

# COURS BIOCHIMIE 2020/2021

---

## LIPIDES

DEPARTEMENT DE PHARMACIE

---

2<sup>ème</sup> Année

Préparé par : Dr BELDJOUDI M.F.



## A. Introduction

Alors que la plupart des familles de molécules de base du monde vivant sont définies par leurs structures chimiques, les lipides (du grec *lipos* : graisse) sont caractérisés par une propriété physique : **la solubilité**. Ce sont des composés à solubilité nulle ou faible dans l'eau mais par contre élevée dans les solvants organiques apolaires (méthanol, chloroforme, cyclohexane, éther éthylique, acétone...).

Les termes d'huiles, beurres, graisses, cires ne désignent que leur état physique liquide ou solide à la température ambiante.

Un lipide est une molécule :

- soit complètement apolaire (lipide neutre)
- soit bipolaire, molécule amphiphile (ou amphipathique), avec une tête polaire liée à une chaîne fortement apolaire (queue).

Les lipides représentent environ 20 % du poids du corps. Les lipides ont des fonctions biologiques multiples :

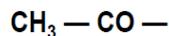
- Fonctions structurales : lipides membranaires
- Fonctions de réserve : tissus adipeux (Les lipides sont une réserve énergétique mobilisable : 1g de lipides correspond à 9 Kcal)
- Fonctions de transport : lipoprotéines sériques
- Fonctions de protection et de défense : prostaglandines
- Fonctions hormonales : stéroïdes
- Fonctions vitaminiques : Vitamines liposolubles : A, K, E, D.

## B. Origine des lipides

Les lipides peuvent dériver de deux origines différentes :

- **Lipides dérivés du radical acétyl à 2 C. Exemple** : Acide gras.
- **Lipides dérivés du groupement isoprène à 5 C. Exemple** : Cholestérol. (**Figure 1**)

- lipides dérivés du radical acétyl (2 C)



- lipides dérivés du groupement isoprène (5 C)

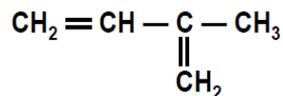


Figure 1. Origine des lipides.

## C. Classification des lipides

### C.1. Classification selon la nature des atomes et des associations avec d'autres biomolécules

On peut classer les lipides en :

- ✓ **Lipides simples** : composés exclusivement de C, H et O. **Exemple** : TG (Triglycérides)
- ✓ **Lipides complexes** : liés à du P et de N, à des protéines, des glucides, ... **Exemple** : Phospholipides.

### C.2. Classification selon la présence ou pas de liaisons

On peut classer les lipides en :

- ✓ **Lipides non hydrolysables** : Acides gras, ...
- ✓ **Lipides hydrolysables** : Présence de liaisons ester, amide, ...: TG

## A. LIPIDES SIMPLES (HOMOLIPIDES)

### I. Acides gras

#### I.1. Types d'acides gras

Un acide gras est une molécule à longue chaîne aliphatique hydrocarbonée (**Apolaire**) qui contient un groupement carboxylique – **COOH (Polaire)**.

Les acides gras peuvent avoir un nombre de carbones de : **4 à 24**.

#### a. Classification selon le nombre de carbones

Ils peuvent être classés, principalement, comme suit :

- ✓ à longue chaîne (**C12 à C24**)
- ✓ à chaîne moyenne (**C8 et C10**)
- ✓ à chaîne courte (**C4 et C6**)

## b. Types de numérotation des carbones

- **Numérotation systématique** : On considère que le premier carbone est le carbone du carboxyle COOH.

Une méthode d'identification alternative consiste à attribuer aux atomes de carbone adjacents au carbone 1 les lettres de l'alphabet grec. Le carbone 2 est ainsi le carbone  $\alpha$ , le carbone 3 est le carbone  $\beta$ , etc. La lettre  $\omega$  désigne toujours le dernier carbone de la chaîne aliphatique, soit le carbone du groupement méthyle terminal, CH<sub>3</sub>.

- **Numérotation utilisée en diététique** : la position de la double liaison s'exprime en partant du méthyl (dernier carbone). Le symbole est de la forme  $\omega n$  où n est la position de la première double liaison notée par rapport à la position du dernier carbone de la chaîne aliphatique. (Figure 1)

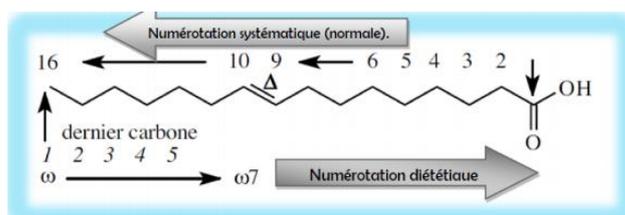


Figure 2. Types de numérotation des carbones des acides gras.

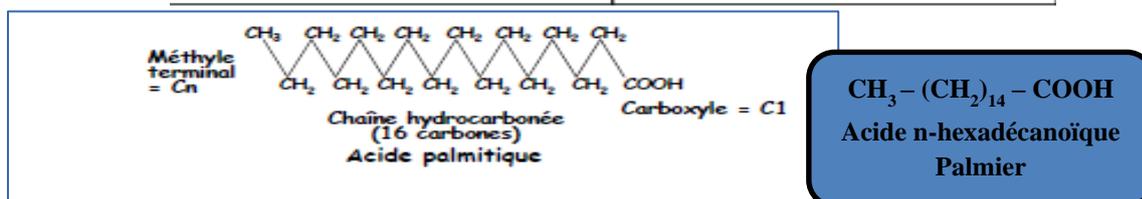
Selon la nature de la chaîne carbonée on distingue : les acides gras saturés et insaturés.

