



# LES LIPIDES

## I-Généralités :

### A- Introduction :

- ✓ Les lipides représentent au moins **15%** du poids corporel.
- ✓ Ils ont un rôle important en physiologie et peuvent être associés à des **pathologies** comme **l'obésité**.

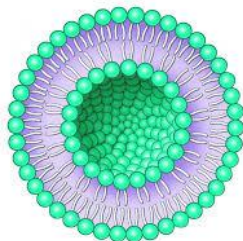
### B- Structure :

Les lipides forment un groupe **extrêmement hétérogène** de molécules organiques définies par leur **caractère pouvant être hydrophobe ou amphipatique (=amphiphile)**.

Ils sont principalement constitués de **C, H** et **O**.

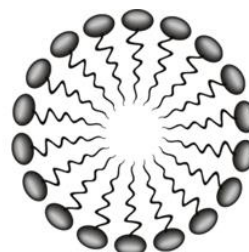
Ce sont des structures organiques qui ont tendance à **s'associer** entre elles et **s'agréger** en milieu aqueux.

Ainsi se forment **2 types de structures** :



**Liposomes**

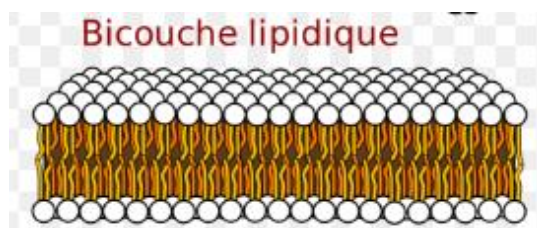
« Globules vides »



**Micelles**

« Globules pleins »

NB : on retrouve la structure des liposomes au niveau des membranes biologiques



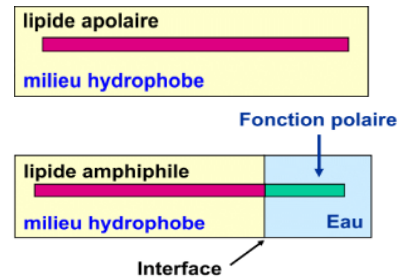
Bicouche lipidique



### C- Propriétés physico-chimiques :

Les lipides peuvent être :

- ✓ **Complètement APOLAIRES** (= lipide **neutre**) complètement hydrophobe.
- ✓ **BIPOLAIRES** → Ce sont des molécules **amphipatiques** avec une **tête polaire** en contact avec l'eau, liée à une **chaîne fortement apolaire** = hydrophobe.



Les lipides sont **insolubles** dans l'eau, mais **solubles** dans les solvants organiques (acétone, éther, chloroforme)

### D- Les 3 grandes fonctions des lipides :

#### 1-Réserves d'énergies :

Pour 1 gramme	Valeur en Kcal
➤ <b>Lipides</b>	➤ <b>9 Kcal</b>
➤ Glucides/Protéines	➤ 4Kcal
➤ Alcool	➤ 7Kcal

Les lipides constituent la principale réserve d'énergie de l'organisme

1 cal = 4,18 joules

1 joules = 0,238

#### 2-Structure :

- Ils interviennent dans la **formation des membranes et des lipoprotéines**.

- Ils peuvent être à la base de **certaines pathologies** comme :

**L'athérosclérose** → des **plaques d'athérome** constituées de dépôt lipidiques entraînent le **durcissement des artères**.

#### 3- Rôles biologiques spécifiques :



## II-Classification des lipides :

Les lipides forment une famille hétérogène de molécules. On y trouve :

- Les **lipides Simples** constitués de **C, H et O**
- Les **lipides Complexes** constitués de **C, H et O** + de **P, N, S**, ou d'oses

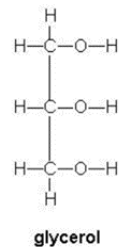
Ce tableau est à apprendre +++ il permet d'avoir une vision globale du cours qui va suivre !

Catégories	Classe lipides	Exemples	Caractéristiques / structure
lipides simples	acides gras (AG)	palmitate oléate	chaîne aliphatique saturée ou non se terminant par [-COOH] et [-CH <sub>3</sub> ]
	glycérides	diglycérides triglycérides	esters d'AG saturés ou non avec du glycérol
	non-glycérides	cérides stérides	esters d'AG longue chaîne et alcool autre que le glycérol esters de stérol / polycycliques
lipides complexes	eicosanoïdes	prostaglandines leucotriènes	dérivés d'oxydation d'AG poly-insaturés à 20 C (acide arachidonique)
	glycérophospholipides	phosphatidyl-inositol	2 AG + glycérol + phosphate + résidu estérifiant
	sphingolipides phosphatés	sphingomyéline	céramide + phosphate + résidu estérifiant
	sphingolipides non phosphatés	cérébrosides	céramide + glucose / galactose

### Les Alcools estérifiant les acides gras :

➔ **Glycerol** : Alcool à 3 carbones

C'est l'**Estérifiant principal** des acides gras et l'ensemble forme des **acylglycérides/acylglycérols/glycérides** hydrophobes



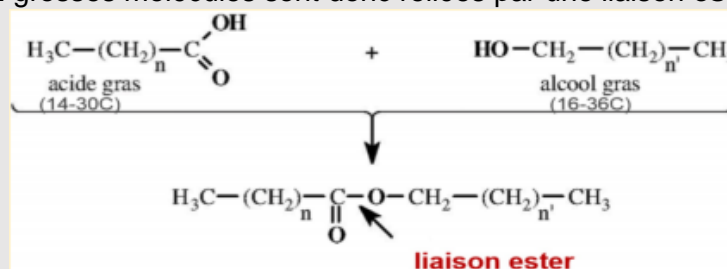
➔ **Alcool gras** : chaîne très longues, elle donne les **cérides** hydrophobes.

➔ **Stérols** : composés polycycliques, forme les **stérides** hydrophobes.

## III- Les Lipides simples :

### Les cérides

**Définition** : Monoester d'acides gras (14-30C) et d'alcools aliphatiques à longue chaîne (16-36C) dits alcools « gras ». Ces 2 grosses molécules sont donc reliées par une liaison ester.



Ce sont principalement des **alcools primaires, saturés, et non ramifiés**.



**Propriétés Physiques :**

- Très Apolaire ( Hydrophobe)
- Solide à température ambiante
- Température de fusion élevée

**Exemple**

**Cire d'abeille**

**Cire de Cachalot**

Utilisé dans la cosmétique

# Les Acides gras

## 1- Structure :

Structures monocarboxylique :

**R est une chaîne aliphatique :**

R est une chaîne aliphatique :

- Longueur variable, minimum **4C**
- En général entre **14 et 22C**
- Responsable du caractère hydrophobe de la molécule



**L'essentiel des AG naturels sont :**

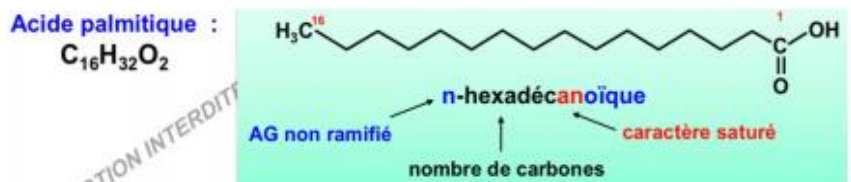
- Monocarboxylique
- Possède un nombre paire de Carbones
- Chaîne saturée ou en partie insaturée (Max 6 doubles liaisons en configuration CIS)

## 2- Nomenclature :

Dénomination usuelle	Dénomination officielle
<p>Nom donné à l'Acide Gras suite au contexte où il a été découvert</p> <p><b>Acide palmitique → Huile de palme</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">+++++++</div>	<p>Les Acides Gras <b>Linéaires</b> saturés : <b>Alcane correspondant + le suffixe -oïque</b></p> <p><u>Il faut indiquer :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le nombre de C de l'AG à partir du COOH</li> <li>- Absence ou présence de double liaison</li> <li>- Si double liaison, leur configuration ( CIS / TRANS )</li> </ul>

