



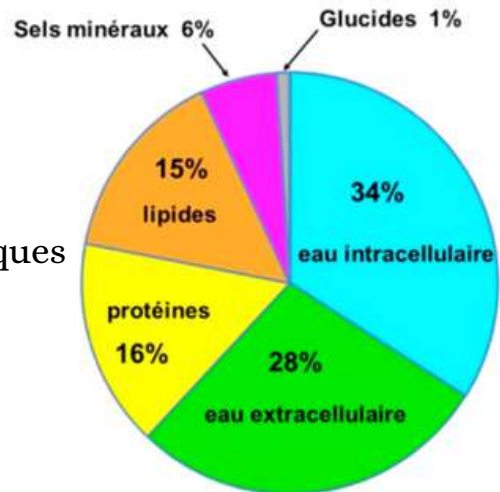
# Les Lipides

Ciao000 les petits potes, encore une petite fiche de structu ( je vous promet c'est la dernière) dans laquelle on va étudier les **lipides** qui sont des molécules hyper giga importantes et dont vous n'avez pas fini d'entendre parler ( n'est-ce pas Virgile de la Tourette ? ) ! Bon je vous préviens c'est pas le cours le plus fun, donc prenez le temps de bien tout comprendre, n'hésitez pas à découper, répéter et dessiner les molécules pour bien les différencier et ne pas se perdre dans tout ce bougui bouлга !

## I- INTRODUCTION

Les lipides c'est :

- > **15 % du poids corporel** total
- > un groupe très hétérogène de molécules organiques ayant un caractère **hydrophobe** ou **amphiphatique**
- > principalement constitués de **C, H, O**



## LES FONCTIONS DES LIPIDES

La famille des lipides présente une grande diversité au niveau de leurs structures et de leurs fonctions.

### 1- Réserves d'énergie

La première fonction des lipides correspond à la **réserve énergétique**, formée en particulier dans le **tissu adipeux (TA)** car c'est là que les lipides vont en fait être stockés. C'est une réserve qui est beaucoup moins limitée que les carbohydrates (=glucides), car ce tissu est capable d'augmenter son volume de façon considérable ce qui peut mener, en cas d'excès, à l'obésité.

#### Remarque ++:

1g de **lipides** apporte **9kcal**, alors qu'1g de **glucose** ou de protéines n'apporte que **4kcal**.

### 2- Structures des membranes biologiques

La 2ème fonction très important des lipides concerne la **structure des membranes** cellulaires et des **substances circulant** dans le sang, comme les lipoprotéines.

### 3- Rôles biologiques spécifiques

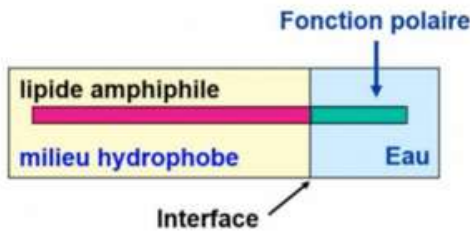
Enfin, les lipides peuvent agir comme des **messagers secondaires**, des **coenzymes** ou encore des **transporteurs d'électrons**. Ils serviront aussi de précurseurs pour la synthèse de diverses vitamines liposolubles (A, D, E et K) et de stéroïdes.

*Vous verrez tout ça avec Virgile en métabo lipidique*

# GÉNÉRALITÉS

Les lipides sont :

- Soit **apolaires**, c'est d'ailleurs le cas des lipides dits « **neutres** » et qui possèdent un squelette entièrement **hydrophobe** (= *apolaire* => *n'aime pas l'eau*)



- Soit **bipolaires** (= *amphipatiques*= *amphiphiles*), il s'agit alors de molécules qui possèdent généralement une **tête polaire**, liée à une **chaîne fortement apolaire**.

Concernant leurs propriétés physico-chimiques :

**++ les lipides sont des molécules insolubles dans l'eau, mais solubles dans des solvants organiques** tels que l'acétone, l'éther ou le chloroforme ++

## CLASSIFICATION

La classification des lipides est basée sur leur structure

<p><b>Les lipides Simples</b> constitués uniquement de C, H, O</p>	<p><b>Les lipides Complexes</b> constitués de C, H, O + P, N, S et d'oses</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acides gras (AG)</li> <li>• Glycérides</li> <li>• Cérides</li> <li>• Stéroïdes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Glycérophospholipides</b></li> <li>• <b>sphingophospholipides</b> (phosphatés)</li> <li>• <b>glycosphingolipides</b> (non phosphatés)</li> </ul>

Je vous ai fait un code couleur qui vous aide à vous repérer :

**bleu** = l'alcool (glycérol ou sphingosine)

**jaune** = présence d'un groupement phosphate ( $PO_4^{3-}$ )

**rose** = glucide (sucre)

Rappelez-vous toujours la **nomenclature** vous renseigne sur la structure et la composition des molécules ++

# Les lipides simples

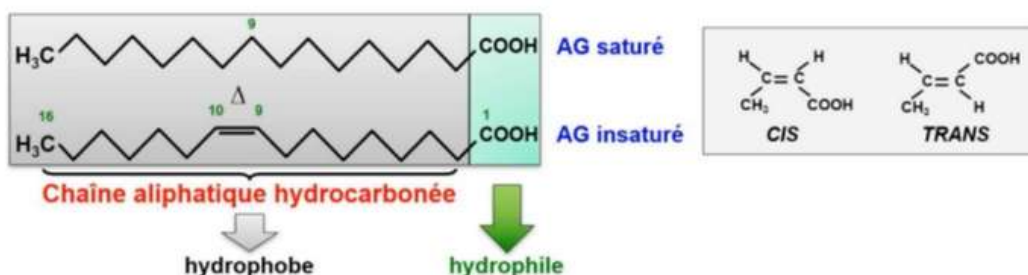
## • LES ACIDES GRAS ( AG )

Les AG sont des molécules composées de **chaînes aliphatiques saturées**, ou **non saturées**. Ce sont des **acides monocarboxyliques** (*ils ne possèdent qu'un seul acide carboxylique*)  $R-COOH$  ou **R** est une **chaîne aliphatique** :

- De longueur variable, minimum 4 carbones
- Plus fréquemment composés de **14** à **22** carbones
- C'est elle qui est responsable du caractère **hydrophobe** de la molécule

La plupart des Acides Gras naturels possèdent ces caractéristiques générales :

- Ils sont **monocarboxyliques+++**, c'est-à-dire qu'ils ne contiennent qu'un seul groupement carboxyle (lequel correspond à la partie **hydrophile** de la molécule)
- Ils possèdent une **chaîne aliphatique hydrophobe**, avec en général un nombre pair de carbones
- Ils peuvent être soit **amphiphiles** (si la chaîne aliphatique est courte) soit **hydrophobes** (si la chaîne aliphatique est longue)
- Ils ont une chaîne aliphatique qui est soit **saturée** (qui ne possède PAS de doubles liaisons), soit **insaturée** (qui possède donc au moins une double liaison) avec au maximum 6 doubles liaisons, le plus souvent de **configuration CIS** (*avec les groupements les plus lourds du même côté, par rapport à la double liaison*).