### 1.1.a. Acides gras saturés

C'est un acide carboxylique dont la chaîne contient un nombre n pair d'atomes de carbone, reliés par des liaisons simples. La formule brute générale est :  $C_nH_{2n}O_2$

Exemples :

nom usuel	formule semi-développée
acide butyrique	$CH_3-(CH_2)_2-COOH$
acide palmitique	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
acide stéarique	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$



La chaîne hydrocarbonée est à la fois :

- ❖ **souple** : Totale liberté de rotation autour de chaque liaison simple C-C.
- ❖ **et étirée** : Interactions stériques sont les plus faibles, ce qui lui confère la conformation **la plus stable**.
- Le nom systématique s'écrit : **n- [nC] an oïque**

**n** : indique que l'acide gras est normal (chaîne non branchée)

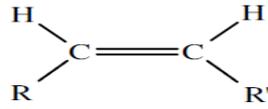
**[nC]** : nombre de carbones

**an** : indique que la chaîne est saturée

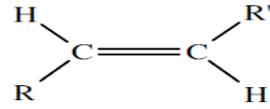
- Le symbole est **Cn:0** (0 indique que la chaîne est saturée)
- Le nom courant rappelle son origine. (Figure 6)

### 1.1.b. Acides gras insaturés

Ils comportent une ou plusieurs double liaison  $-CH=CH-$ . Si les 2 hydrogènes sont du même côté, la liaison est dite *cis* (introduit un coude de 30° dans la chaîne), sinon la liaison est *trans*. (Figures 3 et 4)



Configuration *cis*



Configuration *trans*

Figure 3. Configuration *Cis* et *Trans* de la double liaison dans les acides gras insaturés.

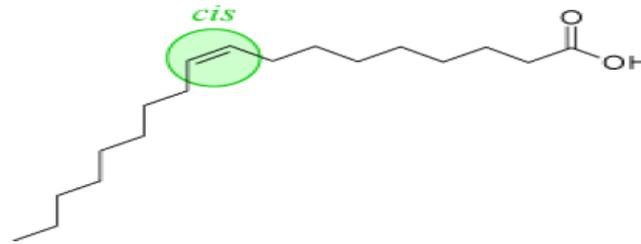


Figure 4. Formation d'un coude de 30° au niveau de chaque double liaison des acides gras insaturés.

- Si une seule double liaison C=C : **Acide gras mono-insaturé**
- Si plusieurs doubles liaisons C=C : **Acide gras poly-insaturé.** (Figure 6)

Deux doubles liaisons consécutives sont en position malonique (séparés par un atome de C), faisant référence à l'acide malonique dont la formule est la suivant : **HOOC-CH<sub>2</sub>-COOH**. Les acides gras à doubles liaisons conjuguées sont rares. (Figure 5)

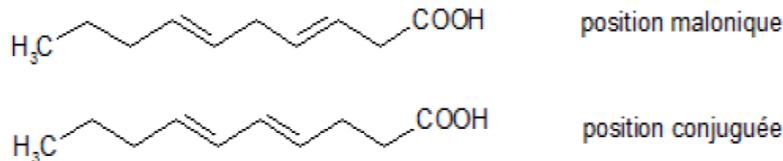
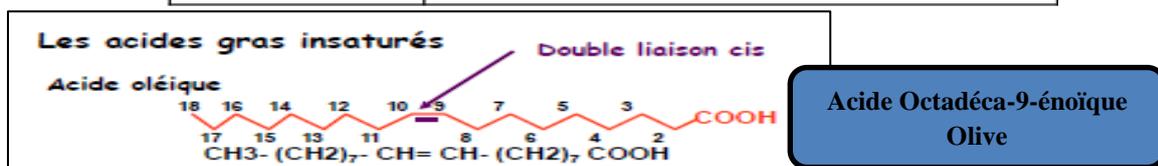


Figure 5. Positions *malonique* et *conjuguée* de deux doubles liaisons consécutives dans les acides gras insaturés.

La formule brute générale est : **C<sub>n</sub>H<sub>(2n-2n')</sub>O<sub>2</sub>** avec **n'** étant le nombre de doubles liaisons.

Exemples :

nom usuel	formule semi-développée
acide oléique	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -CH=CH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -COOH
acide linoléique	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH=CH-CH <sub>2</sub> -CH=CH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -COOH



- Le nom systématique s'écrit : **conf-p-[nC] x én oïque**

**conf-p** : configuration et position des doubles liaisons

**[nC]** : nombre de carbones

**x** : nombre de doubles liaisons (di, tri...)

**én** : indique que la chaîne est insaturée

- Le symbole est **C<sub>n</sub>: mΔ(p, p'..)**

**C<sub>n</sub>** : nombre de carbones

**mΔ** : nombre de doubles liaisons

**(p, p'...)** : positions des doubles liaisons en numérotation normale

- Le nom courant rappelle son origine
- La série est de la forme **ωn** où n est la position de la première double liaison notée par rapport à la position **ω**, dernier carbone de la chaîne aliphatique.

Catégorie	Nom commun (origine)	Nom scientifique	Formule
<b>SATURÉS</b>	Butyrique (beurre)	n-butanoïque	C4:0
	Caproïque (lait)	n-hexanoïque	C6:0
	Caprylique de	n-octanoïque	C8:0
	Caprique (chèvre)	n-décanoïque	C10:0
	Laurique (laurier)	n-dodécanoïque	C12:0
	Myristique (muscade)	n-tétradécanoïque	C14:0
	Palmitique (palmier)	n-hexadécanoïque	C16:0
	Margarique	n-heptadécanoïque	C17:0
	Stéarique (suif)	n-octadécanoïque	C18:0
	Arachidique (arachide)	n-eicosanoïque (ou Icosa ...)	C20:0
	Béhénique	n-docosanoïque	C22:0
	Lignocérique	n-tétracosanoïque	C24:0
Cérotique	n-hexacosanoïque	C26:0	
<b>MONOÉNOÏQUES</b>	Laurooléique	Dodéca-9-énoïque	C12:1 Δ9
	Myristoléique	Tétradéca-9-énoïque	C14:1 Δ9
	Palmitoléique (palmier)	Hexadéca-9-énoïque	C16:1 Δ9
	Oléique (olive)	Octadéca-9-énoïque	C18:1 Δ9
	Vaccénique (bactéries)	Octadéca-11-énoïque	C18:1 Δ11
	Gadoléique	Eicosa-9-énoïque (ou Icosa...)	C20:1 Δ9
	Cétoléique	Docosa-11-énoïque	C22:1 Δ11
	Érucique	Docosa-13-énoïque	C22:1 Δ13
	Nervonique (cerveau)	Tétracos-15-énoïque	C24:1 Δ15
<b>DIÉNOÏQUES</b>	Linoléique (lin)	Octadéca-9,12-diénoïque	C18:2 Δ9,12
<b>TRIÉNOÏQUES</b>	Hiragonique	Hexadéca-6,10,14-triénoïque	C16:3 Δ6,10,14
	Linoléinique	Octadéca-9,12,15-triénoïque	C18:3 Δ9,12,15
	Élaéostéarique	Octadéca-9,11,13-triénoïque	C18:3 Δ9,11,13
<b>TÉTRAÉNOÏQUES</b>	Stéaridonique	Octadéca-9,11,13,15-tétraénoïque	C18:4 Δ9,11,13,15
	Arachidonique	Eicosa-5,8,11,14-tétraénoïque	C20:4 Δ5,8,11,14
<b>PENTAÉNOÏQUE</b>	EPA (poissons)	Eicosa-pentaénoïque	C20:5 Δ5,8,11,14,17