Exemple pour la dénomination officielle:

- Le « n » correspond à un AG non ramifié
- Il y a 16C → hexadéc
- Le « an » indique le caractère saturé



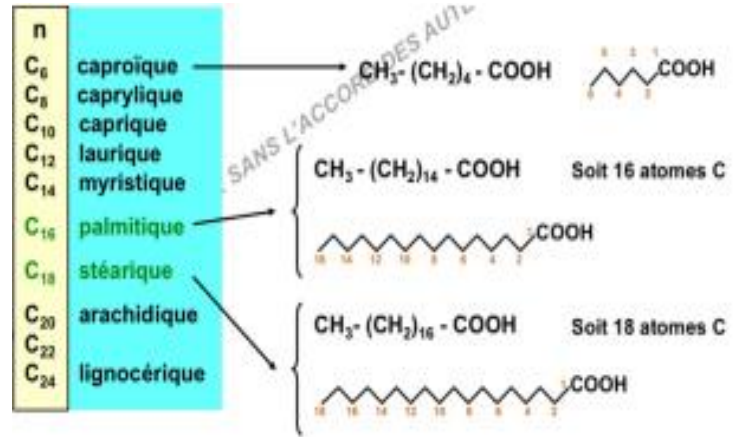
➤ Pour la numérotation on part de la **fonction carboxylique** vers le **méthyl terminal**



### 3-Les Acides gras saturés :

En général, on nomme :

Acide Gras à chaîne :	Nombre de Carbone :
Courte	6 Carbones
Moyenne	Entre 8 et 12 Carbones
Longue	Entre 14 et 20 Carbones
Très longue	+ de 22 Carbnes



**Retenir :** → Acide caproïque =C6,  
 → Palmitique =C16,  
 → Stéarique =C18

### 4-Les Acides gras insaturés :

Ils sont de 2 types : les AG **monoinsaturés** (une seule double liaison) et **polyinsaturés** (plusieurs)

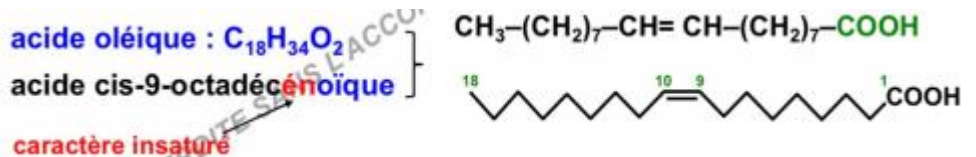
#### a) Nomenclature simple

Pour **définir un AG insaturés**, on précise :

- La longueur de sa chaîne
- La fonction carboxylique
- Le nombre et la position des doubles liaisons
- La stéréochimie → **CIS** en général, ou **TRANS**

Exemple :

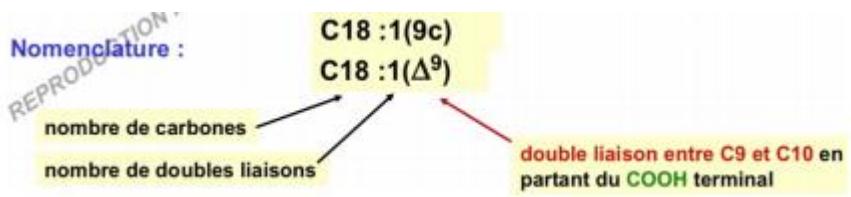
L'acide oléique est un AG **monoinsaturé**.



Il est nommé **acide cis-9-octadécénoïque** :

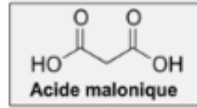
Fonction carboxylique → acide  
 Position et configuration de la double liaison → cis-9  
 Composé de 18C → octadécénoïque

**-Façon abrégée de nommer l'acide oléique : ! Ici la stéréochimie n'est PAS précisée !**



**-Les Acides Gras Polyinsaturés (AGPI) :**

Chez les mammifères, les doubles liaisons sont **TOUJOURS** en **position MALONIQUE**, c'est-à-dire qu'il y a toujours **3 carbones** entre 2 doubles liaisons et celles-ci sont toujours de stéréoisomérisie **CIS**.



## b) Les Acides gras indispensables

Nous sommes capables de synthétiser certains AG, ils proviennent donc à la fois de notre **organisme** et de notre **alimentation** :

- Ce sont les **AG non indispensable**

Cependant, certains AG ne peuvent pas être synthétisés par notre organisme, par conséquent ils proviennent uniquement de notre alimentation :

- Ce sont les **AG INDISPENSABLE**

Exemple de 2 AG extrêmement important qu'on ne peut pas synthétiser !

- L'ACIDE LINOLÉIQUE : C18:2(Δ9,12) , C18:2(9c,12c)

- L'ACIDE α-LINOLÉNIQUE : C18:3(Δ9,12,15) , C18:3(9c,12c,15c)

## c) La nomenclature Oméga (ω)

Cette nomenclature est très utilisée en médecine et en nutrition

- On l'exprime **ω<sub>x</sub>** où **x** = le numéro du carbone qui positionne la 1<sup>ère</sup> insaturation en partant du groupement **CH<sub>3</sub> terminal** vers le **COOH**

⚠ **!!! Attention !!!** ⚠

Ici la numérotation des carbones se fait en partant du **CH<sub>3</sub> terminal** vers le **COOH**

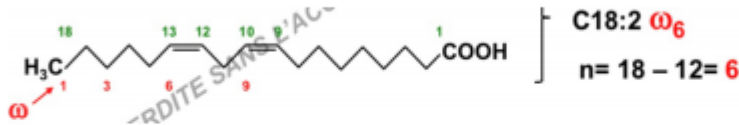
## d) La nomenclature n

**n** = nombre de carbone de l'AG – numéro du carbones de la première double liaison la plus éloignés de C1 à partir du COOH

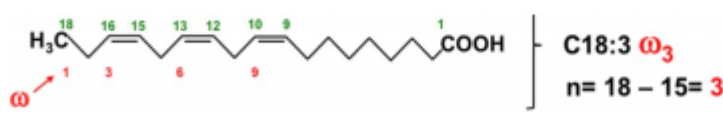


Exemples :

- L'acide linoléique C18:2(9c,12c) est un ω<sub>6</sub> → la 1<sup>e</sup> double liaison se trouve sur le 6<sup>e</sup> carbone.



- L'acide α-linolénique C18:3(9c,12c,15c) est un ω<sub>3</sub> → la 1<sup>e</sup> double liaison est sur le 3<sup>e</sup> carbone.



**e) Familles d'acides gras polyinsaturés (AGPI)**

**Famille d'AGPI** = ensemble des AGPI dont la première double liaison comptée à partir du CH<sub>3</sub> terminal (nomenclature ω) est située en position identique.