Ici, l'AG saturé sans double liaison et juste en dessous l'AG insaturé avec 1 double liaison, on remarque la double liaison est en CIS.

# La Nomenclature

Les AG possèdent généralement deux dénominations :

- La **dénomination usuelle** est, comme son nom l'indique, la plus utilisée, elle est basée sur l'historique de l'AG, la façon dont il a été découvert et ses caractéristiques.

**Exemple** : l'acide hexadécanoïque est dénommé « **acide palmitique** » dans la nomenclature usuelle ( plus connu sous cette appellation )

- La **dénomination officielle** fonctionne de la façon suivante :  
les AG linéaires **saturés** sont nommés à partir de l'**alcane** correspondant, avec le suffixe « **oïque** ».

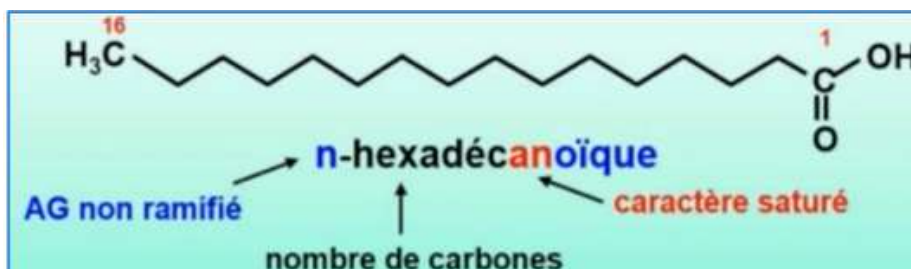
**Exemple** : si votre AG possède 5 carbones on l'appeler "Acide pentanoïque".

Pour les AG **insaturés**, ils sont nommés à partir de l'**alcène** correspondant, à cause de la ou les double(s) liaison(s).

De plus, il faut indiquer dans la nomenclature :

- Le **nombre de carbones** de l'AG, numérotés à partir du carbone du groupement carboxylaté noté en C1 ;
- L'absence (alcane) ou la présence (alcène) de **double(s) liaison(s)** avec le symbole  $\Delta$  et, s'il y'en a, leur nombre
- Enfin, s'il y a des double(s) liaison(s), leur(s) **position(s)** et leur(s) **configuration(s)** CIS ou TRANS.

**Exemple** : l'acide palmitique, de formule brute  $C_{16}H_{32}O_2$



-> AG qui est non-ramifié : dénomination commence par «**n-**».

Notons que chez les mammifères, les AG ramifiés sont peu abondants.

-> Il comporte 16 carbones -> **hexadéc**

-> Il est saturé -> « **an** »

-> Et on n'oublie pas d'ajouter à la fin le suffixe « **oïque** », car les AG sont des acides carboxyliques.

Au final, la dénomination officielle de l'acide palmitique = « **acide n-hexadécanoïque** »

*Bon ça c'est vraiment la base de la nomenclature des molécules, mais c'est toujours intéressant de revoir les bases et ça vous entraîne pour la chimie !*

Concernant la longueur des AG, il faut savoir que :

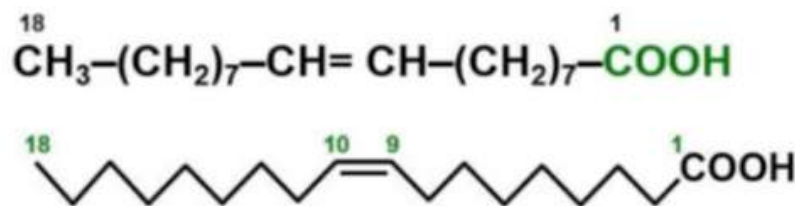
- moins de 8 carbones : AG à chaîne **courte**
- entre 8 et 12 carbones : AG à chaîne **moyenne**
- entre 14 et 20 carbones : AG à chaîne **longue**
- plus de 20 carbones : AG à chaîne **très longue**

## Les AG insaturés

Il existe deux types d'AG insaturés :

- les AG **monoinsaturés** (une seule double liaison)
- les AG **polyinsaturés** (plusieurs doubles liaisons).

Exemple d'acide monoinsaturé : l'acide oléique, de formule brute C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>



1. L'acide oléique possède **18 carbones**, d'où le radical « **octadéc** »
2. il est insaturé : on met un « **-én** » après le radical.
3. Comme il s'agit d'un AG insaturé, on précise la stéréochimie (CIS ou TRANS) + la position de la **double liaison** : ici, elle est niveau de **C9** (en comptant depuis le carbonyle) et est en **CIS**.

Dénomination officielle : « **acide cis-9-octadécénoïque** »

Il existe aussi une nomenclature abrégée : **C18:1(Δ<sup>9</sup>)**

- C18 pour le nombre de carbones
- 1 pour le nombre de doubles liaisons
- (9c) ou Δ<sup>9</sup> pour la position de la double liaison

## Les AG polyinsaturés (AGPI)

Chez les mammifères, les doubles liaisons sont **++TOUJOURS en position MALONIQUE++**, cad qu'il y a toujours **3 carbones entre 2 doubles liaisons**, celles-ci sont **toujours** de stéréoisomérisation **CIS+++**.