Figure 6. Principaux acides gras naturels.

### I.1.c. Acides gras spéciaux

- ✓ **Les acides gras hydroxylés** : (également appelés AGH) sont des dérivés d'acides gras dans lesquels un ou plusieurs groupes hydroxylés fonctionnels se trouvent le long de la chaîne principale ramifiée ou non ramifiée d'un acide gras saturé ou insaturé. L'emplacement le plus courant pour la substitution hydroxyle correspond à la position C2, auquel cas la molécule est désignée comme un α-AGH. Les végétaux sont capables de synthétiser toute une série d'acides gras Hydroxylés ; **Exemple** : Acide ricinoléique. Chez les mammifères, certains glycolipides renferment de fortes quantités d'**Acides α-hydroxylés (C2)**. Les lipides des cellules de l'épiderme renferment des **acides ω-hydroxylés** à très longues chaînes.
- ✓ **Les acides gras ramifiés** : Les acides gras ramifiés des membranes biologiques sont souvent des acides gras saturés de structure dite ou bien *iso* ou bien *antéiso* selon que la ramification est branchée respectivement sur le deuxième ou sur le troisième atome de carbone en partant de l'extrémité – CH<sub>3</sub> de la chaîne hydrocarbonée de l'acide gras. Ce type d'acides gras est particulièrement abondant chez les bactéries « Gram + ».

### I.1.d. Acides gras essentiels (AGE)

Les acides gras essentiels sont les acides gras que l'organisme n'est pas capable de fabriquer et qu'il doit impérativement trouver dans l'alimentation ou dans les compléments alimentaires. Ils font partie de deux grandes familles : Famille des Oméga-3 et des Oméga-6.

### Famille des Oméga-3 ( $\omega$ -3)

- ✓ **Acide  $\alpha$ -linoléique ou ALA : C18 : 3 $\Delta$**  <sup>9, 12, 15</sup>

Il est un précurseur de l'EPA et du DHA. Les huiles tirées des graines riches en ALA sont, en particulier, les graines de chia, de lin, de colza, de chanvre, de soja et de noix.

- ✓ **Acide eicosapentaénoïque ou EPA : C20 : 5 $\Delta$**  <sup>5, 8, 11, 14, 17</sup>

L'EPA est contenue dans certaines huiles végétales : lin, colza, noix, soja. On le trouve aussi dans les poissons gras et dans l'huile de poisson : morue, hareng, maquereau, saumon, sardine. On le trouve également dans le lait maternel humain.

- ✓ **Acide docosahexaénoïque ou DHA : C22 : 6 $\Delta$**  <sup>4, 7, 10, 13, 16, 19</sup>

Le DHA se trouve en grandes quantités dans la chair des poissons et dans leurs graisses de stockage : Hareng, saumon, sardine et maquereau. (**Figure 7**)

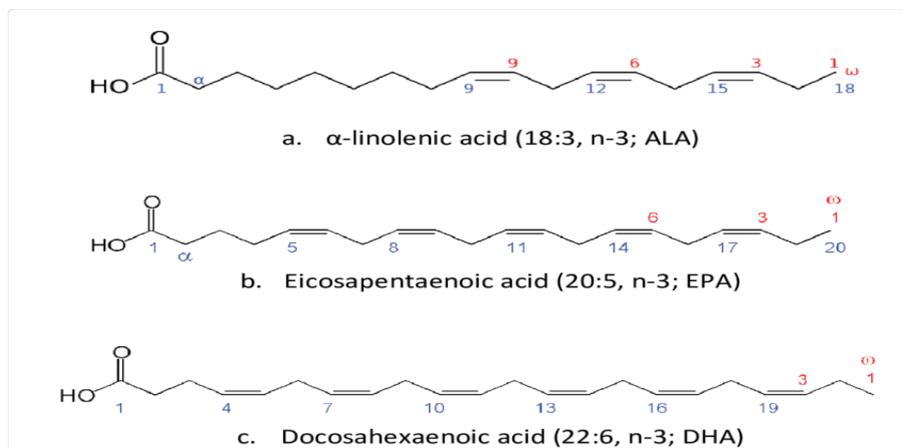


Figure 7. a : Structure de l'ALA ; b : Structure de l'EPA ; c : Structure du DHA.

L'ALA, l'EPA et le DHA participent à la prévention des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives.

### Famille des Oméga-6 ( $\omega$ -6)

- ✓ **Acide linoléique ou LA : C18 : 2 $\Delta$**  <sup>9, 12</sup>

A partir de LA, l'organisme est capable de synthétiser de nombreux acides gras aux fonctions essentielles comme, entre autres, l'acide arachidonique, obtenu par élongation. L'acide linoléique est présent dans différents aliments : huile de pépins de raisin, huile d'arachide, huile de germe de blé, huile de maïs, huile de tournesol, huile de colza.