Chez l'homme, il y a **2 principales familles d'AGPI** :

➤ **Famille des ω<sub>3</sub>**

<p><b>Acide α-Linolénique</b> C18:3(Δ9,12,15)</p>	<p><b>Acide Eicosapentaénoïque (EPA)</b> C20:5(Δ5,8,11,14,17)</p>
<p>➤ Il est uniquement apporté <u>uniquement</u> par l'alimentation :</p> <p>C'est donc un <b>AG INDISPENSABLE</b></p>	<p>➤ Il peut être <b>synthétisé</b> à partir de l'acide α-Linolénique par élongation de 2 Carbone :</p> <p>C'est donc un <b>AG non Indispensable</b></p>

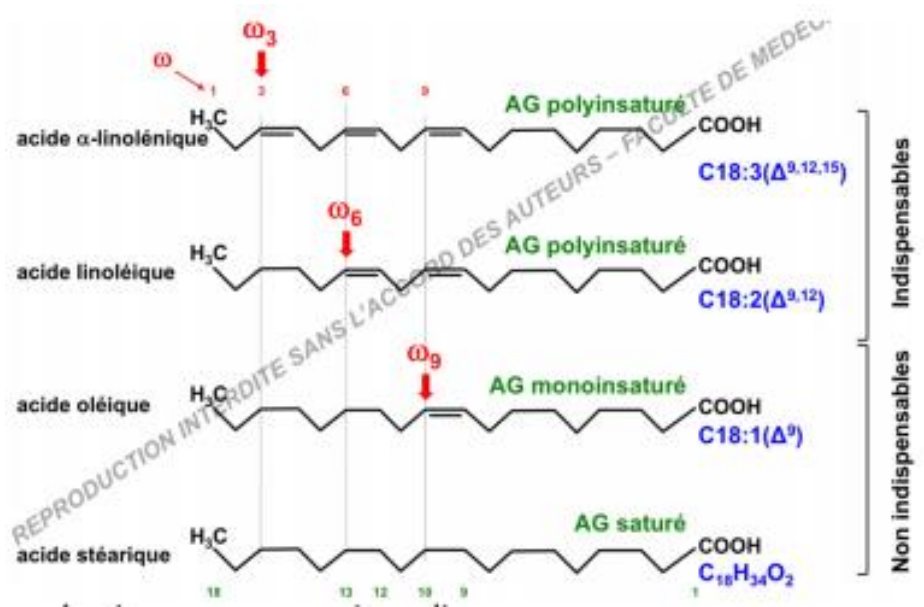
➤ **Famille des ω<sub>6</sub>**

<p><b>Acide Linoléïque</b> C18:2(Δ9,12)</p>	<p><b>Acide Arachidonique</b> C20:4(Δ5,8,11,14)</p>
<p>➤ Il est uniquement apporté <u>uniquement</u> par l'alimentation :</p> <p>C'est donc un <b>AG INDISPENSABLE</b></p>	<p>➤ Il peut être <b>synthétisé</b> à partir de l'acide Linoléïque par élongation de 2 Carbone :</p> <p>C'est donc un <b>AG non Indispensable</b></p>

**Obtention d'un AG insaturé à partir d'un AG saturé :**

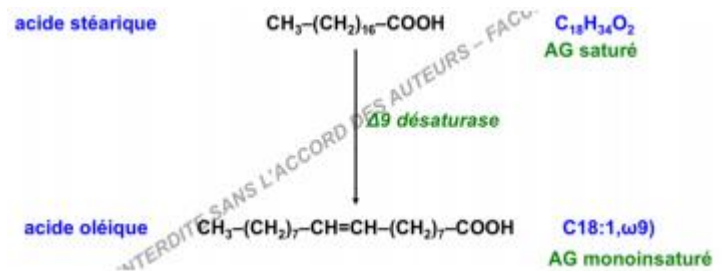
On part de l'acide stéarique (C18) qui est saturé.

On obtient de l'acide oléique par l'ajout d'une double liaison en position 9, et ainsi de suite jusqu'à obtenir de l'acide α-linolénique



➤ L'enzyme qui a la capacité d'introduire une double liaison est une **Désaturase**.

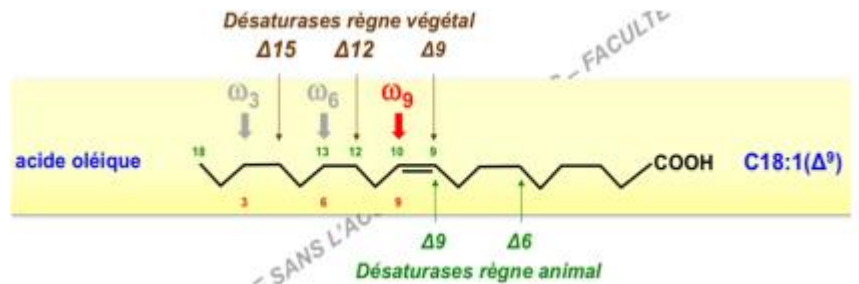
➤ La **Δ9 désaturase** permet d'introduire cette double liaison en position 9 entre le carbone C9 et C10 et permet de passer de l'acide stéarique (saturée) à l'acide oléique (monoinsaturée).



Cette enzyme est présente dans le **règne végétal et animal** et permet de produire des ω9.

Mais au cours de leur évolution, les mammifères ont perdu, les enzymes responsables des **désaturations** au-delà de C9 :

Les **Δ12** et **Δ15** ne sont pas synthétisées par l'Homme.



**Nous pouvons donc fabriquer des ω9 mais pas des ω3 et ω6.  
→ C'est pour cela que l'acide α-linolénique et l'acide Linoléique ne peuvent pas être synthétisés !**

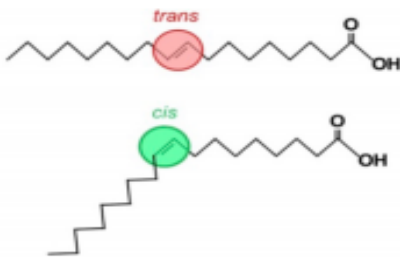
NB : L'ordre d'intervention des désaturases est régulés. La Δ15 ne peut agir qu'après les actions successives de la Δ9 désaturase puis de la Δ12 désaturase.



Il existe également des AG que nous ne pouvons pas synthétiser en quantité suffisante :

<b>L'acide Docosahexaénoïque (DHA)</b> <b>C22:6 (<math>\omega</math>3)</b>	<b>L'acide Eicosapentaénoïque (EPA)</b> <b>C20:5 (<math>\omega</math>3)</b>
Ils sont synthétisés à partir de l'Acide l'acide $\alpha$ -linoléniq ( $\omega$ 3 ) mais <b>en quantité insuffisante !</b> Leur apport alimentaire est donc nécessaire pour notre santé <b>mais ce ne sont pas des AG indispensable car nous pouvons les synthétiser !!</b>	

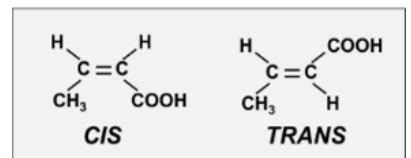
### 5- Les Acides gras atypiques



En général, la quasi-totalité des AG que nous fabriquons son en configuration **CIS.**

Il existe des AG en **TRANS** (les 2 H ne sont pas du même côté)

Cela va avoir des conséquences particulières en modifiant la structure de l'AG (la plicature disparaît) et par la même occasion la fluidité des membranes donc des propriétés biologiques !



