

COURS DE BIOCHIMIE

Dr. LAHOUEL Z

zakia.lahouel@univ-usto.dz

3. Structure et propriétés physico-chimiques des lipides.
3.1. Lipides simples
3.2. Lipides complexes

Chapitre 2 : Structure et propriétés physico-chimiques des lipides

I. Définition, rôle et classification des lipides :

➤ Définition:

Les lipides constituent un ensemble hétérogène de molécules organiques qui partagent une propriété commune :

Ils sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques apolaires tels que l'éther, le chloroforme, l'hexane ou le benzène.

Sur le plan chimique, la plupart des lipides sont formés d'acides gras ou d'esters d'acides gras associés à d'autres groupes chimiques (alcool, phosphate, sucre, etc.) ; principalement constituées de **carbone (C)**, **hydrogène (H)** et **oxygène (O)**, parfois aussi de **phosphore (P)**, **azote (N)** ou **soufre (S)**.

➤ Rôle des lipides :

Les lipides remplissent plusieurs fonctions essentielles dans les organismes vivants :

✓ Rôle énergétique :

Les graisses et les huiles constituent une source majeure de réserve d'énergie.

Un gramme de lipide fournit environ 9 kcal, soit plus du double de l'énergie produite par les glucides ou les protéines.

✓ Rôle structural :

Les lipides sont des éléments fondamentaux des membranes biologiques (phospholipides, glycolipides, stérols).

Ils assurent la stabilité, la fluidité et la compartimentation des cellules.

✓ Rôle fonctionnel et régulateur :

Certains lipides servent de précurseurs d'hormones stéroïdes (comme les hormones sexuelles et corticoïdes), de vitamines liposolubles (A, D, E, K), ou encore de molécules de signalisation impliquées dans la communication cellulaire.

Autres rôles spécialisés :

Certains lipides interviennent comme transporteurs d'électrons, pigments photosensibles, ou messagers intracellulaires, jouant un rôle clé dans le métabolisme énergétique et la régulation des fonctions cellulaires.

Résumé

Catégorie	Sous-types	Exemples	Rôle principal
Lipides simples	Glycérides, cérides	Triglycérides, cires	Réserve énergétique, protection
Lipides complexes	Phospholipides, glycolipides, sphingolipides	Lécithine, cérébrosides	Structure membranaire
Dérivés lipidiques	Stérols, vitamines, eicosanoïdes	Cholestérol, vitamine D	Régulation, signalisation

➤ Classification des lipides (en français)

Les **lipides** sont classés selon leur **structure chimique** et leur **composition** en deux grandes catégories :

Lipides simples et **lipides complexes**, auxquelles on ajoute parfois les **dérivés lipidiques**.

1. Les lipides simples

Les lipides simples sont des **esters d'acides gras** avec des **alcools** (comme le glycérol). Ils ne contiennent que **C, H, O**.

a. Les glycérides (acylglycérols)

- Formés d'un **glycérol** + **1, 2 ou 3 acides gras** :
 - Monoglycéride** : 1 acide gras
 - Diglycéride** : 2 acides gras
 - Triglycéride** : 3 acides gras
- Les **triglycérides** constituent les **graisses et huiles**.
 - Graisses** → riches en acides gras saturés (solides)
 - Huiles** → riches en acides gras insaturés (liquides)

b. Les cérides (cire)

- Esters d'un **acide gras à longue chaîne** et d'un **alcool à longue chaîne**.
- Solides, hydrophobes, protecteurs (ex. cire d'abeille, cuticule des feuilles).

2. Les lipides complexes

Les lipides complexes contiennent, en plus du glycérol et des acides gras, **d'autres éléments** : phosphore, azote, ou glucides.

a. Les phospholipides

- Contiennent un **groupe phosphate** et souvent une **base azotée** (ex. choline).
- Structure **amphipathique** : tête hydrophile et queue hydrophobe.
- Constituants essentiels des **membranes biologiques**.
 - Exemples : **phosphatidylcholine** (lécithine), **phosphatidylsérine**.

b. Les glycolipides

- Contiennent un ou plusieurs **glucides** liés à une molécule lipidique.
- Présents dans les **membranes cellulaires** (rôle dans la reconnaissance cellulaire).
 - Exemples : **cérébrosides**, **gangliosides**.

c. Les sphingolipides

- Contiennent un **alcool aminé** (sphingosine) à la place du glycérol.
- Importants dans la **gaine de myéline** des neurones.
 - Exemples : **sphingomyéline**, **cérébrosides**.