- ✓ **Acide arachidonique ou AA : C20 : 4 $\Delta$**  <sup>5, 8, 11, 14</sup>

L'AA est présent dans les viandes. L'acide arachidonique est un précurseur d'une famille de molécules : les thromboxanes, les leucotriènes et les prostaglandines, qui par leurs effets pharmacologiques puissants et variés sont les principaux acteurs des réactions inflammatoires et allergiques. (**Figure 8**)

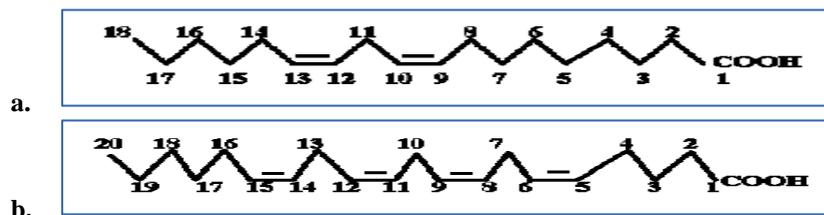


Figure 8. a : Structure de LA ; b : Structure de l'AA.

## I.2. Propriétés physiques

### I.2.1. Point de fusion

Il dépend de 2 critères

#### ❖ La longueur de la chaîne :

Exemples : ac. butyrique (C<sub>4</sub>) : F = - 8°C  
ac. palmitique (C<sub>16</sub>) : F = + 63°C  
ac. stéarique (C<sub>18</sub>) : F = + 69°C

Une augmentation du nb de C entraîne une augmentation de la t° de fusion

donc, à température ordinaire,  
les AG à nb de C < 10 sont liquides  
les AG à nb de C > 10 sont solides

#### ❖ Le taux d'insaturation

Exemples : ac. stéarique (0Δ) : F = + 69°C  
ac. oléique (1Δ) : F = + 16°C  
ac. linoléique (2Δ) : F = - 5°C  
ac. linoléique (3Δ) : F = - 11°C

Une augmentation du nb de dbl entraîne une diminution de la t° de fusion

donc, à température ordinaire, tous les AG insaturés sont liquides

### 1.2.2. Solubilité

Les AG sont amphiphiles : possèdent 2 pôles :

- Une chaîne hydrophobe
- Une fonction acide hydrophile

Rapidement, le caractère apolaire de la chaîne l'emporte, seuls les AG en C<sub>4</sub> (voire C<sub>6</sub>) sont un peu solubles dans l'eau.

En milieu aqueux, les acides gras s'associent spontanément pour former :

- ✓ Des films (structures feuilletées).
- ✓ Des structures micellaires. (Figure 9)

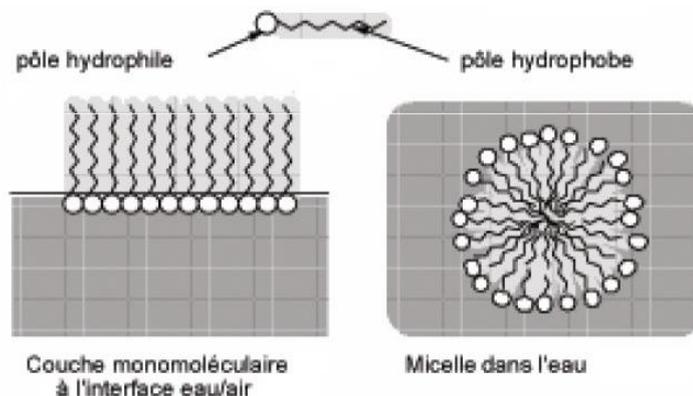


Figure 9. Structures adoptées par les acides gras en milieu aqueux.

### 1.3. Propriétés chimiques

#### 1.3.1. Saponification

En présence de Base (KOH, NaOH), les AG donnent des sels (ions) appelés communément SAVONS.



Ces savons alcalins sont (fortement) ionisés et dissociés dans l'eau. Les anions obtenus (R-COO<sup>-</sup>) sont hydrophiles. Le caractère polaire se trouve alors renforcé, ce qui rend les savons solubles dans l'eau.

Les sels d'acides gras **sodiques** forment **les savons durs**. Les sels d'acides gras **potassiques** forment **les savons mous**.

La réaction de saponification correspond aussi à la coupure des liaisons esters par l'action de la soude NaOH ou de la potasse KOH, à chaud. (Figure 10)

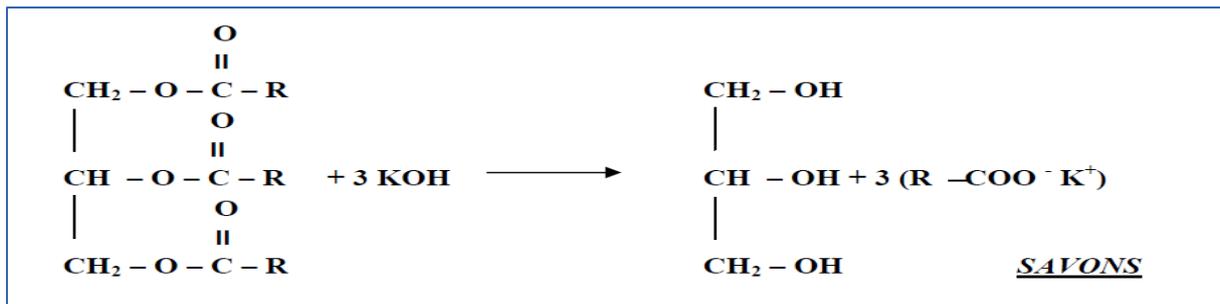


Figure 10. Coupure des liaisons esters d'un triacylgcérol par saponification.

## II. Cérides

Ceux sont des esters d'acides gras et d'alcools aliphatiques, à longues chaînes non ramifiées et à nombre pair de C. On les appelle aussi les alcools gras.

Ils constituent la majeure partie :

- des cires : Substances chimiques inertes (cire d'abeille, cires végétales)
- huiles de requin, blanc de baleine (spermaceti)...

#### Exemple :

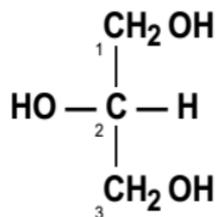
Ester palmitique de l'alcool cétylique. C'est un constituant principal du blanc de baleine (Spermaceti).