**🚫 Les AG en TRANS sont toxiques pour la santé.**

Ces AG Atypiques proviennent de sources :

Naturelle (source mineure)	Industrielle (source majeure)
<p>Produit par les ruminants que nous mangeons mais sont <b>très faiblement</b> représenté dans la nature.</p> <p><i>L'apport naturel n'est pas assez suffisant pour être nocif pour la santé.</i></p>	<p><b>Par hydrogénation</b> des aliments pour la conservation.</p>



## Les stérols et stéroïdes

### 1- Les différentes classification

#### 1e classification CLASSIQUE

C'est la classification favorisée en médecine, où les stérols comprennent :

- **Stérols**
- **Stérides** (ester d'AG et stérol)
- **Hormones stéroïdiennes** : oestrogène (femme), androgènes (homme), minéralocorticoïdes (régulent le métabolisme des minéraux et des sels), glucocorticoïdes (régulent le métabolisme).
- **Stéroïdes conjugués** (à la glycine ou à la taurine)
- **Acides biliaires**
- **Les dérivées des stérols = sécostéroïdes** (Vitamine D)

#### 2<sup>ème</sup> classification d'UNION INTERNATION DE CHIMIE

Dans cette classification, TOUS les lipides ayant **un noyau stérane** ou dérivant de celui-ci sont des stéroïdes

### 2- Les stérols et stérides

**Stérols** = Composés amphiphiles polycycliques.

Leur structure de base est le noyau STÉRANE (hydrophobe) qui résulte de la condensation de 4 cycles : **3 cyclohexanes (A, B, C) + 1 cyclopentane (D)** → cela forme une structure très RIGIDE de 17C au total

noyau stérane



A partir de ce noyau et en fonction de la classe, on aura plusieurs modifications possibles :

- L'ajout d'un ou plusieurs **hydroxyles** (-OH)
- L'ajout ou non d'une **double(s) liaison(s)** au niveau des **Cycles A** et/ou **B**.
- L'ajout ou non **d'une ramification aliphatique** positionnée en **C17** du **cycle D**.
- La présence ou non **d'une double liaison au niveau de la ramification aliphatique**



Ces modifications vont changer la fonction, la structure et les caractéristiques de la molécule, donnant lieu à des grandes familles :

- Les **stérides/stérols**
- Les **Acides et Sels biliaires**
- Les **stéroïdes hormonaux**

*Il ne faut pas apprendre les formules développées du tableau →*

On remarque que ces molécules diffèrent par des changements infimes mais qui changent complètement **la fonction de la molécule** !

noyaux	C	Formules	Exemples
<b>Estrane</b>	18		<b>Estradiol</b>
<b>Androstane</b>	19		<b>Testostérone</b>
<b>Pregnane</b>	21		<b>Progestérone</b> Cortisol Aldostérone
<b>Cholane</b>	24		<b>Sels biliaires</b>
<b>Cholestane</b>	27		<b>Cholestérol</b> Vitamine D

### 3- Les dérivés des stérols

#### a) Le Cholestérol

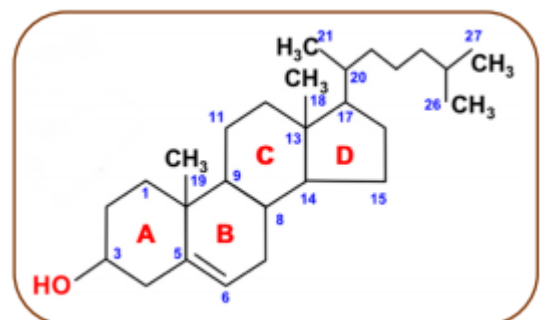
C'est le **principal stérol** d'origine animale, il est présent dans les **structures membranaires** en association avec des lipides et précurseur de nombreux dérivés stéroïdes :

- ✓ **Hormones sexuelles** et **cortico surrénaliennes**
- ✓ **Vitamine D**

#### Structure :

A partir du **noyau CHOLESTANE**, on a :

- ❖ L'ajout d'un hydroxyle en **C3** du **cycle A**
  - Rend la molécule **amphiphile**
- ❖ Ajout d'une **double liaison** entre **C5** et **C6** du **cycle B**
- ❖ **Ramification aliphatique** de **8C** sur le **C17** du **cycle D**





## b) Les Acides Biliaires

Les sels biliaires sont des dérivés de la même famille.

Ils sont **synthétisés par le foie** et **stockés dans la bile**.

**Ils ont 2 rôles majeurs :**

Participer à l' <b>ELIMINATION DU CHOLESTEROL</b>	Permettre l' <b>EMULSIFICATION DES LIPIDES</b>
<p>Le cholestérol est <b>une molécule très importante</b>, mais en trop grande quantité dans le sang, il est à l'<b>origine de pathologies</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formation de plaques d'athéromes (<b>athérosclérose</b>)</li> <li>➤ <b>Infarctus du myocarde</b></li> <li>➤ <b>Bouche les vaisseaux et les artères,</b></li> <li>➤ Lié en partie à l'<b>obésité</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les graisses sont non solubles et il faut les couper en petits morceaux pour pouvoir les digérer, c'est le travail <b>des lipases</b>.</li> <li>➤ Mais ces enzymes n'ont pas accès à ces graisses <b>hydrophobes</b>, d'où l'action des <b>Sels biliaires</b> qui va solubiliser les lipides pour les rendre accessibles au <b>Lipases</b>.</li> </ul>

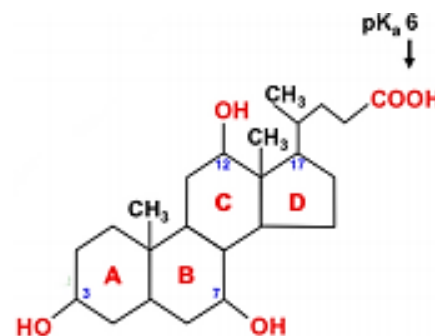
On a deux acides biliaires qui sont important :

### ~ L'ACIDE CHOLIQUE~

#### Structure :

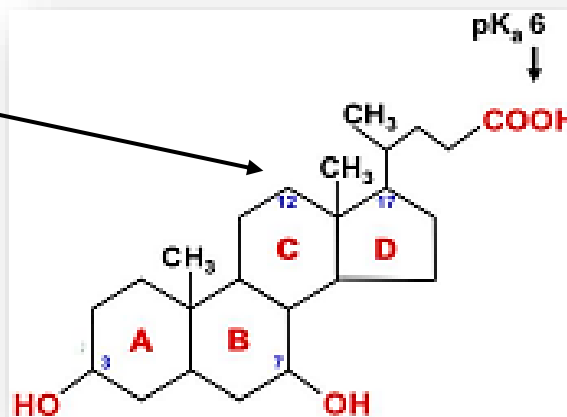
Il dérive du **CHOLESTÉROL** par :

- ✓ **Raccourcissement** de la chaîne latérale de **3C**
- ✓ **Disparition** de la **double liaison** du cycle **B**
- ✓ **Ajout de 2 hydroxyles (-OH)** en **C7** et **C12**
- ✓ **Apparition du groupement carboxylique (-COOH)** par **oxydation** de la chaîne latérale



### ~ L'ACIDE CHENODÉSOXYCHOLIQUE~

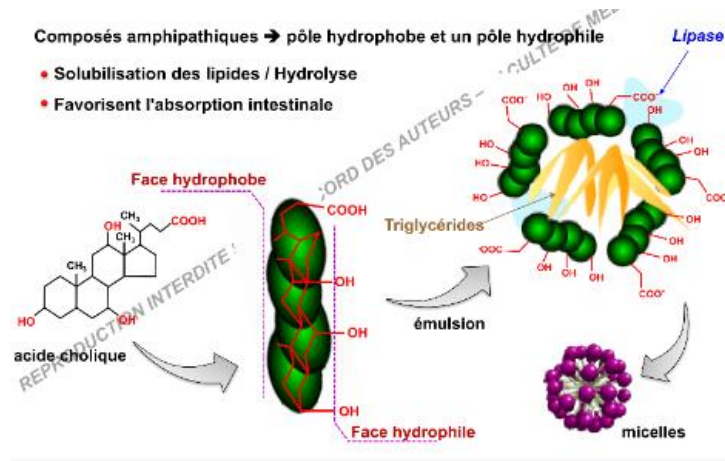
**Très similaire à l'acide cholique**, la seule différence est qu'il ne possède pas d'hydroxyle (-OH) en **C12 (cycle C)**