3. Les dérivés lipidiques

Les dérivés lipidiques proviennent de la **modification** ou de la **dégradation** des lipides simples ou complexes.

a. Les stérols

- Dérivés d'un **noyau stéroïde** à 4 cycles.
- Exemple : **cholestérol**, précurseur des hormones stéroïdiennes (testostérone, œstrogènes), vitamine D.

b. Les vitamines liposolubles

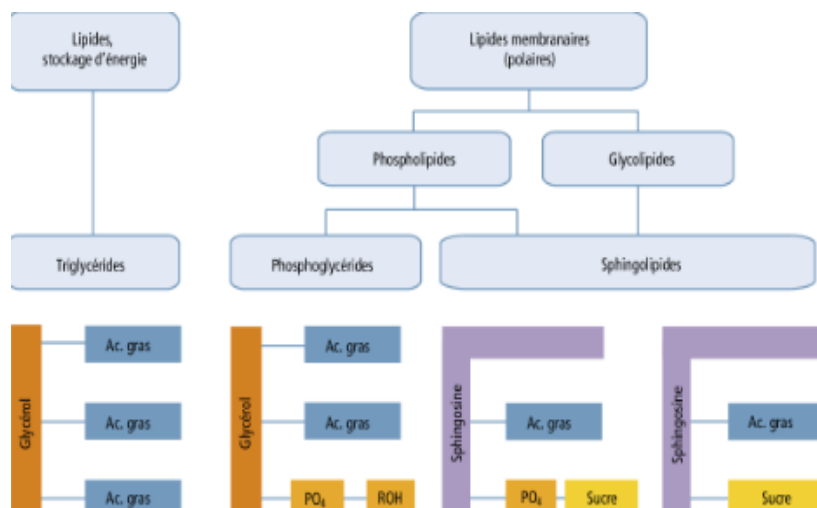
- Solubles dans les graisses : **vitamines A, D, E, K**.

c. Les eicosanoïdes

- Dérivés d'acides gras polyinsaturés (ex. acide arachidonique).
- Rôle dans la **communication cellulaire** (prostaglandines, leucotriènes).

Résumé schématique

Catégorie	Sous-types	Exemples	Rôle principal
Lipides simples	Glycérides, cériques	Triglycérides, cires	Réserve énergétique, protection
Lipides complexes	Phospholipides, glycolipides, sphingolipides	Lécithine, cérebrosides	Structure membranaire
Dérivés lipidiques	Stérols, vitamines, eicosanoïdes	Cholestérol, vitamine D	Régulation, signalisation



II. La structure et les propriétés physico-chimiques :

A. Acides gras :

1) Définition et structure

- **Acide gras** : chaîne hydrocarbonée (linéaire le plus souvent) terminée par un **groupe carboxyle** (-COOH).
- Notation courante : **Cx:y** où **x** = nombre d'atomes de carbone, **y** = nombre de doubles liaisons.
 - Ex. : **C18:0** = acide stéarique (saturé), **C18:1** = acide oléique (mono-insaturé), **C18:2** = acide linoléique (di-insaturé).

2) Nomenclature des acides gras

a. Nom systématique (IUPAC)

- L'acide gras est nommé selon la **longueur de la chaîne** (préfixe) et la **fonction acide carboxylique** (-oïque).
 - Exemple :
 - C16:0 → **acide hexadécanoïque** (nom usuel : *acide palmitique*)
 - C18:0 → **acide octadécanoïque** (*acide stéarique*)

- C18:1 → **acide 9-octadécénoïque** (*acide oléique*)

Le chiffre indique la position de la double liaison à partir du **carbone du groupe carboxyle (C1)**.