*Ca c'est par coeur !*

# Les AG indispensables

- L'acide linoléique :

-> **AG INDISPENSABLE +++**, cad qu'il n'est **PAS** synthétisé par l'organisme et que son apport se fait **uniquement via l'alimentation+++**. *Tout comme les Aa essentiels !*

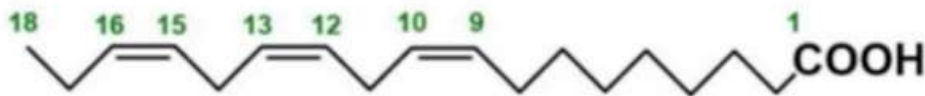
-> l'AG se nomme en nomenclature abrégée : **C18:2( $\Delta^{9,12}$ )** ou **C18:2 (9c, 12c)**



- L'acide Alpha-linoléique :

-> **AG INDISPENSABLE +++**, apporté uniquement via l'alimentation.

-> l'AG se nomme en nomenclature abrégée : **C18:3( $\Delta^{9,12,15}$ )** ou **C18:3(9c, 12c, 15c)**



## La nomenclature $\omega$ (Omega)

Cette nomenclature est réalisée à l'inverse de la nomenclature officielle :

On numérote les carbones **à partir du méthyl (-CH<sub>3</sub>) terminal avec une lecture vers le carboxylate (le COOH)**. *Dans la nomenclature officielle C1 = C qui porte la fonction principale soit COOH*

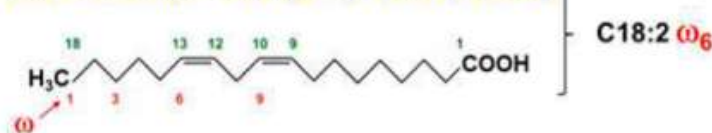
On exprime  $\omega_x$  où x est le numéro du carbone qui positionne la 1<sup>ère</sup> double liaison.

Chez l'homme, il y a 2 principales familles d'AGPI : les **omega 3** et les **omega 6**, voici deux exemples :

- Les  $\omega_6$  :

Acide linoléique : 18 C avec 1<sup>ère</sup> double liaison sur C6 (C<sub>13</sub>-C<sub>12</sub>) et la 2<sup>ème</sup> 3 C plus loin sur C9 (C<sub>10</sub>-C<sub>9</sub>) → C18:2  $\omega_6$

Acide linoléique: C18:2( $\Delta^{9,12}$ ) ; C18:2 (9c,12c)

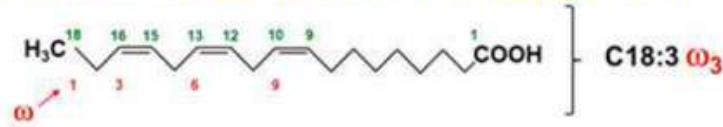


Acide linoléique C18:2 (Delta 9,12)	-> Apporté <b>uniquement par l'alimentation</b> => <b>AG indispensable ++</b> -> première double liaison sur le C6 => <b><math>\omega_6</math></b>
Acide Arachidonique C20:4 (delta 5,8,11,14)	-> peut être synthétisé à partir de l'acide linoléique par élongation de 2C : => <b>AG NON indispensable</b>

- Les  $\omega$ 3 :

Acide  $\alpha$ -linoléique : 18 C avec 1<sup>ère</sup> double liaison sur C3 (C<sub>16</sub>-C<sub>15</sub>), la 2<sup>ème</sup> 3 C plus loin sur C6 (C<sub>13</sub>-C<sub>12</sub>), et la 3<sup>ème</sup> 3 C plus loin sur C9 (C<sub>10</sub>-C<sub>9</sub>) → C18:3  $\omega$ 3

Acide  $\alpha$ -linoléique: C18:3( $\Delta^{9,12,15}$ ) ; C18:3 (9c,12c,15c)

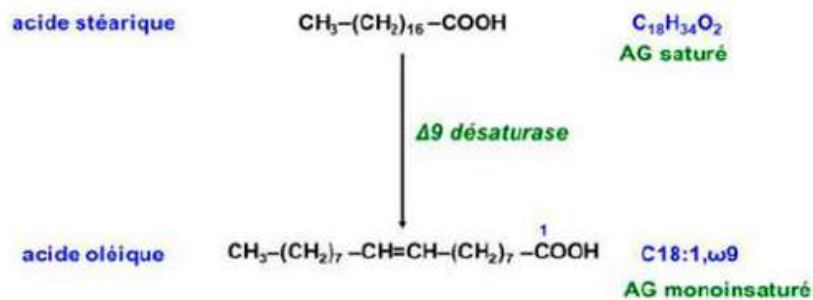


<p><b>Acide alpha-linoléique C18:3 (Delta 9,12,15)</b></p>	<p>-&gt; Apporté <b>uniquement</b> par l'alimentation : =&gt; <b>AG indispensable</b> ++ première double liaison est sur le C3 =&gt; <math>\omega</math>3</p>
<p><b>Acide Eicosapentaénoïque (EPA) C20:5 (delta 5,8,11,14,17)</b></p>	<p>-&gt; peut être synthétisé à partir de l'acide alpha-linoléique par élongation de 2C : =&gt; <b>AG NON indispensable</b></p>

*Pourquoi certains AG sont-ils indispensables ?*

Pour répondre à cette question, il faut étudier la façon dont va introduite une double liaison au sein de la molécule : ce mécanisme biochimique s'appelle la **désaturation**

- Partons de l'**acide stéarique** : AG à 18 C mais pas de double liaison

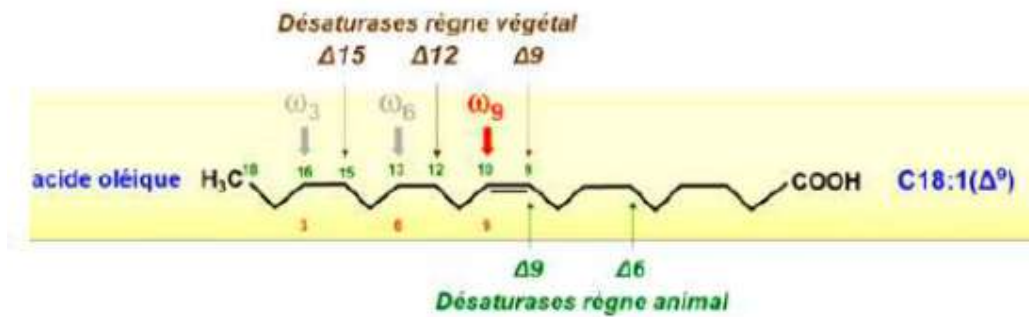


- L'enzyme  **$\Delta$ 9 désaturase** introduit une double liaison par désaturation entre les C9-C10 permettant la production de l'acide oléique  
=> **Cette désaturase est synthétisée aussi bien dans le monde végétal qu'animal :**  
l'acide oléique n'est donc **PAS** indispensable

Il existe plusieurs types de désaturases (=créent les doubles liaisons) Celles-ci varient, en fonction de l'endroit qu'elles vont catalyser.