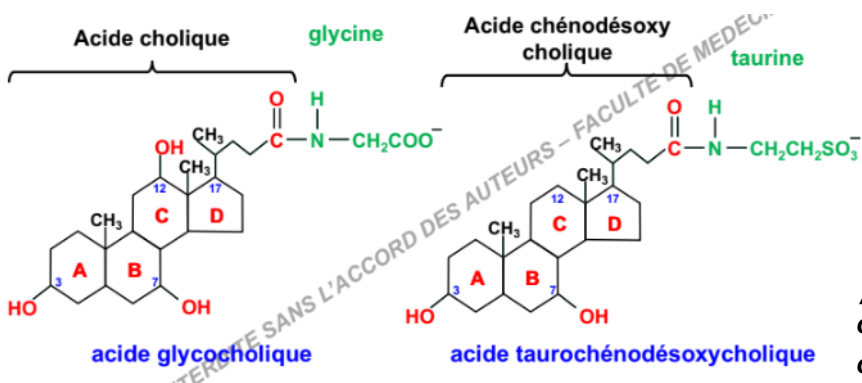
Caractéristique des Acides/sels biliaires :

- Ils sont **amphiphiles**, ce qui permet un **effet détergent** : ils se placent autour des AG hydrophobes et la partie hydrophile à l'extérieur est exposée dans le duodénum ce qui permet aux **lipases** d'avoir accès aux graisses pour les couper.

🔧 Cela permet de **solubiliser les lipides** pour **favoriser l'absorption intestinal des graisses**



- En général, **une grande partie des sels biliaires sont conjugués** (=attachés) à 2 acides aminés : la **GLYCINE** ou la **TAURINE** (aa qui dérive du métabolisme de la Cystéine)



- En général on a **3 glycines utilisées pour 1 taurine** aussi bien pour l'un des acides que pour l'autre.

⚠ Donc les combinaisons **Glycine + acide chénodésoxycholique** ou **taurine + acide cholique** sont également possible ! ⚠

Conséquence de cette conjugaison : l'ajout d'un de ces groupement **sulfate** (taurine) et **carboxyl** (glycine) fait que **le pKa de la molécule diminue** et va devenir inférieur au pH du duodénum. Par conséquent **la totalité des sels biliaires sera ionisée**, ce qui augmente la nature **amphipatique** et permet un meilleur effet détergent car l'accès au graisse est plus facile.

**c) Les hormones stéroïdiennes**

Il y a 2 grandes familles :

- Celles sécrétée par **les glandes sexuelles + placenta** :
  - **Androgènes** (masculine)
  - **Œstrogène** et **progestagène** (féminine)
- Celles sécrétées par **les glandes cortico-surrénales** :
  - **Minéralocorticoïdes** qui sont très important dans **l'équilibre minéral**.
  - **Glucocorticoïdes** jouant un rôle dans le métabolisme des lipides, protéine et glucide  
➔ **Action anti-inflammatoire**

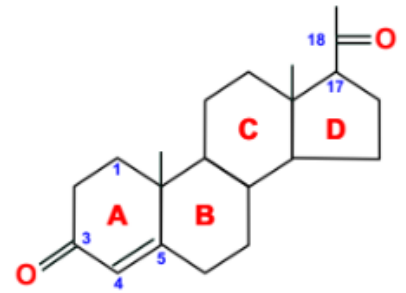


## ~La Progéstérone~

### Structure :

A partir du noyau **CHOLESTANE**, on a :

- ✓ La présence d'un carbonyle en **C3** sur le **cycle A**
- ✓ La présence d'une double liaison entre C4 et C5 du **cycle A** conjuguée avec le Carbonyle (mésomérie)
- ✓ Présence d'un **carbonyle** au niveau de la ramification aliphatique

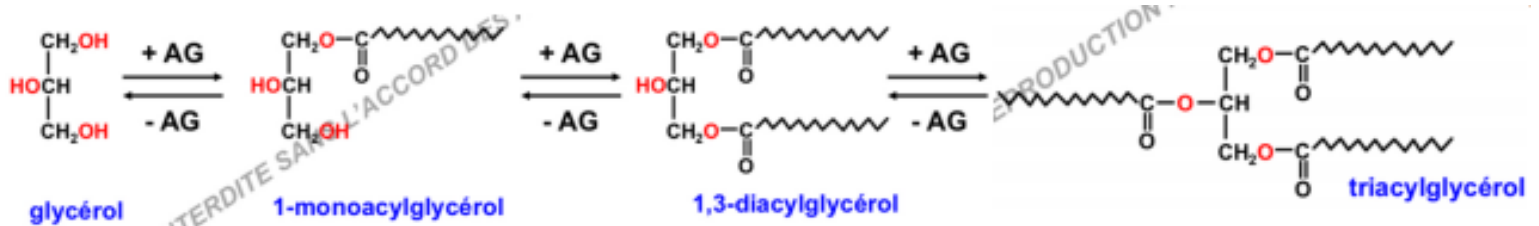


## 4- Les Glycérolipides/Glycérides

Définition : lipides attachés à l'alcool glycérol qui a 3-OH pouvant accueillir les AG.

Leur formation se fait de façon **séquentielle** :

- 1- Le **1<sup>er</sup> AG** peut se mettre en position 1, 2 ( ou plus rarement en 3 ) → donne un **1** ou **2** ou **3**-**monoacylglycérol**
- 2- Le **2<sup>ème</sup> AG** se met → donne **1,2** ou **1,3** ou **2,3** **diacylglycérol**
- 3- Puis le **3<sup>ème</sup> AG** se met → donne **un Triacylglycérol (=TG)**



Les TG peuvent être :

- **Simple**s (les 3 AG sont identiques)
- **Mixtes** (les 3 AG sont différents pas nécessairement les 3)
- **Saturés ou insaturé**

Remarque ++ : pour des raisons enzymatiques *s'il y a un AG insaturé en générale il est en C2*

**La dégradation des TG se fait également de façon séquentielle.**



# IV-Les Lipides Complexes

## A-Classification

Définition : Ce sont des **hétérolipides**, qui possèdent en plus du **C, H, O**, ils contiennent **du P, N, S ou des oses**.

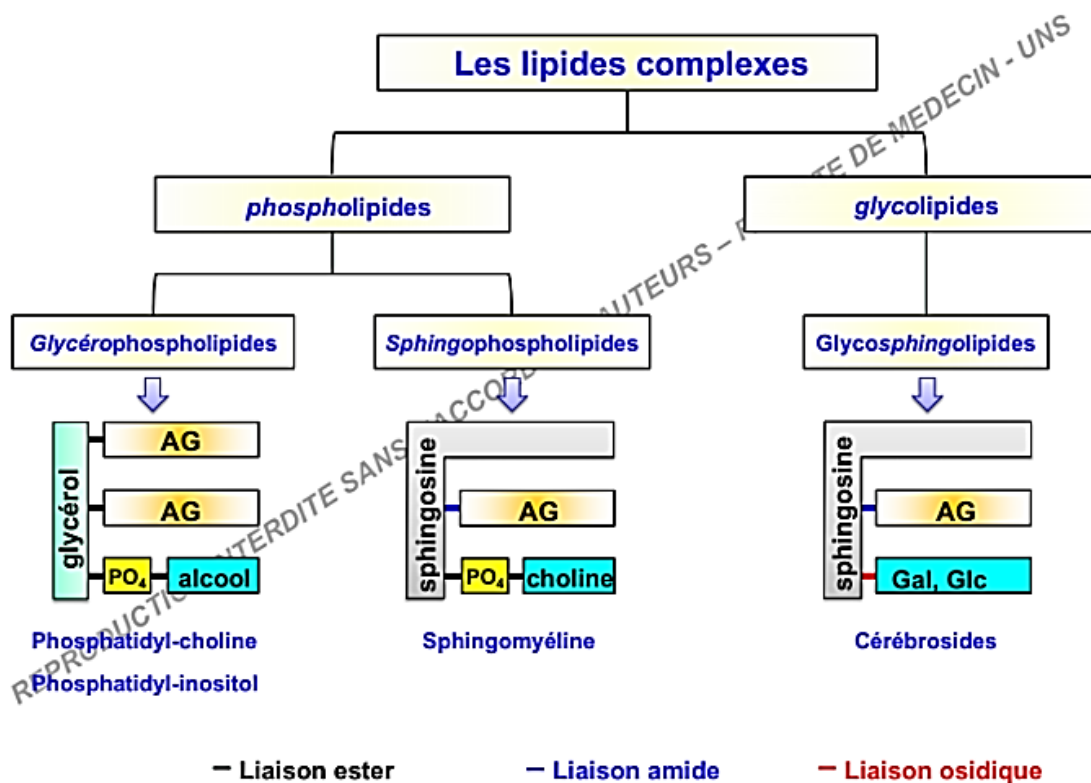
Il y a 3 grands groupes :