Nombre d'atomes de carbone (C)	Préfixe IUPAC	Exemple d'acide gras	Nom courant
1	Méth-	Acide méthanoïque	Acide formique
2	Éth-	Acide éthanoïque	Acide acétique
3	Prop-	Acide propanoïque	Acide propionique
4	But-	Acide butanoïque	Acide butyrique
5	Pent-	Acide pentanoïque	Acide valérique
6	Hex-	Acide hexanoïque	Acide caproïque
7	Hept-	Acide heptanoïque	Acide énanthique
8	Oct-	Acide octanoïque	Acide caprylique
9	Non-	Acide nonanoïque	Acide pélargonique
10	Déc-	Acide décanoïque	Acide caprique
11	Undéc-	Acide undécanoïque	—
12	Dodéc-	Acide dodécanoïque	Acide laurique
14	Tétradéc-	Acide tétradécanoïque	Acide myristique
16	Hexadéc-	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique
18	Octadéc-	Acide octadécanoïque	Acide stéarique
20	Eicos-	↓ Acide eicosanoïque	—

b. Nom courant (nom trivial ou usuel)

- Les acides gras les plus fréquents possèdent des **noms historiques** liés à leur **origine naturelle** :

Nom trivial	Nom IUPAC	Formule abrégée	Source principale
Acide laurique	dodécanoïque	C12:0	huile de coco
Acide myristique	tétradécanoïque	C14:0	musc, beurre
Acide palmitique	hexadécanoïque	C16:0	huile de palme
Acide stéarique	octadécanoïque	C18:0	graisses animales
Acide oléique	9-octadécénoïque	C18:1Δ9 (ω-9)	huile d'olive
Acide linoléique	9,12-octadécadiénoïque	C18:2Δ9,12 (ω-6)	huile de tournesol
Acide α-linolénique	9,12,15-octadécatriénoïque	C18:3Δ9,12,15 (ω-3)	huile de lin
Acide arachidonique	5,8,11,14-eicosatétraénoïque	C20:4Δ5,8,11,14 (ω-6)	phospholipides animaux

c. Notation abrégée (formule condensée)

- La plus utilisée en biochimie : **C_x:_γ Δⁿ,...**

- **x** = nombre total d'atomes de carbone
- **y** = nombre de doubles liaisons
- **Δ** = positions des doubles liaisons comptées à partir du carbone carboxyle
- Exemple :
 - C18:1Δ9 = acide oléique
 - C18:2Δ9,12 = acide linoléique
 - C20:4Δ5,8,11,14 = acide arachidonique

d. Notation ω (oméga) ou n-

- Utilisée pour indiquer la position de la **première double liaison à partir de l'extrémité méthyle (CH₃)** de la chaîne.
 - Exemple :
 - Acide oléique → **C18:1 (ω-9)**
 - Acide linoléique → **C18:2 (ω-6)**
 - Acide α-linolénique → **C18:3 (ω-3)**

Les familles **ω-3**, **ω-6**, **ω-9** sont très importantes pour la nutrition et la physiologie cellulaire.

e. Exemples de comparaison de notation

Acide gras	Notation Δ (à partir du COOH)	Notation ω (à partir du CH ₃)
C18:1Δ9	9e carbone à partir du COOH	ω-9 (9e à partir du CH ₃)
C18:2Δ9,12	doubles liaisons en 9 et 12	ω-6
C18:3Δ9,12,15	doubles liaisons en 9, 12, 15	ω-3

f. Règles supplémentaires

- Les doubles liaisons naturelles sont **presque toujours cis**.
- Les positions sont **séparées par un méthylène (-CH₂-)** : motif typique **-CH=CH-CH₂-CH=CH-**.
- Les acides gras naturels ont **un nombre pair de carbones** (synthèse par ajout de malonyl-CoA, 2C à la fois).
- Les acides gras **ramifiés** ou **à nombre impair de carbones** existent mais sont rares (bactéries, ruminants).

3) Classification selon saturation et géométrie

- **Saturés** : aucune double liaison (→ chaînes droites). Ex. acide palmitique (C16:0), stéarique (C18:0).
- **Insaturés** : une ou plusieurs doubles liaisons.
 - **Mono-insaturés** (MUFA) : ex. acide oléique C18:1.
 - **Polyinsaturés** (PUFA) : ex. acide linoléique C18:2, acide α-linolénique C18:3, acide arachidonique C20:4.

- **Géométrie** des doubles liaisons :
 - **cis** (majoritaire dans la nature) : courbure de la chaîne → affecte la compaction.
 - **trans** (peu ou pas naturels, formés par hydrogénation industrielle) : conformation plus linéaire → comportement similaire aux saturés.

➤ **Longueur de la chaîne**

- **Courte chaîne** : $\leq C6$ (rare dans les lipides alimentaires courants).
- **Chaîne moyenne** : $C8-C12$ (huiles spécifiques, ex. huile de coco comporte $C12$).
- **Chaîne longue** : $C14-C22$ (majorité des acides gras biologiques).
- **Effet** : plus la chaîne est longue, plus les forces de Van-der-Waals augmentent → **point de fusion** ↑, solubilité dans l'eau ↓.