## III. Glycérides (Acylglycérols)

Les acylglycérols, également appelé glycérides ou glycérolipides sont des esters d'acides gras et de glycérol. Ils sont majoritairement présents dans le tissu adipeux (90 %).

Le glycérol est un composé chimique de formule :



C'est un liquide incolore, visqueux et inodore au goût sucré et faiblement toxique, utilisé dans de nombreuses compositions pharmaceutiques.

Les glycérides sont des esters de glycérol et d'acides gras :

- Si l'on estérifie le glycérol avec 1 R - COOH : Un **monoglycéride (monoacylglycérol)**. (Figure 11)

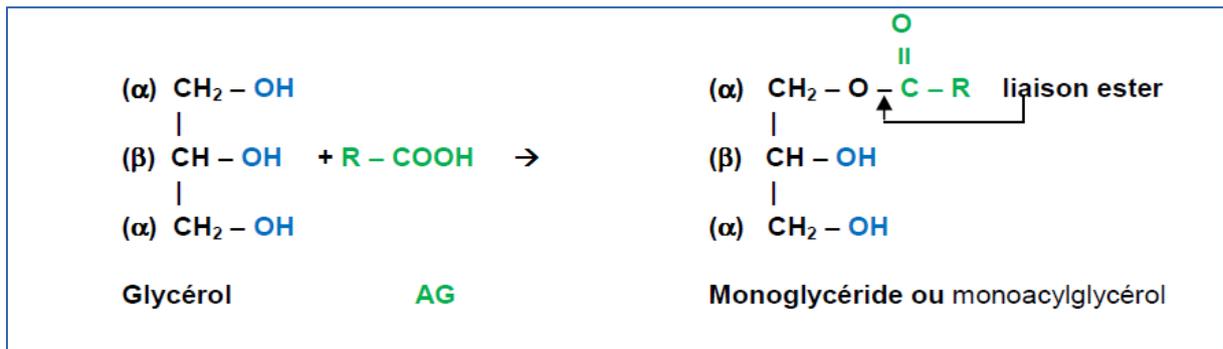
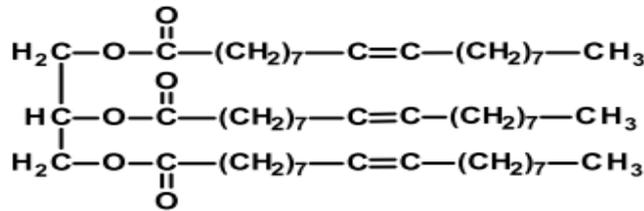


Figure 11. Formation d'un monoglycéride (monoacylglycérol).

- Si l'on estérifie le glycérol avec 2 R - COOH : Un diglycéride (diacylglycérol).
- Si l'on estérifie le glycérol avec 3 R - COOH : Un triglycéride (triacylglycérol).

La majorité des glycérides contenus dans le tissu adipeux des animaux ou dans les graisses végétales sont des Triacylglycérols. Ils peuvent être : **homogènes** (3 R identiques) (Figure 12) ou **hétérogènes** (2 ou 3 R Différents) (Figure 13).



Tri oléine

Figure 12. Triacylglycérol homogène.

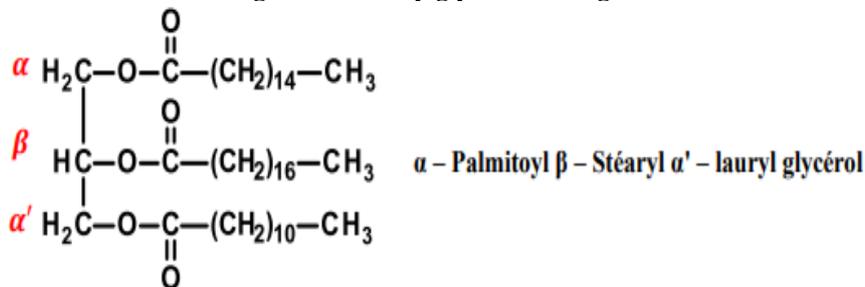


Figure 13. Triacylglycérol hétérogène.

#### ✓ Hydrolyse des triglycérides

La lipase, enzyme du suc pancréatique, hydrolyse les triglycérides alimentaires en monoglycéride + 2 acides gras. (Figure 14)

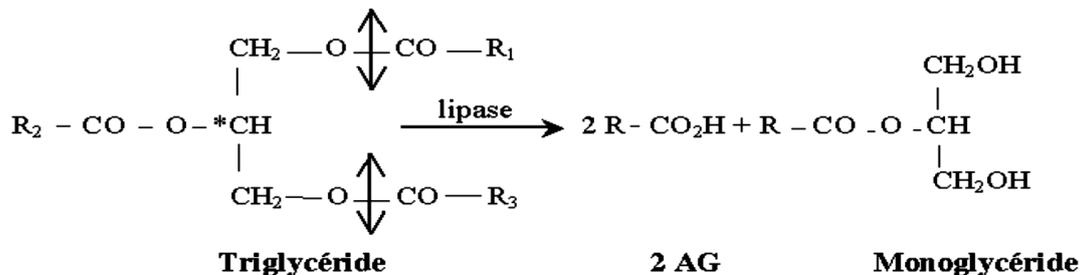


Figure 14. Hydrolyse d'un triacylglycérol par la lipase du suc pancréatique.

Dans le tissu adipeux, l'hydrolyse est complète car elle fait intervenir la lipase hormonosensible, puis une monoglycéride lipase pour donner du glycérol + 3 acides gras.

#### IV. Stérides

Le stéride est formé par estérification d'un AG sur la fonction alcool en 3 du cholestérol. Le cholestérol est une structure composée de 3 cycles hexagonaux et un cycle pentagonal correspondant au cyclopentanoperhydrophénanthène. Il possède une fonction alcool secondaire en C3 et une double liaison en Δ5. (Figure 15)

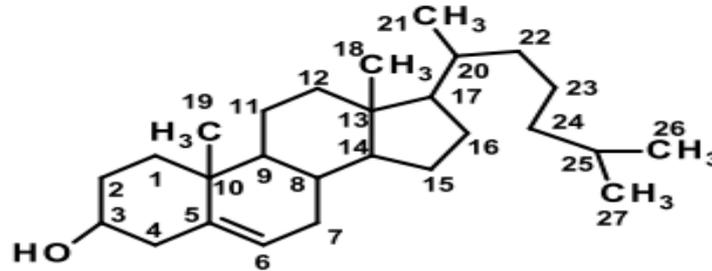


Figure 15. Structure du cholestérol.