- Pour former des **omega 3**, il faut des **désaturases  $\Delta$ 15** +++
- Pour former des **omega 6** il faut des **désaturases  $\Delta$ 12** +++
- De plus pour obtenir des AG  $\omega$ 3 et  $\omega$ 6 il faut désaturer **vers le CH3 terminal**

- A partir de cet acide oléique il faudra tout simplement désaturer C6 et C3 à l'aide d'une  $\Delta 12$  désaturase et d'une  $\Delta 15$  désaturase pour obtenir un acide linoléique puis un acide alpha linoléique



Ces 2 désaturases sont **présentes dans le règne végétal mais PAS dans le règne animal** : les mammifère ont perdu, au cours de l'évolution les enzymes permettant les désaturations **au-delà du C9** de la chaîne aliphatique.

**++C'est pourquoi les 2 AGPI indispensable ( acides linoléique et alpha-linoléique ) ne sont PAS synthétisés par notre organisme et doivent être fournis par l'alimentation. ++**

## • LES STÉROLS/ STÉROÏDES

### Différentes classifications

1. **Classification CLASSIQUE** (qu'on utilisera dans ce cours, favorisée en médecine, utilisé dans le monde médicale ) où les stérols incluent ++ :
  - **Stérols**
  - **Stérides (ester d'AG et stérol)**
  - **Hormones stéroïdiennes** : œstrogène (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**
  - **Sécostéroïdes** (Vitamine D)
2. **Classification d'Union internationale de Chimie** : TOUS les lipides ayant un **noyau stérane** ou dérivant de celui-ci sont des stéroïdes

# Les stérols et stéroïdes

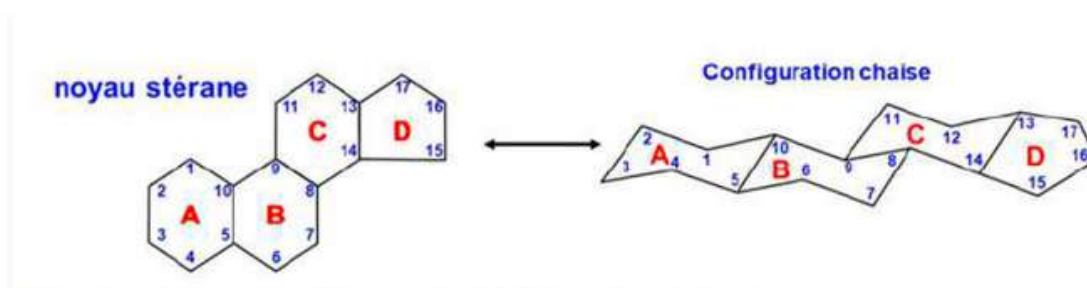
-> composés **amphiphiles polycycliques**, généralement hydrophobe ( mais parfois amphiphile )

-> structure de base : **noyau stérane** ( hydrophobe) = condensation de 4 cycles : **3 cyclohexanes** (*les hexagones à 6 côtés donc*) + **1 cyclopentane** (*la petite maison*)

-> Cela forme une **structure rigide de 17 C** au total

-> 2 configurations : une basique ( à gauche) et une en “chaise” ( à droite)

-> La numérotation des carbones est particulière : on commence par le cycle A et B, les considérant comme un tout, puis C et D.



A partir de ce noyau stérane vont dériver différentes molécules (stérols/Acide biliaires/stéroïdes hormonaux...), suite à des modifications telles que :

- 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**

## Les dérivés des stérols

*Nous allons étudier quelques exemples de dérivés obtenus par modification du noyau stérane*

### **1) Le Cholestérol** *Oui Oui c'est ce qui se retrouve dans votre sang quand vous manger trop de saucisson*

Parmi les dérivés des stérols, le **cholestérol** est une molécule centrale en médecine et au niveau de la physiologique.

C'est le principal stérol d'origine animale, il est :

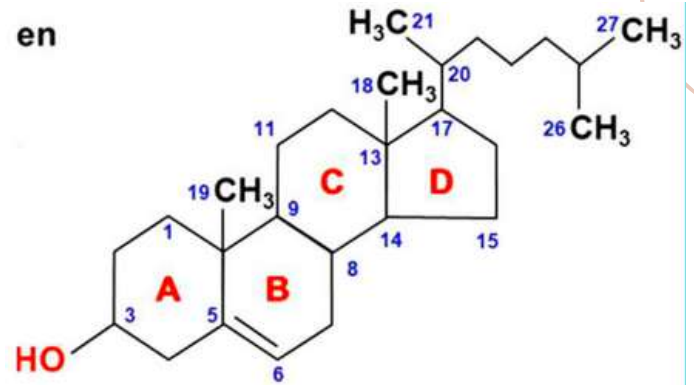
- Présent dans les **structures membranaires** en association avec des lipides
- Le **précurseur** de nombreux dérivés stéroïdes, d'hormones sexuelles, d'hormones corticosurréaliennes et de la vitamine D

Structure :

-> **27** carbones

A partir du **noyau stérane**, on lui ajoute :

- > Méthyl (**CH<sub>3</sub>**) en **C19** et en **C18** (stérane diméthylé)
- > L'ajout d'un hydroxyle (**OH**) 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



## 2) Les Acides et Sels biliaires

Les acides biliaires sont synthétisés par le foie puis **stockés au niveau de la vésicule biliaire. +++**

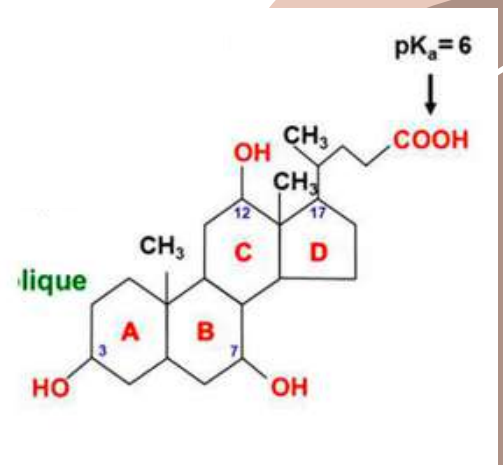
Lors du processus de digestion, cette bile va être relarguée par les voies biliaires dans le duodénum (*première partie de l'intestin grêle. Vous verrez ça plus tard dans le cours sur le Tube Digestif en Anat G <3*)