4) Solubilité et amphiphilie

- Les **acides gras libres** ont une tête polaire ($-COOH$) et une queue hydrophobe → **légère amphipathicité** mais globalement **insolubles dans l'eau** si la chaîne $\geq C12$.
- Sont **solubles dans solvants organiques** (éther, chloroforme).

5) Acidité (pKa) et état ionisé

- Le groupe carboxyle a un **pKa** $\approx 4.5-5.0$ (varie légèrement selon la chaîne).
- À pH physiologique (~ 7.4), les acides gras existent majoritairement sous forme **anion carboxylate** ($R-COO^-$) → plus hydrophile que la forme neutre, ce qui favorise formation de **micelles** avec des cations (ex. sels biliaires).

6) Points de fusion et corrélations

- **Principales règles** :
 - **Longueur** ↑ \Rightarrow **point de fusion** ↑ (chaînes plus longues s'empilent mieux).
 - **Nombre de doubles liaisons** ↑ \Rightarrow **point de fusion** ↓ (les doubles liaisons, surtout **cis**, introduisent des coudes qui empêchent un empilage serré).
 - **Configuration trans** donne point de fusion **plus élevé** que la configuration **cis** pour une même position d'insaturation (parce qu'elle permet un meilleur empilage).
- **Conséquence pratique** : graisses riches en acides gras saturés sont **solides** à TA ; huiles riches en insaturés sont **liquides**.

8) Indicateurs physico-chimiques utilisés en analyse

- **Indice d'iode (Iodine value)** : quantité d'iode (g) absorbée par 100 g de lipide — mesure du degré d'insaturation (plus l'indice est élevé → plus il y a de doubles liaisons).
- **Indice de saponification** : mg KOH nécessaire pour saponifier 1 g de lipide → informe sur la longueur moyenne des acides gras (chaînes courtes → saponification ↑).
- **Indice d'acidité** : mg KOH pour neutraliser les acides gras libres contenus dans 1 g d'échantillon → évalue hydrolyse/rancissement.

- **Indice de peroxyde** : mesure des produits d'oxydation primaire → rancissement oxydatif.

9) Réactivité chimique importante

- **Estérification / saponification** : formation / hydrolyse des esters (triglycérides ↔ acides gras + glycérol).
- **Hydrogénation** : addition d'hydrogène sur doubles liaisons → conversion insaturés → saturés (peut former des **trans** si partielle et catalysée).
- **Oxydation (rancissement)** : les **PUFA** sont particulièrement sensibles → formation d'hydroperoxydes, puis de composés volatils responsables d'odeurs désagréables.
- **Élongation & désaturation enzymatiques** (in vivo) : acides gras peuvent être allongés (ajout de carbones) ou désaturés (introduction de doubles liaisons) par des enzymes (ex. acyl-CoA desaturases).

10) Propriétés physiques liées à la conformation

- **Empaquetage moléculaire** : saturés = chaînes droites → empaquetage dense → solide ; insaturés cis = coudes → moins de contacts → fluide.
- **Tension de surface & micellisation** : les acides gras ionisés forment micelles au-dessus d'une certaine concentration critique (CMC) ; rôle important pour digestion/absorption (sels biliaires).

11) Rôle biologique lié aux propriétés physico-chimiques

- **Solubilité faible** → transport via lipoprotéines.
- **Fluidité membranaire** : proportion d'acides gras insaturés influence la fluidité des membranes et la fonction des protéines membranaires.
- **Point de fusion** : affecte état physique des réserves lipidiques et leur utilisation métabolique.

12) Exemples courants (propriétés rapides)

- **Acide palmitique (C16:0)** : saturé, solide, point de fusion ~63 °C.
- **Acide stéarique (C18:0)** : saturé, solide, point de fusion ~69–70 °C.
- **Acide oléique (C18:1 cis)** : mono-insaturé, liquide à RT, point de fusion ~13–16 °C.
- **Acide linoléique (C18:2 cis, cis)** : di-insaturé, liquide, très susceptible à l'oxydation.