- **Les Glycérophospholipides** : glycérol (alcool) + phosphate
- **Les Sphingolipides phosphorylés** : la base est une sphingosine (alcool) + phosphate
- **Les Sphingolipides non phosphorylés** : sphingosine + **PAS de phosphate**

On classe ces groupes en **2 grandes familles** selon la présence du groupement **Phosphate** :

- **Les PHOSPHOLIPIDES** : (avec du phosphate)
  - ✓ Les glycérophospholipides
  - ✓ Les Sphingolipides phosphorylés / sphingophospholipides
- **Les GLYCOLIPIDES** : (pas de Phosphate)
  - ✓ **Glycosphingolipides / cérébrosides** :

Ils ne sont pas phosphorylés mais possèdent en plus une **partie cyclique glucidique**.





## Les Phospholipides

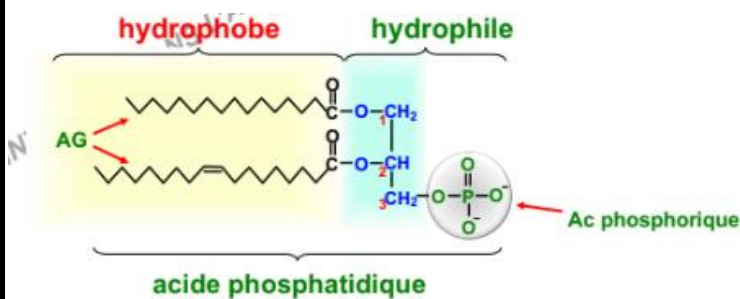
### 1- Les glycérophospholipides

Ils ont un rôle très important pour la **structure** et la **fonction** de la cellule puisqu'ils sont les **constituants majeurs des membranes biologiques**.

Il dérive tous d'un précurseur :

#### L'ACIDE PHOSPHATIDIQUE

C'est le **précurseur** de **TOUS** les glycérophospholipides.



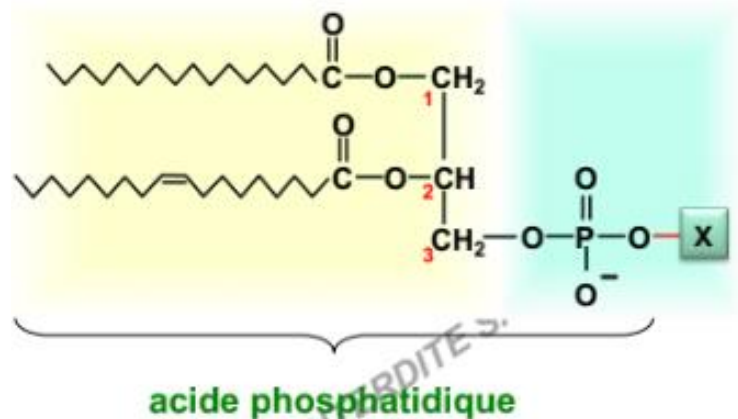
#### Structure :

Il s'agit d'un Glycérol estérifié par :

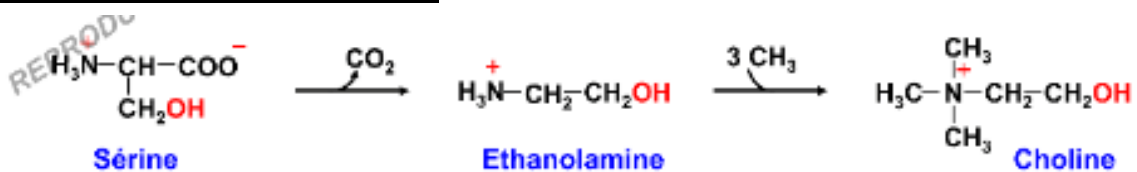
- ✓ **2 AG** relativement long en position **C1** et **C2**
  - Ils forment la **queue HYDROPHOBE**
- ✓ Un **acide phosphorique**
  - Il forme la **tête HYDROPHILE**

⚠ **acide phosphatidique ≠ acide phosphorique** ⚠

- Les **Glycérophospholipides** résultent de l'estérification d'une des fonctions -OH de l'**acide phosphorique** par un **groupement X** qui peut être :
- Un **alcool aminé** : **Sérine**, **Ethanolamine**, **Choline**
  - Un **polyol sans azote** : **Glycérol** ou **Myo-inositol**



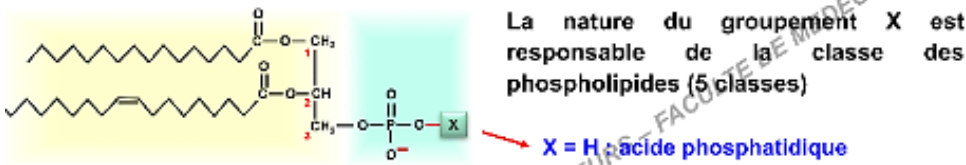
- Concernant les alcools aminés :



La **SÉRINE** peut être **décarboxylée** (=perte de son COOH relargué sous forme de CO<sub>2</sub> dans le milieu) pour donner l'**ÉTHANOLAMINE** qui peut être **tri-méthylée** (=ajout de 3 groupements méthyl -CH<sub>3</sub>) pour former de la **CHOLINE**.

*NB : Ces 3 molécules ont des rôles très différents*

Selon la nature du X, on obtient des molécules très différentes :



X = alcools aminés (ionisés à pH(7,4))			X = polyols sans azote	
$\text{-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COO}^-$	$\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	$\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-N}^+(\text{CH}_3)_3$	$\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$	
<b>sérine</b>	<b>éthanolamine</b>	<b>choline</b>	<b>glycérol</b>	<b>myo-inositol</b>
↓	↓	↓	↓	↓
<b>Phosphatidyl-sérine</b>	<b>Phosphatidyl-éthanolamine</b>	<b>Phosphatidyl-choline (lécithines)</b>	<b>Phosphatidyl-glycérol</b>	<b>Phosphatidyl-inositol</b> précurseur 2 <sup>nd</sup> messager

Le **phosphatidylinositol** est un dérivé du *Glucose*, et une molécule majeure dans la signalisation des membranes.