Ces acides biliaires possèdent 2 fonctions importantes +++ :

- Permettent **l'émulsification des lipides** => favoriser l'action de la **lipase** pancréatique au niveau de nos lipides => favoriser la **digestion des lipides**. Ils agissent comme des **détergents**
- Participent à l'**élimination du cholestérol**

Exemples :

L'acide Cholique (AC) et  
l'acide Chénodésoxycholique  
(ACDC)



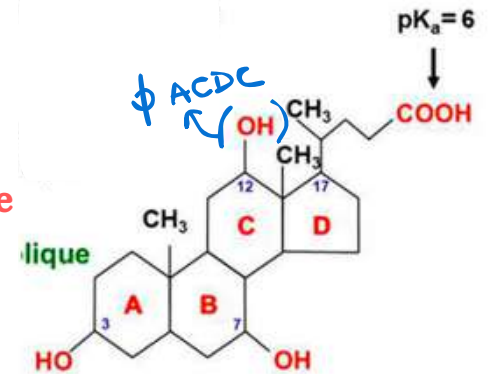
Ils dérivent du cholestérol par :

- Raccourcissement de la **chaîne latéral de 3C**
- Réduction de la **double liaison** du cycle B
- Apparition du groupement carboxylique (**-COOH**) par oxydation de la chaîne latérale (sur le C24) pKa d'environ 6 donnant lieu à une **ionisation partielle** dans le duodénum (pH=6)

- Ajout de 2 ou 3 hydroxyles (-OH) en **C3, C7, C12** :

- Si ajout de **3 OH** (C3/C7/C12) cela va donner l'**Acide Cholique**

- Si ajout de **2 OH** (C3/C7), cela va donner l'**ACDC**

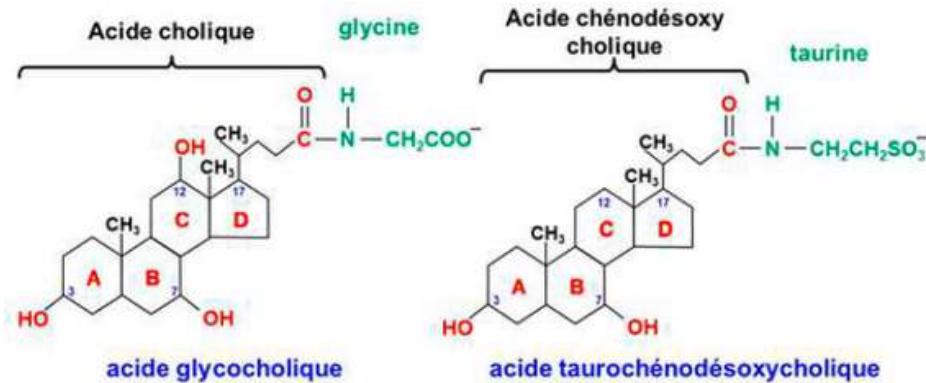


Ils peuvent être libres ou conjugués :

Avant de quitter le foie, une grande partie des acides biliaires sont conjugués (=attachés) à 2 acides aminés : la **GLYCINE** ou la **TAURINE** (Aa qui dérive du métabolisme de la Cystéine).

La taurine est moins utilisée. On estime que pour **3 glycines** utilisées, on a qu'**1 seule molécule de taurine**. A partir de ce moment, on appelle ces molécules des sels biliaires.

### +++Sels billiaires = acides biliaires conjugués+++



Ici, on voit ...

A *gauche* : une glycine qui est conjuguée avec l'acide cholique qui peut former l'acide glycocholique et à *droite* : la taurine qui est conjuguée à l'ACDC.

La réciproque est possible (une glycine peut se conjuguer avec un ACDC et une taurine peut se conjuguer avec un acide cholique)

Les conséquences de cette conjugaison sont importantes :

L'ajout d'un des groupements sulfate (taurine) ou carboxyle (glycine) fait que le **pKa de la molécule diminue** et va devenir **inférieur au pH** du duodénum => la totalité des sels biliaires sera donc **ionisée** => ce qui augmente la nature **amphiphatique** => un **meilleur effet détergent** des sels billiaires sur les lipides (accès au gras est facilité)

### 3) Les hormones stéroïdiennes

Cette famille regroupe les hormones :

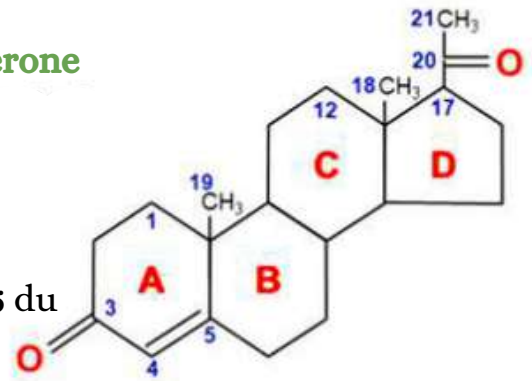
- Sécrétées par les **glandes sexuelles + placenta** :
  - **Androgènes** (masculine)
  - **Œstrogène et progestagène** (féminine)
- Sécrétées par les **glandes corticosurrénales** (action anti-inflammatoire) :
  - **Minéralocorticoïdes** qui sont très importants dans l'équilibre minéral.
  - **Glucocorticoïdes** jouant un rôle dans le métabolisme des lipides, protéines et glucides + actions anti-inflammatoires

Elles **dérivent TOUTES du cholestérol** par des réactions de coupure sur la chaîne latéral, et/ou hydroxylation et oxydation

#### Exemple : La progestérone

A partir de la structure du cholestérol, on ajoute :

- La présence d'un **carbonyle en C3** sur le cycle A
- La présence d'une **double liaison** entre le **C4 et C5** du cycle A conjuguée avec le carbonyle (mésomérie)
- Réduction de la **double liaison** au niveau de **C5-C6** cycle A/B
- Raccourcissement de la **ramification à C21**
- Présence d'un **carbonyle (C=O)** au niveau de la **ramification aliphatique**