13) Acides gras essentiels

- **Acides gras essentiels (AGE)** : l'organisme humain **ne peut pas insérer** des doubles liaisons au-delà du carbone n-9 ; donc nécessaires dans l'alimentation :
 - **Acide linoléique (omega-6, C18:2)**
 - **Acide α -linoléique (omega-3, C18:3)**
- Ces AGE sont précurseurs d'eicosanoïdes (signalisation) et influencent la fluidité membranaire.

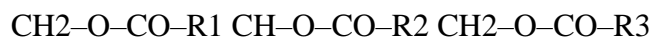
B. Triglycérides (ou Triacylglycérols)

1. Définition générale

Les **triglycérides** sont des **lipides simples** formés par la **réaction d'estérification** entre une molécule de **glycérol** (un trialcool à trois fonctions $-OH$) et **trois acides gras**.

Chaque groupement **hydroxyle** ($-OH$) du glycérol réagit avec le **groupe carboxyle** ($-COOH$) d'un acide gras, formant une **liaison ester** et libérant une molécule d'eau.

Structure générale :



où **R₁**, **R₂** et **R₃** représentent les chaînes hydrocarbonées des acides gras.

2. Règles de nomenclature IUPAC

a) Nom de base

Le nom systématique est construit à partir du mot **glycérol**, auquel on ajoute le suffixe “**-triest**”, suivi du ou des noms des **acides gras** transformés en “**-oate**”.

b) Triglycérides simples

Lorsque les trois acides gras sont **identiques**, on parle de **triglycéride simple**.

Le nom est formé de la manière suivante :

Tris(ester) du glycérol avec l'acide gras correspondant.

Exemples :

- Acide palmitique → **Tripalmitine** (ou glycérol tripalmitate)
- Acide stéarique → **Tristéarine** (ou glycérol tristearate)
- Acide oléique → **Trioleine** (ou glycérol trioleate)

c) Triglycérides mixtes

Quand les trois acides gras sont **différents**, on les nomme selon :

- **l'ordre d'attachement** sur le glycérol (C1, C2, C3), ou
- **l'ordre décroissant de longueur de chaîne.**

Nom : 1-(nom de l'acide gras 1), 2-(nom de l'acide gras 2), 3-(nom de l'acide gras 3) glycérol triester.

Exemple :

Si le glycérol est lié à :

- acide palmitique (C16:0) en C1,
- acide oléique (C18:1) en C2,
- acide stéarique (C18:0) en C3,

le nom sera :

→ **1-palmitoyl-2-oléoyl-3-stéaroyl-glycérol**

3. Numérotation du glycérol

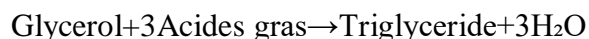
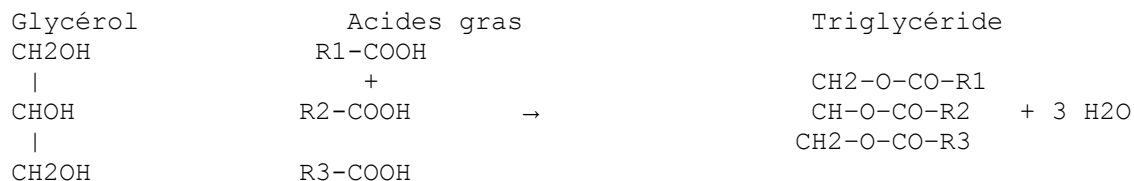
- Le **carbone C1** est un **carbone primaire** ($-\text{CH}_2\text{OH}$), de même que **C3**.
- Le **carbone C2** est un **carbone secondaire** ($-\text{CHOH}$).
Cette numérotation est essentielle pour indiquer **quelle chaîne d'acide gras** est attachée à quelle position.

En biochimie, on parle souvent de la **stéréospecific numbering (sn)** → ex. : **sn-1, sn-2, sn-3**.

4. Noms courants vs noms IUPAC

Type de triglycéride	Nom IUPAC	Nom courant
Glycérol + 3 acides palmitiques	1,2,3-tri(palmitoyloxy)propane	Tripalmitine
Glycérol + 3 acides stéariques	1,2,3-tri(stéaroyloxy)propane	Tristéarine
Glycérol + 3 acides oléiques	1,2,3-tri(oléoyloxy)propane	Trioleine

Le mot **propane** dans le nom IUPAC fait référence au **squelette à 3 carbones** du glycérol.

