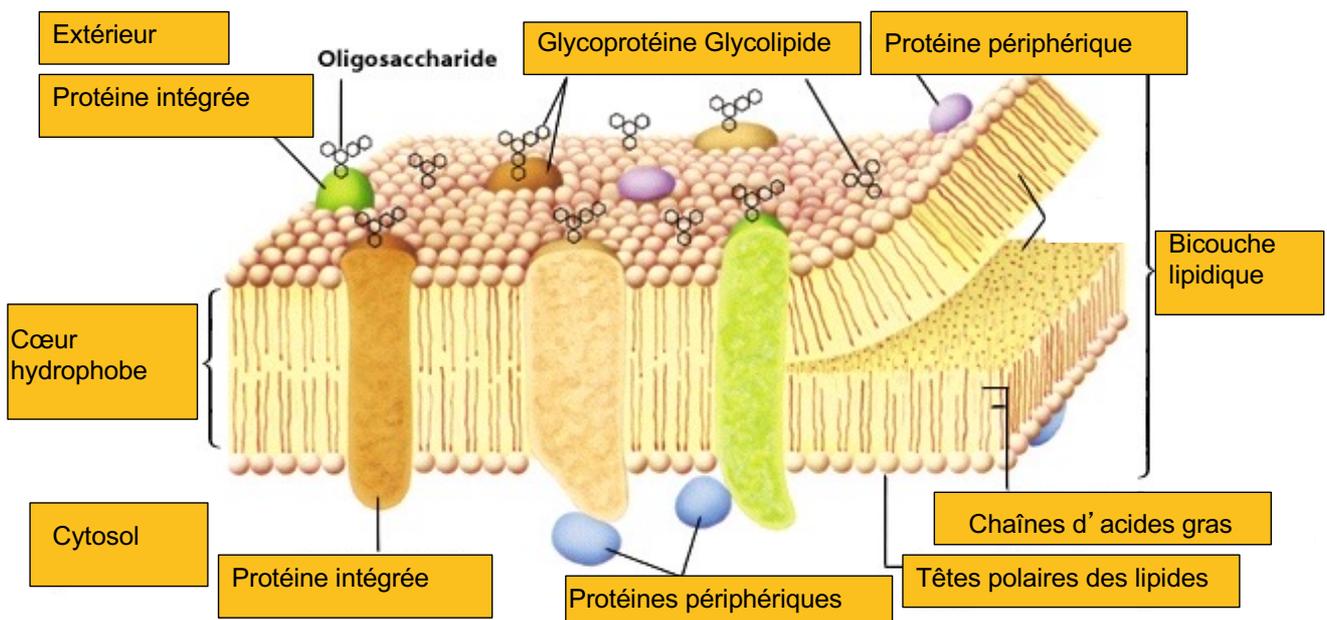
➤ Le transport des molécules à travers la membrane est assuré par des **protéines**. Il existe deux types de protéines :

1-Protéines **insérées** dans la membrane (protéines **intrinsèques** ou **intégrées**).
- créent les **pompes, ports et canaux** membranaires

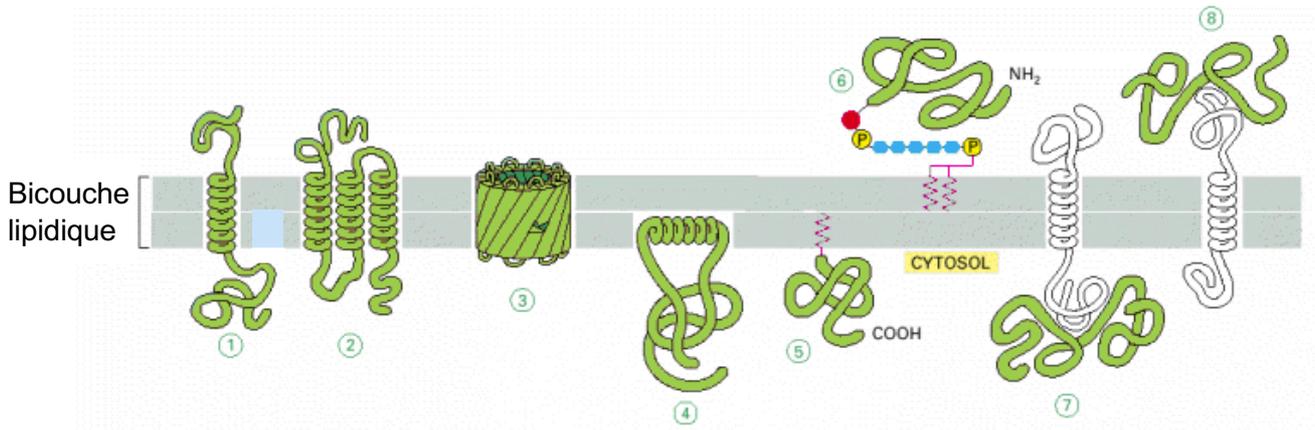
2-Protéines **liées** à la surface (protéines **périphériques**).