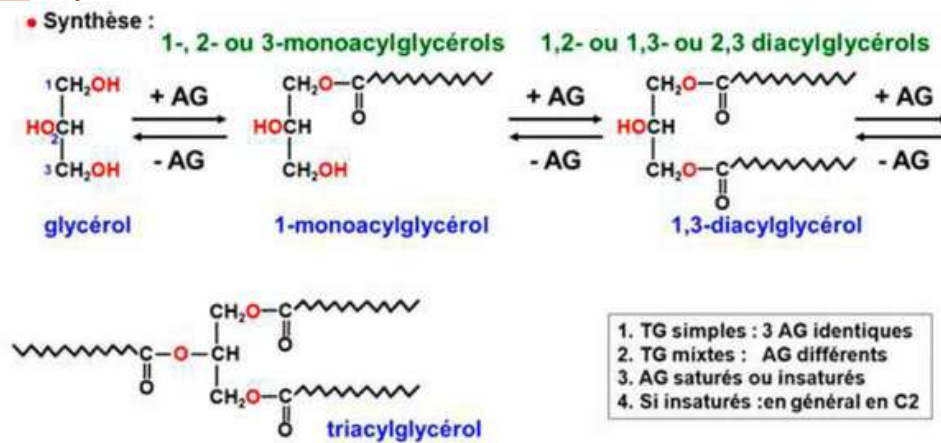
### • LES TRIGLYCÉRIDES OU TRIACYLGLYCÉROLS

-> Ces molécules sont constituées de **glycérol + 3 AG**. "Tri" pour 3 of course !

-> Ils exercent de multiples fonctions : **stockage** de réserve énergétique, le **transport** de lipides dans le sang, et l'**isolation thermique**

-> Leur formation se fait de façon séquentielle ++ ( *suivez bien avec le schéma juste en dessous* ) :





1. Le 1er AG peut se mettre en position 1,2 ou 3 -> donne un 1 ou 2 ou 3-**monoacylglycerol**
2. Le 2ème AG -> donne du 1,2 ou 1,3 ou 2,3 **diacylglycérol**
3. Le 3ème AG -> donne un **Triacylglycérol** (=TG)

Les TG peuvent être :

- **Simple**s : les 3 AG sont identiques
- **Mixtes** : 2 ou 3 AG différents
- **Saturés** ou **insaturés**

+**Remarque** : S'il y a un AG **insaturé** en général il est **en C2** (pour des raisons enzymatiques) +

## *Les lipides complexes*

Petite def:

“ Ce sont des hétérolipides, composés d'un **alcool**, le **glycérol** ou **sphingosine**, estérifiés par des acides gras, et contenant des groupements **phosphate**, **sulfate** ou **glucidique**”

3 grands groupes :

- Les **Glycérophospholipides** : **glycérol** (alcool) + **phosphate**
- Les **Sphingolipides** phosphatés : **sphingosine** (alcool) + **phosphate**
- Les **Sphingolipides NON** phosphatés : **sphingosine** + **PAS** de phosphate

2 grandes familles selon la présence ou non d'un groupement phosphate :

<b>Les phospholipides</b> (avec groupement phosphate)	<b>Les glycolipides</b> (sans groupement phosphate)
<b>glycérophospholipides</b> alcool = <b>glycérol</b>	<b>glycosphingolipides</b> = sphingolipides non-phosphorylés, contient en + une <b>partie cyclique glucidique</b>
<b>sphingophospholipides</b> alcool = <b>sphingosine</b>	

*N'ayez pas peur des noms un peu barbares, en vrai c'est logique tout est dans le nom de la molécule encore une fois, je vous laisse le découper et le surligner pour que se soit plus clair !*

## • LES PHOSPHOLIPIDES

### 1) Les glycérophospholipides

Ils contiennent :

-une molécule de **glycérol**

-**2 AG**

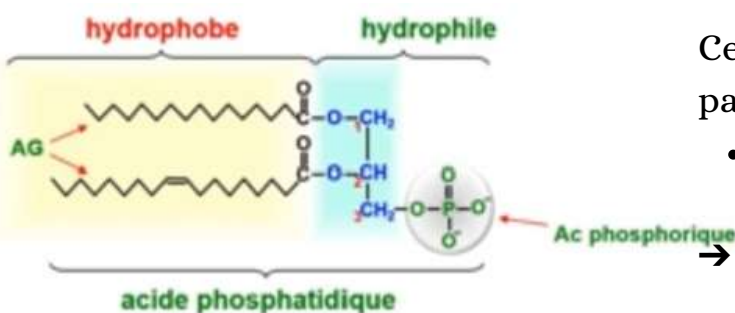
-**1 phosphate** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) qui lie un autre alcool (*comme la choline ou la sérine, on va y revenir*)

Ils jouent un rôle très important biologiquement pour la **structure** et la **fonction** de la cellule puisque ce sont :

-> les **constituants majeurs des membranes biologiques**

-> Des **médiateurs de la signalisation** cellulaire

Ils dérivent tous d'un précurseur biosynthétique : l'**ACIDE PHOSPHATIDIQUE**



Cet acide est composé d'un **Glycérol** estérifié par :

- **2 AG** relativement long (>14C) en **C1** (AG saturé) et en **C2** (AG souvent **insaturé**)

→ Ils forment la **queue HYDROPHOBE**

- **1 acide phosphorique** en **C3**

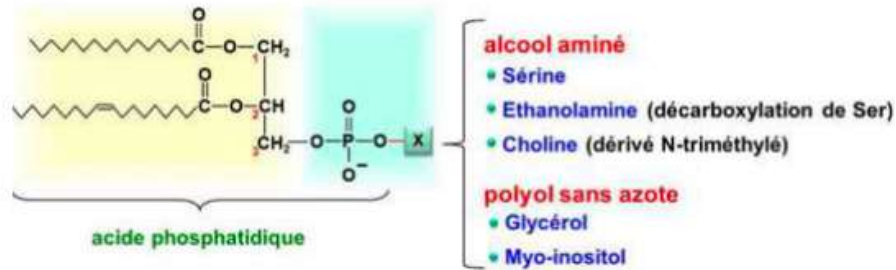
→ Il forme la **tête HYDROPHILE**

→ L'acidité de la molécule provient des **2 H+** libres de l'acide phosphorique

⇒ Cette molécule est donc **amphipatique** avec la partie **hydrophobe** des deux **AG**, et la partie **hydrophile** du **glycérol** et l'**acide phosphorique**