5. Exemple de réaction d'estérification**Schéma simplifié :****6. Caractéristiques structurales**

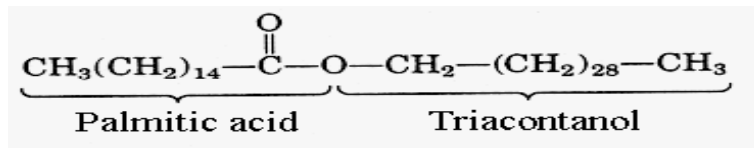
- Les **liaisons esters** relient les acides gras au glycérol.

- Les **acides gras saturés** donnent des **graisses solides** à température ambiante.
- Les **acides gras insaturés** donnent des **huiles liquides**.
- Les **triglycérides mixtes** influencent la **température de fusion** et la **fluidité** des lipides biologiques.

C. Les cires biologiques

Les **cires biologiques** sont des **esters** résultant de la **condensation** entre un **acide gras à longue chaîne** (comportant entre **14 et 36 atomes de carbone**, saturé ou insaturé) et un **alcool à longue chaîne** (de **16 à 30 atomes de carbone**).

Ces composés sont **hydrophobes**, **solides à température ambiante** et jouent un rôle de **protection** (contre la déshydratation ou les agressions extérieures) chez de nombreux organismes vivants, par exemple sur la **cuticule des plantes**, la **peau**, ou les **plumes des oiseaux**.



D. Les lipides membranaires

Les **lipides membranaires** constituent l'élément principal des **membranes biologiques**, qui sont organisées sous la forme d'une **bicouche lipidique**.

Cette bicouche agit comme une **barrière sélective**, régulant le **passage des substances** entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule.

Ces lipides sont dits **amphipathiques**, car ils possèdent :

- une **tête hydrophile (polaire)**, attirée par l'eau ;
- et une **queue hydrophobe (apolaire)**, qui repousse l'eau.

Cette structure particulière leur permet de **s'auto-organiser spontanément** en membranes stables, assurant à la fois **la protection**, **la fluidité** et **la fonctionnalité** des cellules.

1. Les glycérophospholipides (ou phosphoglycérides)

Les **glycérophospholipides** sont une **famille de lipides complexes** dérivés du **glycérol**, un **trialcool** servant de squelette central.

Dans leur structure, le glycérol est :

- **lié à deux acides gras** par des **liaisons esters**, formant la partie **hydrophobe** de la molécule ;
- et **lié à un groupe phosphate** sur le troisième carbone.

Le **phosphate** peut ensuite être **associé à un groupement polaire** tel que la **choline**, la **sérine**, ou l'**éthanolamine**, ce qui confère à la molécule un **caractère amphipathique** (tête hydrophile + queues hydrophobes).

Ces composés sont des **constituants essentiels des membranes biologiques**, où ils assurent la **stabilité**, la **fluidité**, et la **compartmentation cellulaire**.

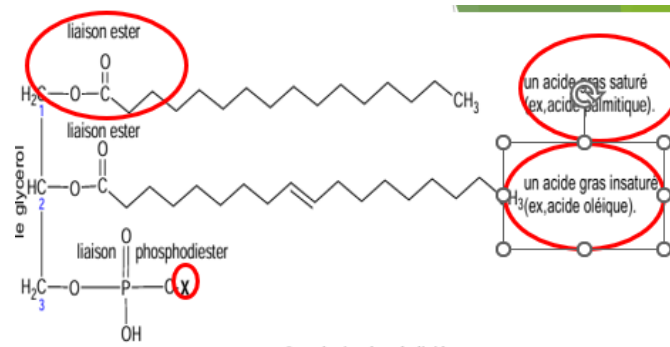


Figure 9 : Les glycérophospholipides.
Deux acides gras sont liés aux carbones 1 et 2 du glycérol par des liaisons esters. Le groupement polaire X est lié au carbone 3 par une liaison phosphodiester.

X	Nom	Charge à pH=7
-H (hydrogène)	Acide phosphatidique	-1
-CH ₂ -CH ₂ -NH ₃ ⁺ (l'éthanolamine)	Phosphatidyléthanolamine	0
-CH ₂ -CH ₂ -N ⁺ (CH ₃) ₃ (la choline)	Phosphatidylcholine	0
-CH ₂ -(CH) (COO ⁻) (NH ₃ ⁺) (la sérine)	Phosphatidylsérine.	-1

D.1. Glycerophospholipids (or phosphoglycerides)

2. Les glycérophospholipides éther

Les **glycérophospholipides éther** sont une **variante des glycérophospholipides classiques** dans laquelle la **liaison ester** située sur le **carbone 1 (C1)** du glycérol est **remplacée par une liaison éther**.