- *interviennent dans les processus de communication*

Les protéines membranaires dans la bicouche



Les protéines membranaires s'associent de différentes manières avec la bicouche lipidique



Protéines intégrées : cas 1 à 4

Protéines périphériques : cas 5 à 8

Insertion des protéines membranaires intrinsèques ou intégrées

➤ Protéines Amphipathiques

- Elles interagissent avec la partie **hydrocarbonée** des lipides membranaires.
- La partie de la protéine qui s'insère dans la bicouche lipidique est structurée soit :
 - en **hélice α** (*un seul passage versus multiple passages d'hélices*) (cas 1, 2 et 4 de la fig. précédente)
 - en **feuilletts (cylindres) β** (ex : porines) (cas 3)

Modes d'insertion des protéines intégrées dans la double couche lipidique

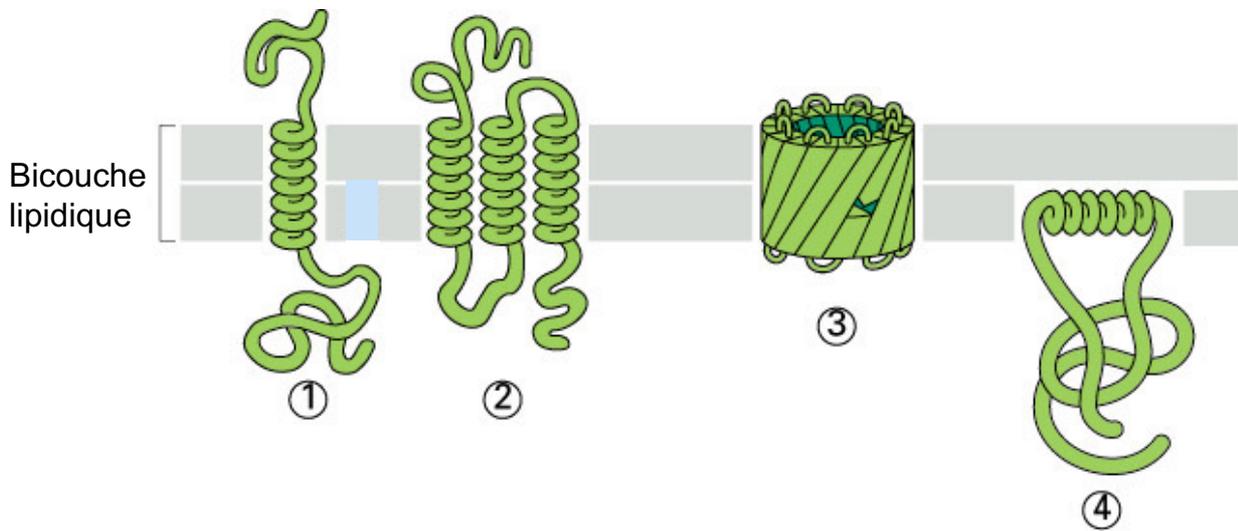
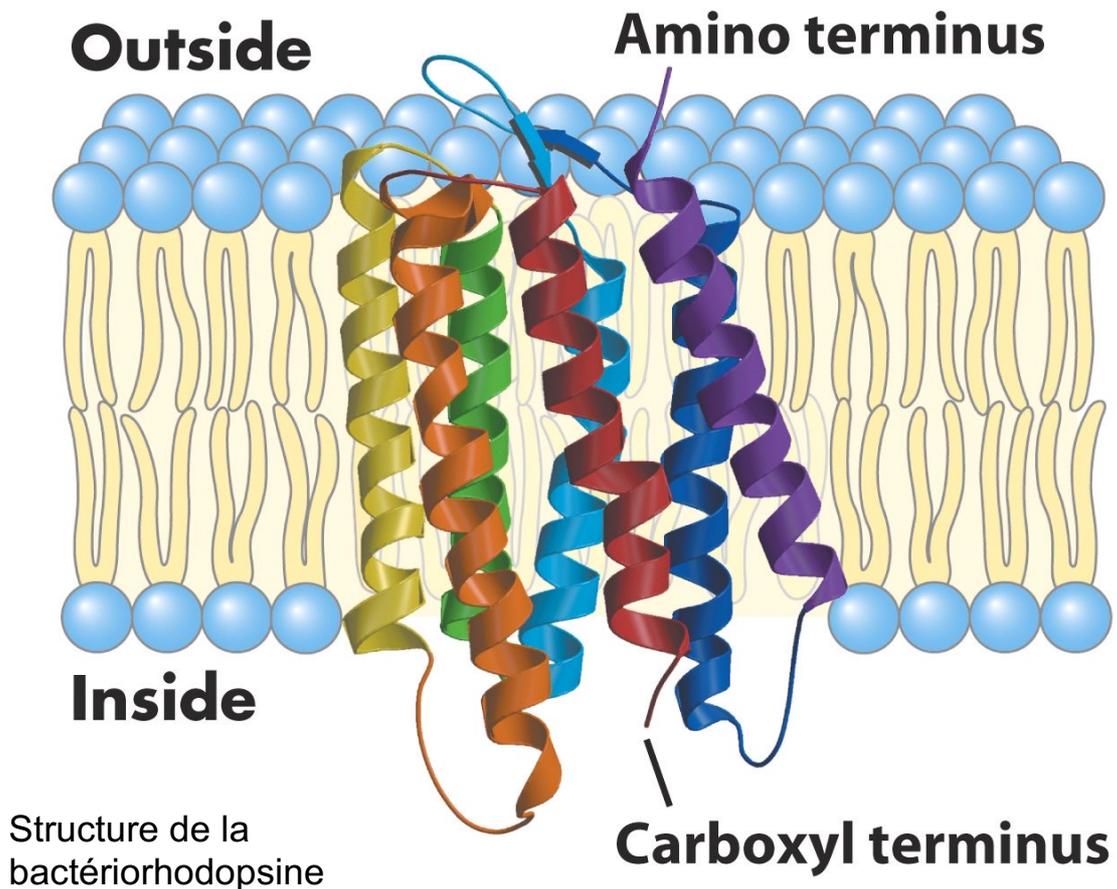


Figure 10–17 part 1 of 2. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.



Les protéines membranaires périphériques

Il existe 2 familles de protéines périphériques

1/ Protéines liées par des interactions **non covalentes** aux autres protéines membranaires (cas 7 et 8)

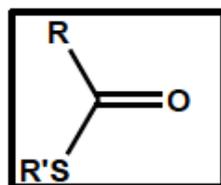
- elles peuvent être déplacées par un **changement de pH** ou de **force ionique**

2/ Protéines associées **par une ancre lipidique** à la bicouche lipidique (cas 5 et 6)

- l'**ancre lipidique s'insère** dans la bicouche et est associée à la protéine par **une liaison covalente**

Les protéines membranaires périphériques

- Il existe **différents types** d'ancres lipidiques
- a) Chaînes d'acides gras:
- Acide **myristique** (acide gras saturé en C14) lié à une **glycine** en N-terminal par une liaison **amide** (cas 5)
- Acide **palmitique** (acide gras saturé en C16) lié à une **cystéine interne** par une liaison **thioester**