La structure des **glycérophospholipides** est plus complexe car une des fonction OH de l'acide phosphorique peut être estérifiée par différents types de molécules X qui peuvent être :

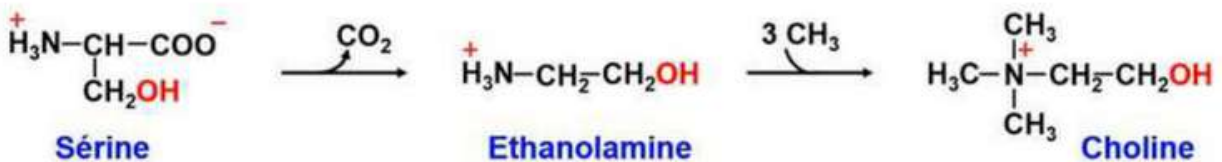
- Un **alcool aminé** : Sérine / Éthanolamine / Choline
- Un **polyol sans azote** : Glycérol / Myo-inositol



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 ensuite être **tri-méthylée** (=ajout de 3 groupements méthyl -CH<sub>3</sub>) pour former de la **choline**

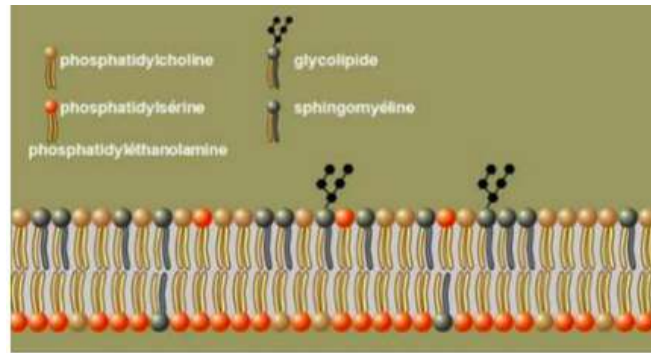
NB : Ces 3 molécules ont des rôles très différents



La nature du groupement X permet de définir 5 classes des phospholipides

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

-> Les glycérophospholipides sont des **molécules AMPHIPHILES**. C'est une composante majeure de la bicouche lipidique des membranes cellulaires



-> Les glycérophospholipides avec alcool aminé sont aussi des **molécules AMPHOTÈRE** (=acide et basique en même temps)

Fonction Acide : par l'**acide phosphorique**

Fonction Basique : par l'**alcool aminé** (sérine, éthanolamine ou choline)

## 2) Les sphingophospholipides

Ils contiennent :

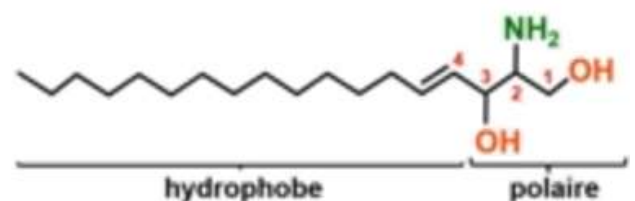
- une **sphingosine** comme alcool
- **1 seul AG**
- 1 phosphate** lié à une **choline**

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

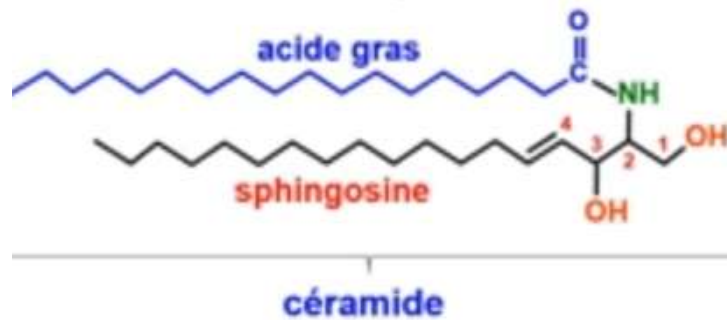
**Attention** : Le squelette de base de ces lipides n'est **PAS le glycérol mais le Céramide** qui contient un autre alcool : la **sphingosine**

Structure de la sphingosine :

- Chaîne aliphatique hydrocarbonnée de **16C à 18C insaturée** (caractère hydrophobe)
- Une seule **double liaison en TRANS** entre **C4 et C5**
- Deux fonctions alcool (-OH) en **C1 et C3** (caractère hydrophile)
- Une fonction amine (**NH<sub>2</sub>**) en **C2**
- Molécule **amphiphile**



## Sphingosine + AG ( en C2) = Céramide



-> La **céramide** est le **précurseur de TOUS les sphingolipides**

-> Elle correspond à la **sphingosine** liée par son groupe amine à un **AG** (en général saturé)

-> La diversité des céramides résulte du groupement X lié à l'OH du C1

En fonction du groupement qui va s'estérifier au niveau de la fonction OH de C1, on va produire différents groupes de molécules :

Si c'est une **phosphocholine** ou une **phosphoéthanolamine** qui est attachée en C1 :

- Forme des **sphingophospholipides**

Si c'est un **glucose** ou un **galactose** qui est attaché en C1 :

- Forme des **glycosphingolipides** (cérébrosides)

### Exemple : La Sphingomyéline

-> Constituant majeur des membranes des cellules animales en particulier dans les gaine **de myéline du cerveau**

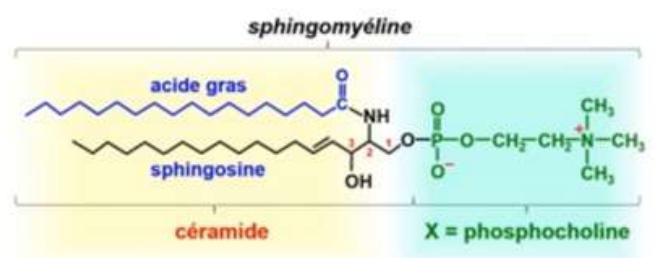
-> Cette myéline à une **fonction isolante électrique** et permet à la gaine de fonctionner

-> Certaines d'entre elles sont donc impliquées dans la transduction du message nerveux

Structure :

- **Céramide** (AG en C2 + une Sphingosine)
- Une **phosphocholine** liée au -OH en C1