Le cholestérol est apporté dans l'alimentation et synthétisé par le foie ; il est transporté dans le sang dans les lipoprotéines. C'est un constituant des membranes, il a un rôle dans la fluidité membranaire.

Le cholestérol sert dans l'organisme à la synthèse de 3 groupes de molécules :

- Les hormones stéroïdes (cortisol, testostérone...) ;
- La vitamine D3 ;
- Les acides biliaires (primaires et secondaires).

#### ✓ Transport du cholestérol dans l'organisme

Le cholestérol se lie à des protéines (lipoprotéines) qui en assurent le transport dans le plasma sanguin. Il est alors transformé en esters de cholestéryle par les cellules qui le reçoivent. L'excès d'esters de cholestéryle fait alors retour au foie par le plasma sanguin où il est transporté par des lipoprotéines différentes de celles qui ont amené le cholestérol.

Une trop forte concentration de cholestérol dans le sang produit un dépôt dans les artères et par là leur durcissement (artériosclérose). Il y a donc formation de caillots qui bouchent le vaisseau et empêchent l'oxygénation des tissus qui meurent, d'où l'infarctus. (Figure 16)

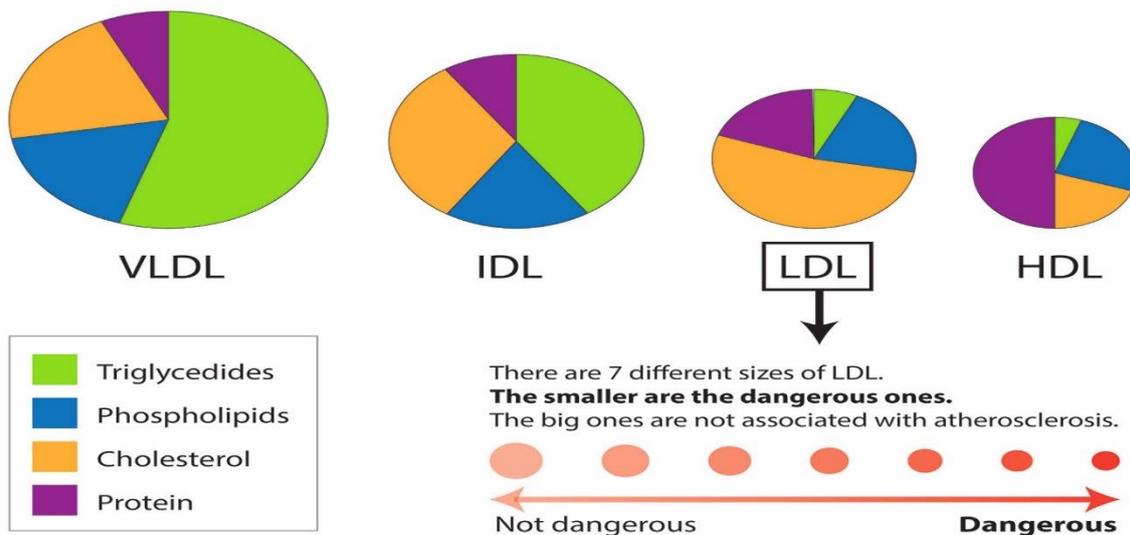


Figure 16. Types de lipoprotéines.

## B. LIPIDES COMPLEXES (HETEROLIPIDES)

Les lipides complexes ne sont pas des constituants de réserve, mais des constituants structuraux, qui peuvent s'associer à des protéines ou des glucides. Ils participent à l'élaboration de tous les systèmes membranaires. On les divise en : *GLYCEROLIPIDES* ; *SPHINGOLIPIDES*.

### V. Glycérophospholipides

#### V.1. Acides phosphatidiques

On les appelle aussi les glycérophosphatides ou phosphatidates, et ce sont les représentants les plus nombreux des lipides complexes. On les trouve en forte concentration dans les membranes biologiques.

Ce sont des esters phosphoriques de diglycérides. Le glycérol est donc estérifié par 2 acides gras et par l'acide phosphorique avec 3 liaisons esters dont une phosphoester. Généralement, l'acide gras en C1 est saturé et l'acide gras en C2 est insaturé. (Figure 17)

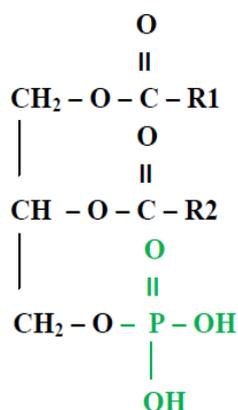


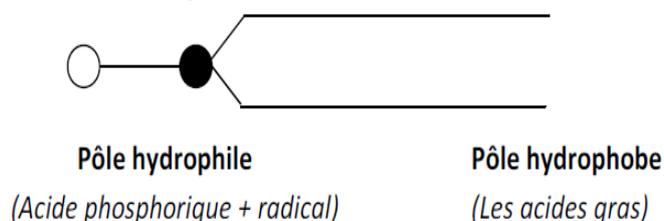
Figure 17. Structure du glycérophosphatide.

#### V.2. Glycérophospholipides

Le Phosphate engagé dans une liaison ester avec le glycérol, s'engage dans une autre liaison ester avec un alcool (liaison diester) pour former un dérivé de l'acide phosphatidique : *GLYCEROPHOSPHOLIPIDE*.

Il est désigné par l'alcool avec le préfixe '*phosphatidyl*'. Exemple : Phosphatidylsérine.