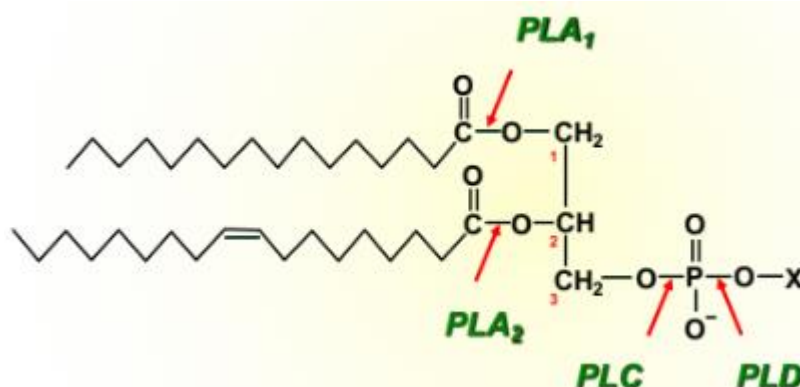
### Les caractéristiques des Glycérophospholipides

- Ce sont des molécules **AMPHIPHILES**. On les retrouve dans la membrane avec :
  - Sa partie **hydrophobe** (queue des AG) qui est dans la bicouche lipidique
  - Sa partie **hydrophile** (acide phosphorique + alcool) en contact avec le milieu extracellulaire ( aqueux ) et la partie intracellulaire (cytoplasme)
- Ce sont aussi des molécules **AMPHOTÈRE** : Acide et basique en même temps
  - Fonction Acide : Par **l'acide phosphorique**
  - Fonction Basique : **L'alcool aminé** (sérine, éthanolamine ou choline)
- Ils peuvent être **hydrolysés** (coupés) par des enzymes qui sont **les Phospholipases**

### Les PHOSPHOLIPASES

Définition : Ce sont des enzymes **très spécialisées** car elles ne coupent que les phospholipides.

Il y a **4 types** de phospholipases : elles coupent à des endroits spécifiques, plus ou moins loin du phosphate et génèrent des molécules avec des rôles **très important dans la signalisation cellulaire**.





Enzymes	PLA1	PLA2	PLC	PLD
Produits	<b>AG saturé + 1-lysophospholipide</b>	<b>AG insaturé + 2-lysophospholipide</b>	<b>Diacylglycérol</b> (important dans la signalisation intracellulaire) +++ <b>+ un Phosphate d'alcool</b>	<b>Acide Phosphatidique + un alcool (choline)</b>

### Exemple : La PLA2 pancréatique

Le pancréas a deux parties :

- **Une partie endocrine** qui va relarguer 2 hormones importantes pour la glycémie qui sont l'insuline et le glucagon.
- **Une partie exocrine** qui génère une série d'enzyme pour digérer les aliments dont fait partie la PLA2 pancréatique.

**La PLA2 pancréatique** joue un rôle dans l'absorption alimentaire dans l'intestin car elle va hydrolyser les phospholipides alimentaires pendant la digestion

- On ne peut pas digérer les lipides sans enzymes car il faut les couper en morceaux pour qu'elles passent au travers de la membrane intestinale et être absorbés

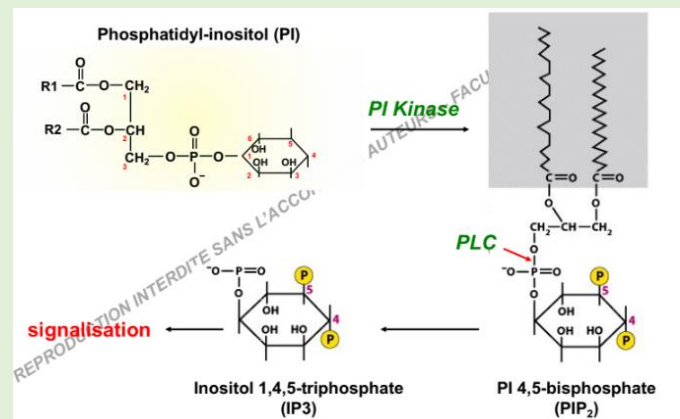
L'hydrolyse des phospholipides membranaires permet la synthèse de médiateurs lipidiques :

- **PLA2** → prostaglandines, leucotriènes, lysophospholipides
- **PLC** → diacylglycérol et inositol 1,4,5-triphosphate
- **PLD** → acide phosphatidique

### Exemple : Le Phosphatidyl-inositol (PI)

Il est dans la membrane et réagit avec des enzymes particulières :

- **La PI Kinase** le phosphoryle en position **C4** et **C5** sur le **cycle inositol**  
=> il possède donc **3 phosphates**
- La **PLC** le coupe et **génère l'inositol 1,4,5-triphosphate**



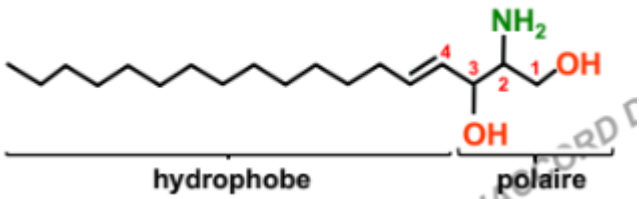
## 2- Les sphingophospholipides

Ce sont **des composants essentiels des membranes biologiques**, notamment dans **les cellules nerveuses** dans le système nerveux central (SNC).

Le squelette de base de ces lipides n'est pas le glycérol mais l'alcool **Sphingosine**.

### La Sphingosine

#### Structure :



- ✓ Chaîne aliphatique de **16 à 18C** **insaturée** (*caractère hydrophobe*)
- ✓ Une seule double liaison en **TRANS** entre **C4** et **C5**
- ✓ Deux **fonction alcool** (-OH) en **C1** et **C3** (*caractère hydrophile*)
- ✓ Une **fonction amine** en **C2**

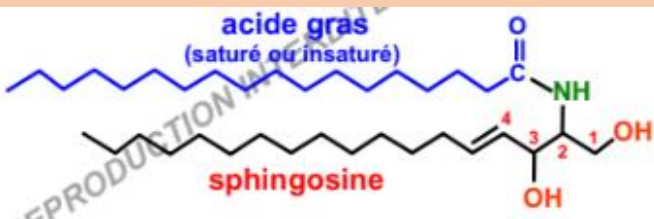
La **sphingosine** avec sa fonction amine (NH<sub>2</sub>) peut capter un AG (saturé ou insaturé) et le tout forme **une céramide**.

### La céramide

La **céramide** est une molécule de signalisation et qui peut être attaché à autre chose par le **-OH** en **C1** (très réactif) :

- **Glucose/Galactose** → Forme des Glycosphingolipides (Cérébrosides)
- **Phosphocholine / phosphoéthanolamine** → Forme des Sphingophospholipides

⚠ les glycosphingolipides ne sont pas des phospholipides mais des glycolipides !! ⚠

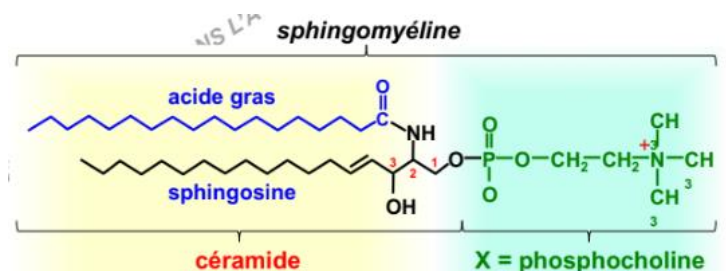


### Exemple : la Sphingomyéline

Constituant majeur des membranes des cellules animales en particulier dans la myéline du cerveau. Certaines d'entre elles sont donc impliquées dans la **transduction du message nerveux**.

#### Structure :

- ✓ **Céramide** (AG + **une Sphingosine**)
- ✓ **Une Phosphocholine** lié au -OH en **C1**

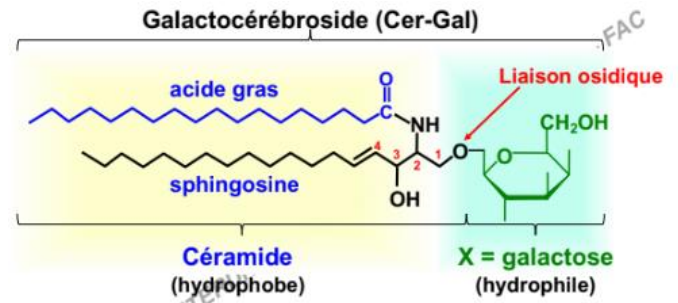


## Les Glycolipides

Définition : Très abondant dans le tissu nerveux, ce sont de molécules importantes pour les feuillettes externes des membranes plasmiques cellulaires. Ils ont une **partie carbohydate**

### Structure :

L'alcool primaire (en C1) du Céramide est lié par **une liaison O-glycosidique** à un ou plusieurs sucres (**glucose, galactose**) dont le nombre et la nature détermine la nature du glycolipide.