Cette modification confère à la molécule une **meilleure stabilité chimique** et des **propriétés biologiques particulières**.

On distingue deux types principaux :

- Les **plasmalogènes**, qui représentent environ **la moitié des phospholipides du tissu cardiaque** et sont également présents chez certaines **bactéries halophiles**.
- Le **PAF (Platelet-Activating Factor)**, un **messager chimique** impliqué dans la **communication cellulaire**, la **réaction inflammatoire** et la **coagulation sanguine**.

Ces composés jouent un rôle essentiel dans la **signalisation cellulaire** et la **protection des membranes** contre l'oxydation.

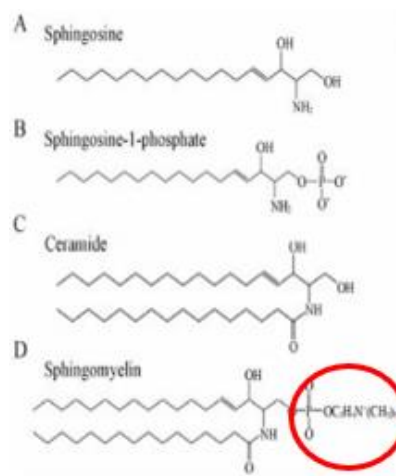
3. Les sphingolipides

Les **sphingolipides** forment une classe importante de **lipides membranaires** contenant une molécule de **sphingosine**, un **aminoalcool à 18 atomes de carbone**.

La sphingosine se lie à un **acide gras** par une **liaison amide**, formant un **céramide**, la structure de base de tous les sphingolipides.

Selon le groupement lié au céramide, on distingue deux grandes familles :

- **Les sphingomyélines**
 - Formées par la **liaison du groupement hydroxyle (C1)** du céramide avec une **phosphocholine** ou une **phosphoéthanolamine**.
 - Elles sont **abondantes dans le système nerveux**, notamment dans la **gaine de myéline** entourant les axones.
- **Les glycosphingolipides**
 - Formés par l'ajout d'un ou plusieurs **sucres** au **C1 du céramide**, via une **liaison glycosidique β**.
 - On distingue :
 - **Les cérébrosides** : un céramide + un **monosaccharide** (glucose ou galactose).
 - **Les sulfatides** : un **cérébroside** où le galactose est **estérifié par un groupe sulfate**.
 - **Les gangliosides** : un céramide lié à **plusieurs sucres**, dont un **acide sialique** (ex : N-acétylneuraminique).
 - Ils participent à la **reconnaissance cellulaire**, à la **signalisation neuronale**, et au **maintien de la stabilité membranaire**.



4. Les stérols

Les **stérols** sont des **lipides membranaires** dérivés d'un **noyau stéroïde** composé de **quatre cycles fusionnés (A, B, C, D)**.

Le **cholestérol** est le **principal stérol** chez les animaux.

Il stabilise la **membrane cellulaire** et sert de **précurseur** :

- des **hormones stéroïdes** (androgènes, œstrogènes, glucocorticoïdes),
- des **acides biliaires**,
- et de la **vitamine D**.

5. Les galactolipides

Les **galactolipides** sont des **lipides membranaires végétaux** constitués d'un **1,2-diacylglycérol** auquel est attaché **un ou deux résidus de galactose** par une **liaison glycosidique** sur le **carbone 3** du glycérol.

Exemples :

- **Monogalactosyldiacylglycérol (MGDG)**
 - **Digalactosyldiacylglycérol (DGDG)**
- Ils sont essentiels dans les **membranes des chloroplastes**, participant à la **photosynthèse** et à la **stabilité des thylakoïdes**.

6. Les lipides des archéobactéries

Les **archéobactéries**, vivant dans des conditions extrêmes (températures élevées, pH acide, forte salinité), possèdent des **lipides membranaires uniques**.

Leurs chaînes **hydrocarbonées longues** (≈ 32 carbones) sont **ramifiées** et reliées au **glycérol** par des **liaisons éther**, et non ester.

Ces liaisons éther confèrent une **grande résistance thermique et chimique**, permettant la **survie** dans des milieux extrêmes.