Ils possèdent tous une **structure bipolaire**



Dans les glycérophospholipides, l'acide phosphorique est estérifié par un alcool :

✓ **Alcool aminé :**

**Neutre :** Sérine qui subit une décarboxylation et donne l'Éthanolamine,

**Chargé positivement (+) :** Ce dernier est N-triméthylé et donne la Choline. (Figure 18)

✓ **Polyol non azoté :**

**Chargé négativement (-) :** Inositol (principalement Inositol 4,5 bisphosphate) et Glycérol. (Figure 19)

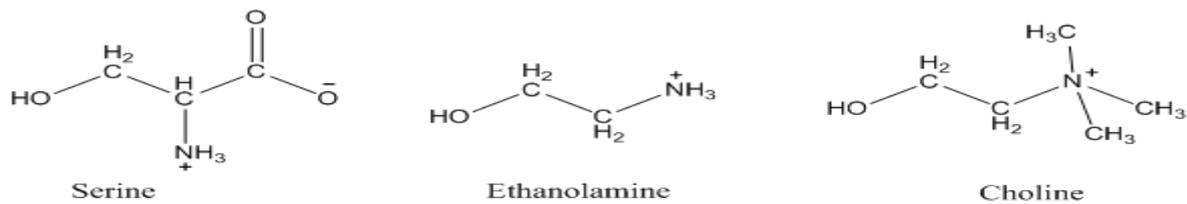


Figure 18. Structure de la Sérine, de l’Ethanolamine et de la Choline.

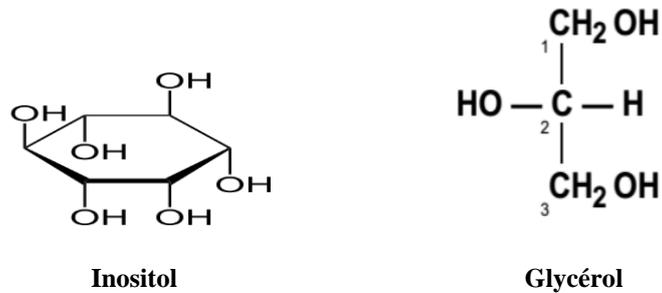


Figure 19. Structure de l’Inositol et du glycérol.

### V.3. Types de glycérophospholipides.

**a. Céphalines :** On les retrouve principalement au niveau du tissu cérébral. L’alcool aminé peut être la sérine ou l’éthanolamine. (Figure 20)

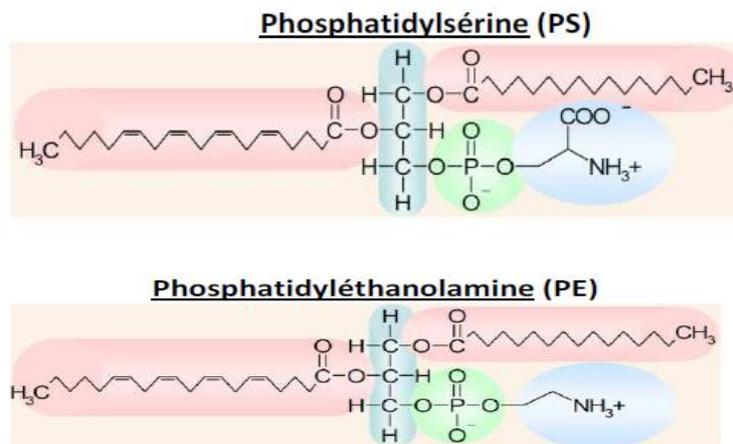


Figure 20. Structure de la phosphatidylsérine et de la phosphatidyléthanolamine.

**b. Lécithines :** On les retrouve dans le jaune d’œuf. L’alcool aminé est la choline. (Figure 21)

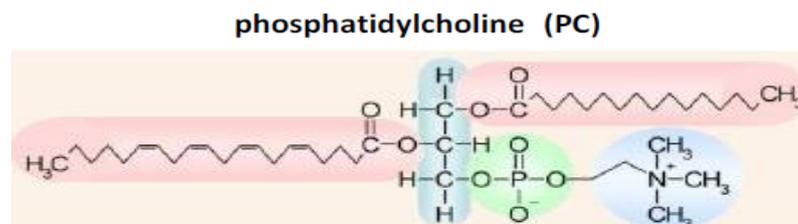


Figure 21. Structure de la phosphatidylcholine.

c. **Inositidines** : Ils jouent un rôle important dans la signalisation membranaire. Le polyol non azoté le plus fréquent est l'inositol 4,5 bisphosphate. (Figure 22)

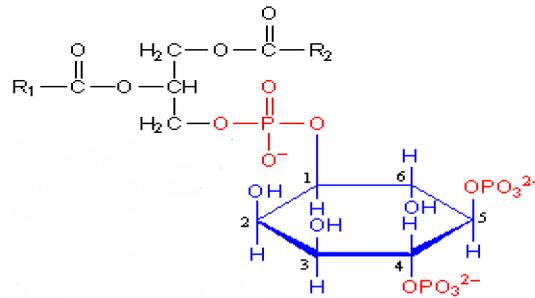


Figure 22. Structure de la phosphatidylinositol 4,5 bisphosphate.

d. **Cardiolipines** : On les retrouve au niveau du muscle cardiaque. Le polyol non azoté est le glycérol. (Figure 23)

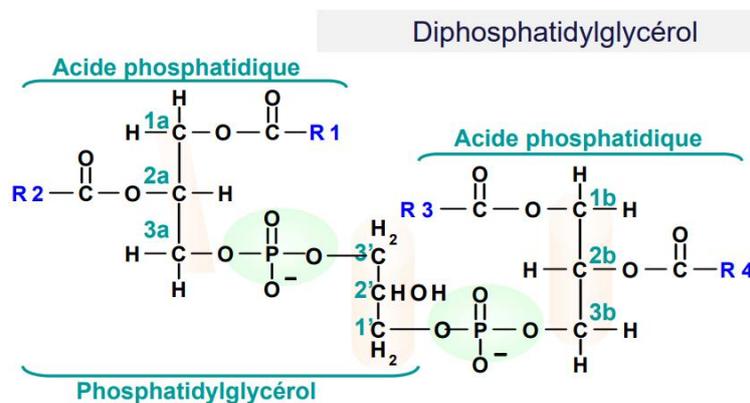


Figure 23. Structure du diphosphatidylglycérol.

e. **Autres Glycérophospholipides** :

✓ **Plasmalogènes (Ether-glycérophospholipides)** : On les retrouve dans le cerveau et les muscles. La liaison ester remplacée par une liaison éther, avec en C1, un acide gras insaturé. (Figure 24)

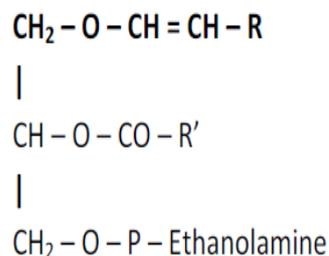


Figure 24. Structure de l'éther-glycérophospholipide (Plasmalogène).