**! Il n'y a PAS de phosphate ! !**

### Les principales Fonctions :

- Ils sont fortement impliqués dans les **interactions cellulaires**, la **croissance** et le **développement**
- Ils sont très **antigéniques** (ex : les groupes sanguins)
- Ils peuvent agir comme **des récepteurs de surface** pour des **toxines** et des **virus**.

### Exemple : Le Galactocérébroside

#### Structure :

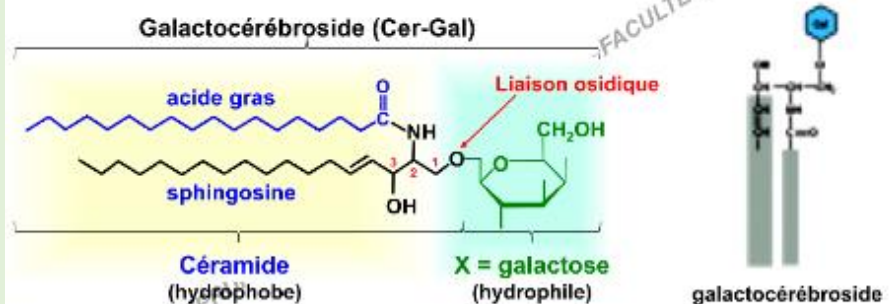
- **Sphingosine + AG = Céramide**
- **Galactose** relié au -OH de la céramide par **une liaison osidique**.

✓ Si X = Galactose → membranes plasmiques du tissu neural.

✓ Si X = Glucose → membranes plasmiques autres de celles du tissu neural.

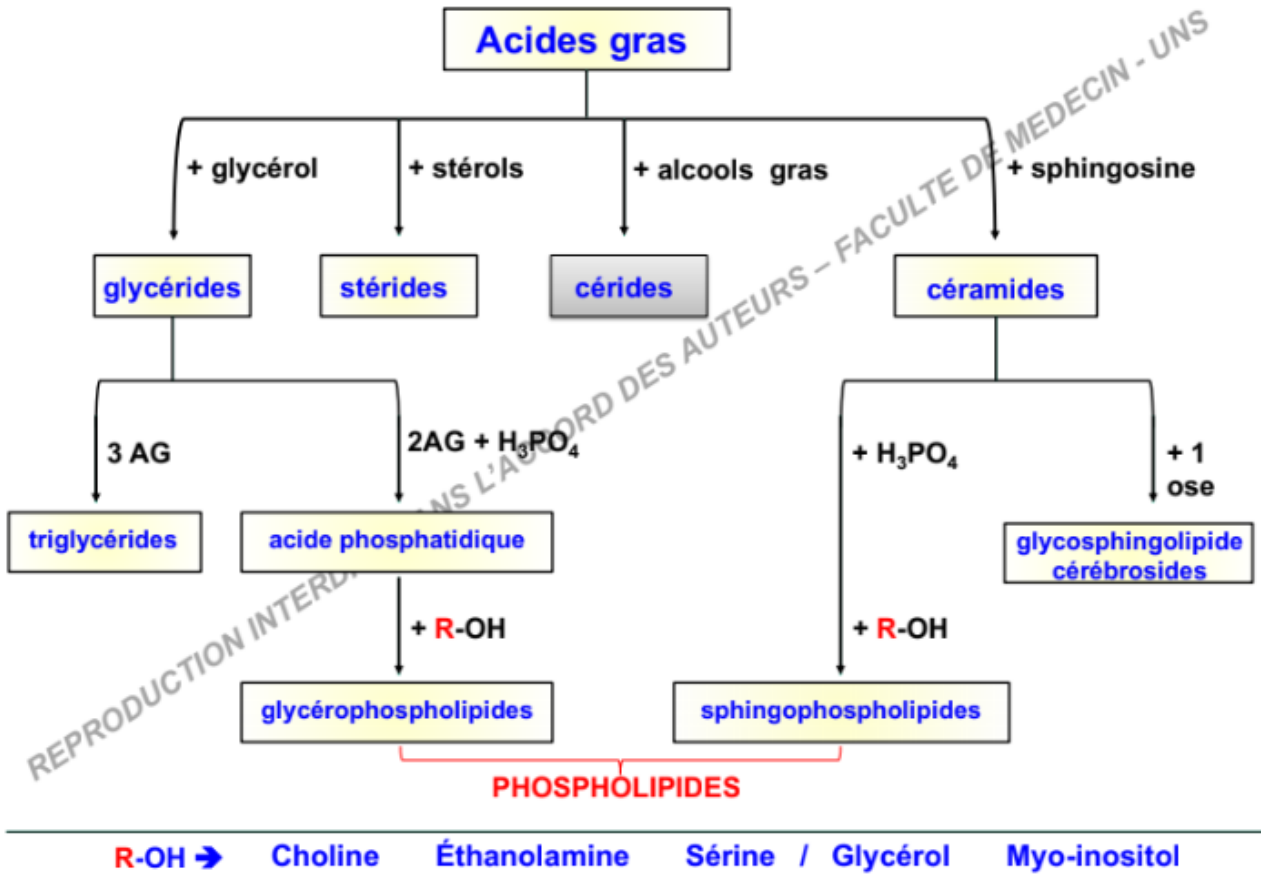
Molécule **amphiphile** avec une **queue hydrophobe** (AG) et une **partie hydrophile** avec le **galactose**

#### Glycosphingolipides : exemple les cérébroside



Si X = galactose → membranes plasmiques du tissu neural  
Si X = glucose → membranes plasmiques autres que tissu neural

# V- Récap'



Hydrophobes	Amphiphiles
TRIGLYCERIDES	ACIDES GRAS
STERIDES	CHOLESTEROL
	PHOSPHOLIPIDES
	SPHINGOLIPIDES

Voilà c'est la fin de cette longue fiche de cours mais complète ! N'hésitez pas à me poser des questions sur ce cours, à me dire si j'ai mis quelques bêtises par erreur ^^ Ce cours à force de le lire, vous verrez que c'est assez simple au fond, il faut juste bien avoir le plan en tête, bien le relire à des intervalles réguliers et vous verrez qu'au concours le prof n'est pas très très méchant ! Si vous l'avez bien lu et bien appris ça sera super simple pour vous 😊 !

Maintenant petite (lol) dédi-Fiche 😊 : Déjà à Noémie mon cœur <3 qui m'a aidé sur les diapos et la mise en page des fiches (surtout les fautes xD) faites lui un coucou à Humanice^^ ! Dédicace aussi à la team des grosses moula : Malik, Caroline et Aicha qui m'ont fait vivre une P1 d'enfer ^^ 😊 Également à **Igor le BRO** du japon qui m'a soutenue toute l'année, même avant les épreuves (les bon call 10min avant le début de l'épreuve ca Boost de ouf !).

Aussi à toi qui viens de finir cette fiche pour la 1ère fois ou la 15ème fois, il faut que tu restes motivé et déterminé, même si les Tut' sont pas ouf parfois ! Il ne faut rien lâcher et tout donner le jour J !

Cœur sur Vous et aussi à tout la Team Tutorat qui sont grave cool <3

La Bizzz