Thioester

Les protéines membranaires périphériques

- Chaînes d'acides gras:
 - Acide **myristique** (acide gras saturé en C14) lié à une **glycine** en N-terminal par une liaison **amide** (cas 5)
 - Acide **palmitique** (acide gras saturé en C16) lié à une **cystéine interne** par une liaison **thioester**
- Groupe **prényl** lié à une **cystéine en C-terminal**, ex : groupe **farnésyl** (C15) (cas 5), groupe **géranylgeranyl** (C20) (cas 5)
- Ancre **Glycosyl Phosphatidyl Inositol (GPI)** : ancre lipidique qui renferme une chaîne oligosaccharidique (cas 6)

Insertion des protéines périphériques dans les membranes

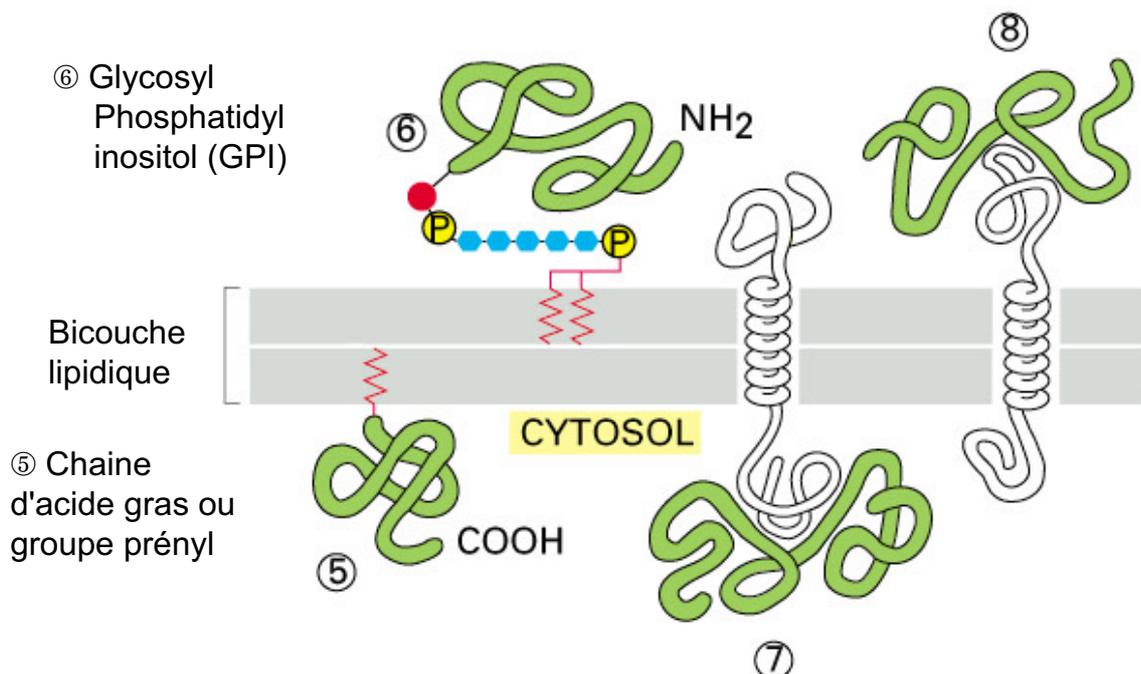


Figure 10–17 part 2 of 2. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Protéine membranaire périphérique ancrée par une chaîne d'acide gras