→ Molécule **amphiphile**



Ce qui caractérise la sphingomyéline, c'est la liaison de la phosphocholine sur le C1 de la sphingosine. Comme les autres sphingophospholipides, la sphingomyéline est amphiphile



# • LES GLYCOSPHINGOLIPIDES

Ils contiennent :

- une **sphingosine**
- PAS** de phosphate
- 1 AG**
- des **glucides** ( galactose ou glucose )

Structure :

- **Partie lipidique :**

L'**alcool primaire** (en C1) du céramide est lié par une **liaison O-glycosidique** à un ou plusieurs **sucres** (glucose, galactose)

- **Partie glucidique :**

Les mêmes **oses** que ceux des glycoprotéines avec fréquemment du **glucose, du galactose, N-acétyl hexosamines, NANA ('acide N-acétylneuraminique)...**

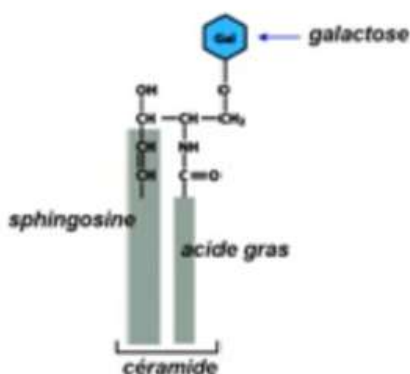
Le nombre et le type de résidus osidiques déterminent la nature du glycosphingolipide

Les glycolipides étant **amphiphiles** ont leurs chaînes glycosidique orientée vers l'extérieur des cellules.

Les principales fonctions :

- Ils sont fortement impliqués dans les phénomènes de **reconnaissances et d'interactions cellulaires**, la **croissance** et le **développement**
- Ce sont des composants majeurs du **SNP/SNC** (système nerveux central/périphérique)
- Ils sont **très antigéniques** (ex : dans les antigènes des groupes sanguins)
- Ils peuvent agir comme des **récepteurs de surface** pour des toxines et des virus

## 2 Exemples :



### **Cérébroside :**

Structure la + simple :

- > Céramide + **galactose** (en général)
- > Molécule **neutre** (=pas chargée)
- > Très présent dans la **myéline du SNC/SNP +++**

## Ganglioside :

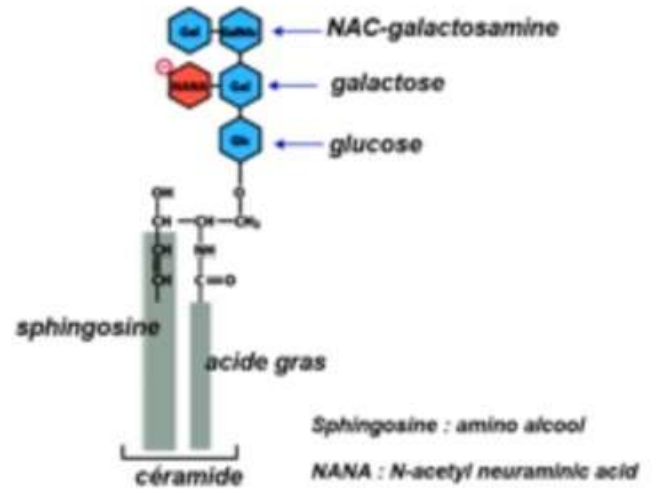
Structure la + complexe :

-> Céréamide + plusieurs sucres

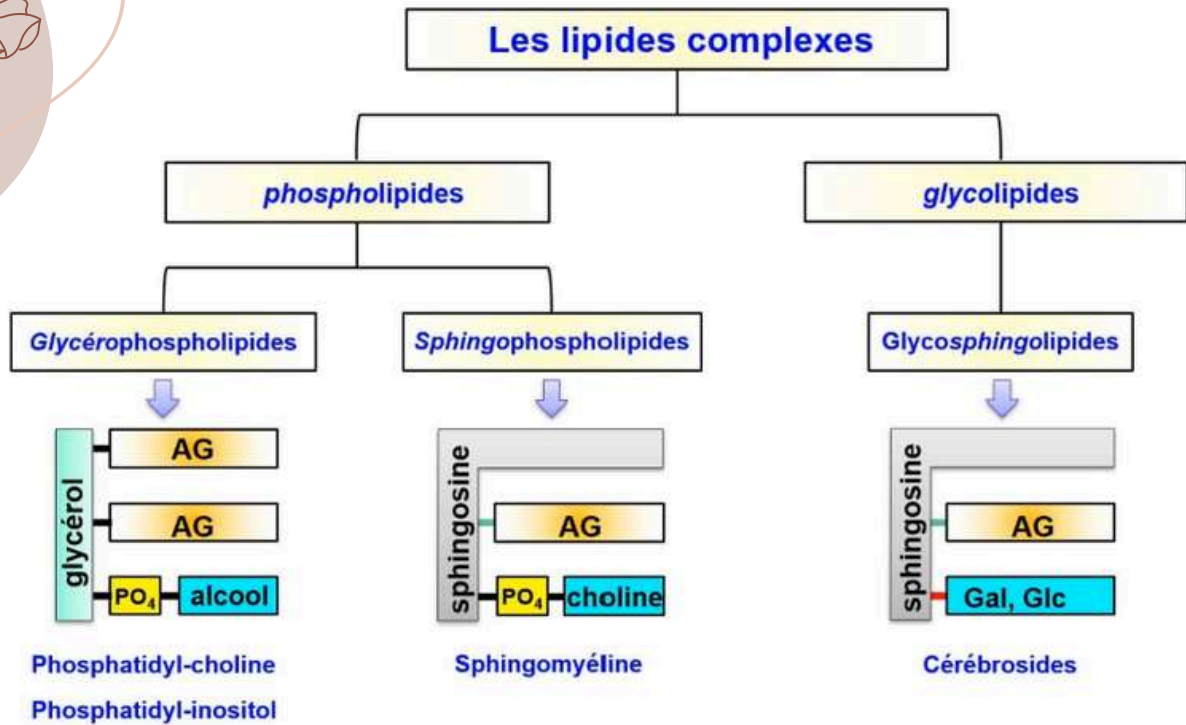
(glucose, galactose, NANA, N-acétylgalactosamine)

-> Très présent dans les membranes du SNC/SNP

-> Cette molécule est **chargée négativement** à PH physiologique



## Schéma Récap ++



- Liaison ester

- Liaison amide

- Liaison osidique