✓ **PAF (Platelet Activating Factor)**

C'est un médiateur produit par les leucocytes pour activer les plaquettes sanguines et stimuler leur agrégation.

Acétyl

$$\begin{array}{c}
 \text{H}_3\text{C} - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH} \\
 | \\
 \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_{13} - \text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{O} - \text{P}(=\text{O})(\text{O}^-) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3
 \end{array}$$

Facteur activant  
les Plaquettes

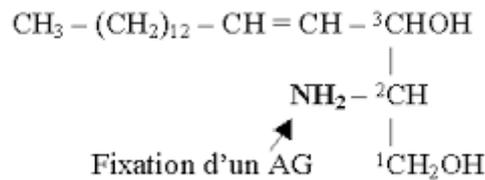
PAF

Choline

## VI. Sphingolipides

Le Glycérol est remplacé par la Sphingosine (AminoAlcool). (**Figure 25**) La Sphingosine est unie à un acide gras par une liaison amide et forme les : **CERAMIDES**. (**Figure 26**) Ce sont les précurseurs des : **SPHINGOLIPIDES**.

AG + NH<sub>2</sub> de la sphingosine



### Sphingosine

Figure 25. Structure de la sphingosine.

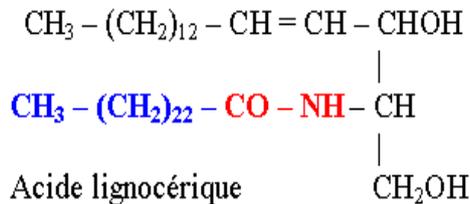


Figure 26. Structure d'une céramide.

La céramide est unie :

- par une liaison Ester pour former les **SPHINGOMYELINES**.
- par une liaison O- Glycosidique pour former les **SPHINGOGLYCOLIPIDES**.

### VI.1. Sphingomyélines.

La céramide est liée par une liaison ester à la Phosphorylcholine (quelquefois la Phosphoryléthanolamine) au niveau de l'alcool primaire de la sphingosine. (**Figure 27**)



Figure 27. Structure d'une sphingomyéline.

### VI.2. Sphingoglycolipides.

#### a. Cérébrosides.

La céramide est lié à un seul ose par une liaison β-osidique, au niveau de l'alcool primaire de la sphingosine.

**Exemples :**

- Céramide + glucose = glucosylcéramide (Cérébroglucide).
- Céramide + galactose = galactosylcéramide (Cérébrogalactoside). (**Figure 28**)

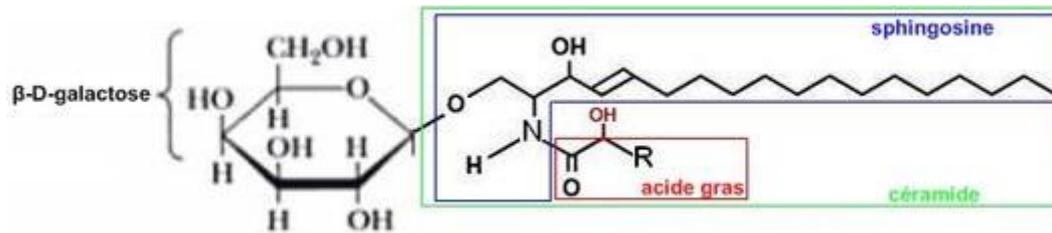


Figure 28. Structure d'un galactosylcéramide.

### b. Gangliosides.

La céramide est lié à une chaîne oligosaccharidique constituée de divers oses et dérivés d'oses, principalement NANA (N-Acetyl-Neuraminic-Acid) La liaison se fait au niveau de l'alcool primaire de la sphingosine. (Figure 29)

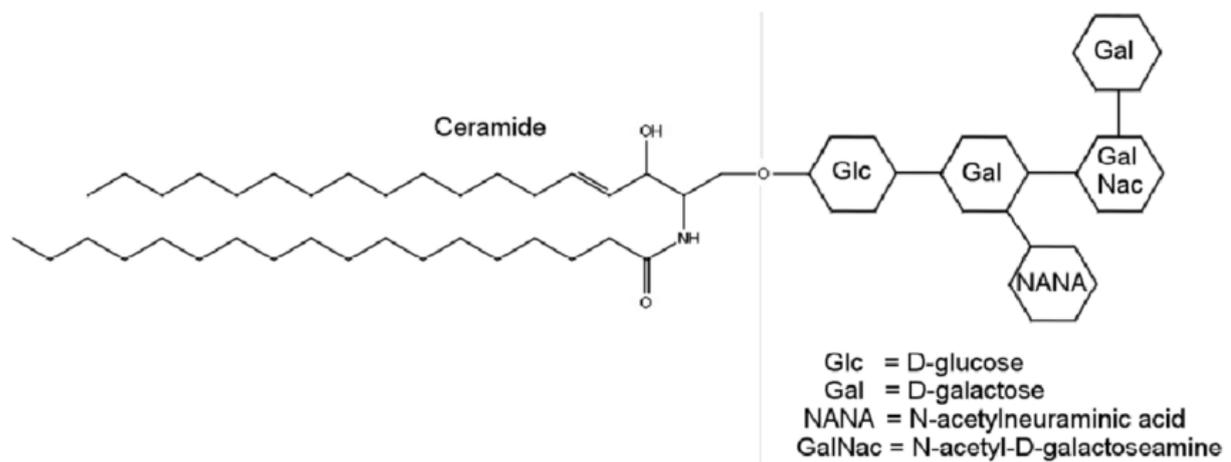


Figure 29. Structure d'un ganglioside.