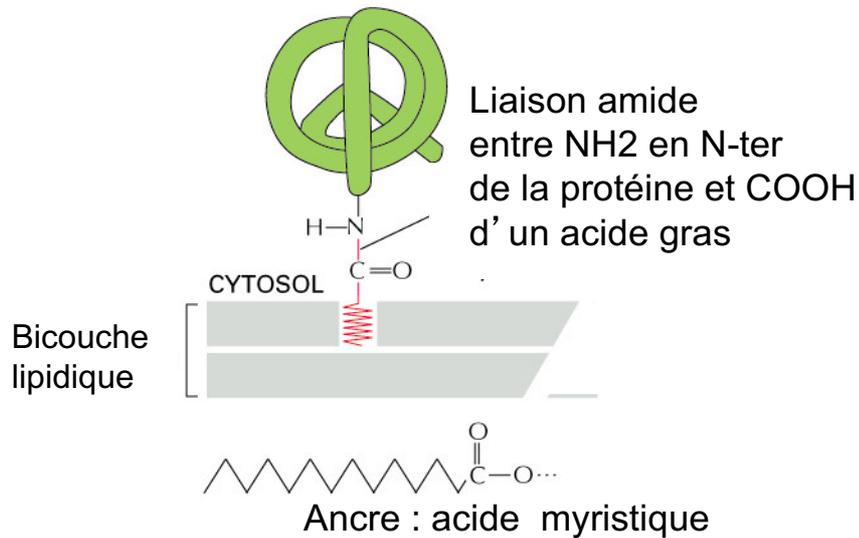


Figure 10-18. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Attachement d'une protéine membranaire périphérique par un groupe prényl

Bien différencier liaison **thioéther** et liaison **thioester**

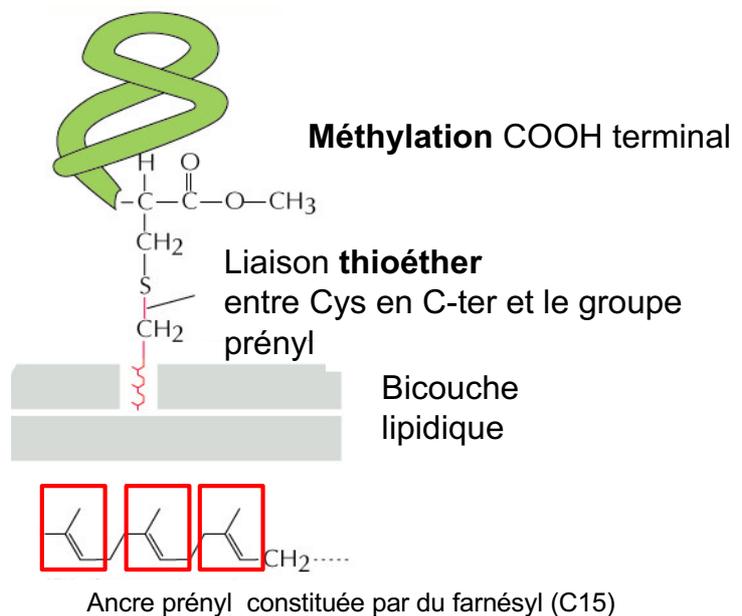
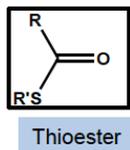
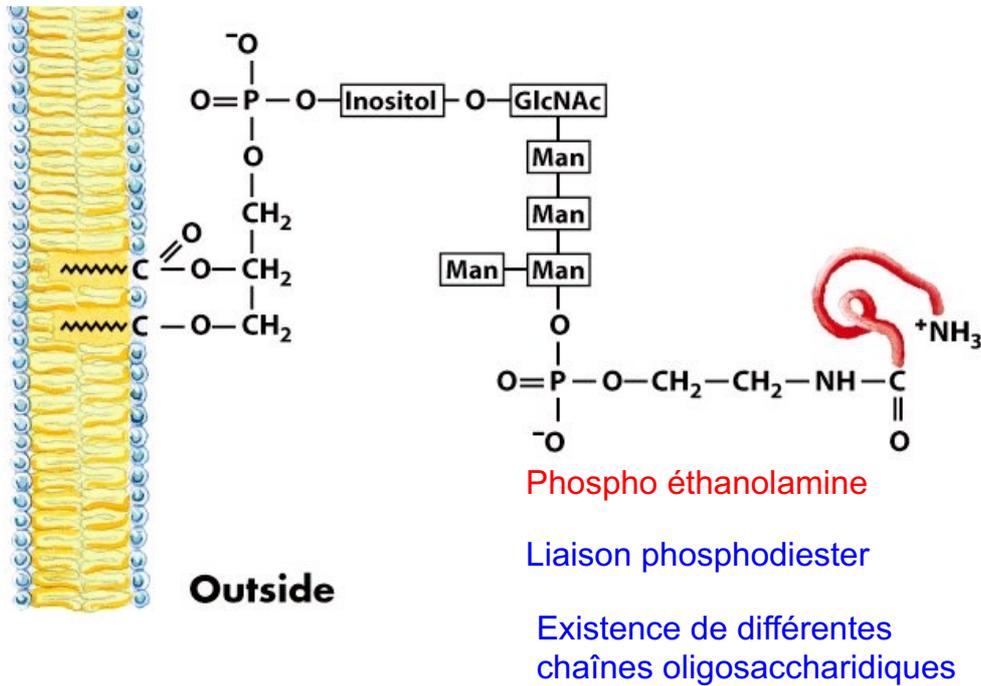
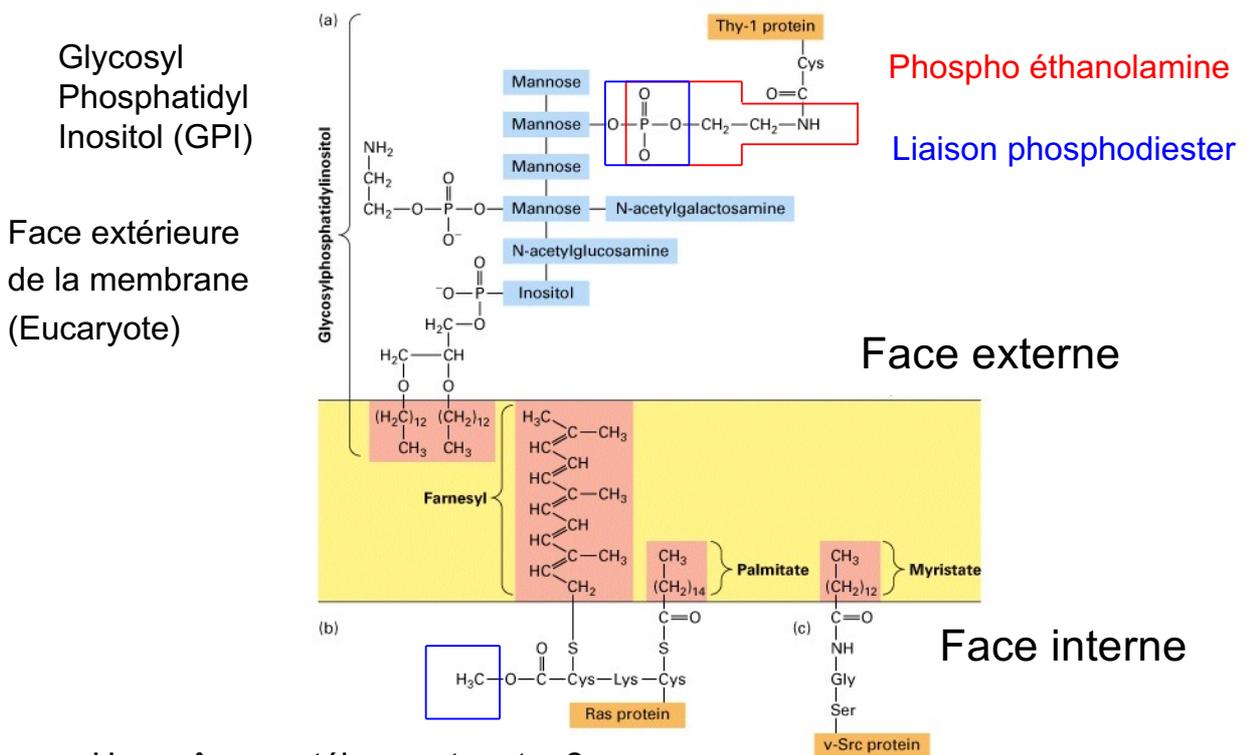


Figure 10-18. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Protéine membranaire périphérique associée par une ancre Glycosyl Phosphatidyl Inositol (GPI)



Quelques exemples de protéines membranaires périphériques associées à la bicouche lipidique



Lipides & Membranes Biologiques

Conclusion

- Les structures des molécules dictent leurs fonctions biologiques.
- Le caractère amphiphile (amphipatique) dicte le comportement des lipides membranaires en solution et est à l'origine de la structure des membranes.
- La connaissance des structures chimiques et des propriétés physicochimiques associées permet donc d'aborder et de comprendre les fonctions des lipides dans le vivant.