

SV-D-2-1 LIPIDES

SV-D-ORGANISATION FONCTIONNELLE DES MOLÉCULES DU VIVANT



OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles
<p>Les lipides forment un ensemble hétérogène de molécules organiques à caractère hydrophobe et de faible masse moléculaire. Les acides gras constitutifs des lipides membranaires et des triglycérides peuvent être saturés ou insaturés.</p> <p>Des lipides amphiphiles (phospholipide, glycolipide, cholestérol) forment les bicouches lipidiques constitutives des membranes.</p> <p>Les triglycérides sont des molécules de réserve. Ils sont stockés sous forme de gouttelettes dans le cytoplasme des cellules de différents tissus (tissu adipeux des Métazoaires, tissus de réserve des graines oléagineuses des Angiospermes). Des dérivés du cholestérol sont des molécules informationnelles (hormones stéroïdes).</p>	<ul style="list-style-type: none">- Exploiter la formule chimique d'un acide gras pour identifier son caractère hydrophobe, saturé ou insaturé.- Représenter un triglycéride et un phospholipide, les formules des constituants de base étant fournies.- Décrire et reconnaître les groupements hydrophobes et hydrophiles d'un phospholipide, d'un glycolipide et du cholestérol.

SV-D-2-I Lipides

BRAINSTORMING



A quoi vous fait
penser le mot
lipide?

Quels aliments sont
riches en lipides?

Dessine-moi un
lipide

Dans quelle lame
histologique
chercher du gras?



SV-D-2-I Lipides

INTRODUCTION

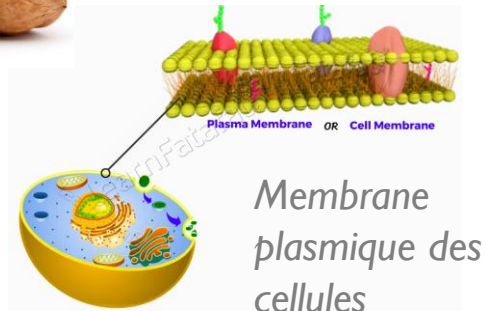
Lipides

Où les trouve-t-on ?

Graines oléagineuses
(« noix » au sens large)



Certains fruits
(olives)

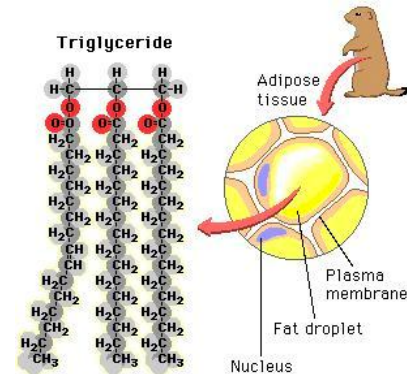


Membrane
plasmique des
cellules

Dérivés du cholestérol
(stéroïdes)



Tissus adipeux des
animaux



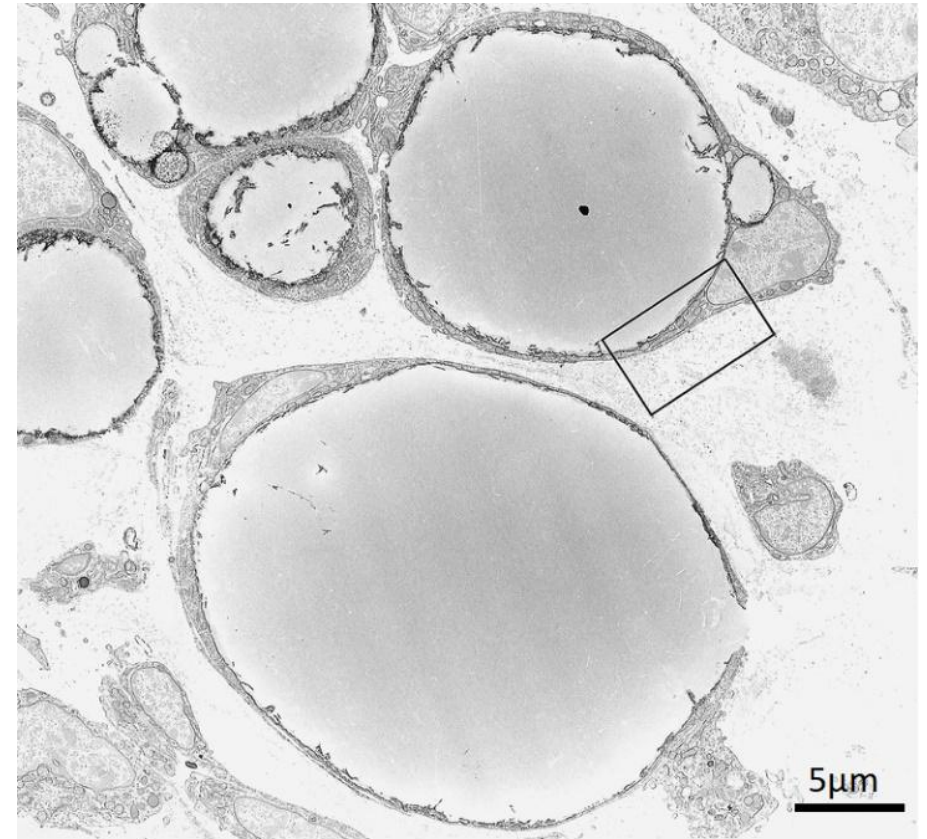
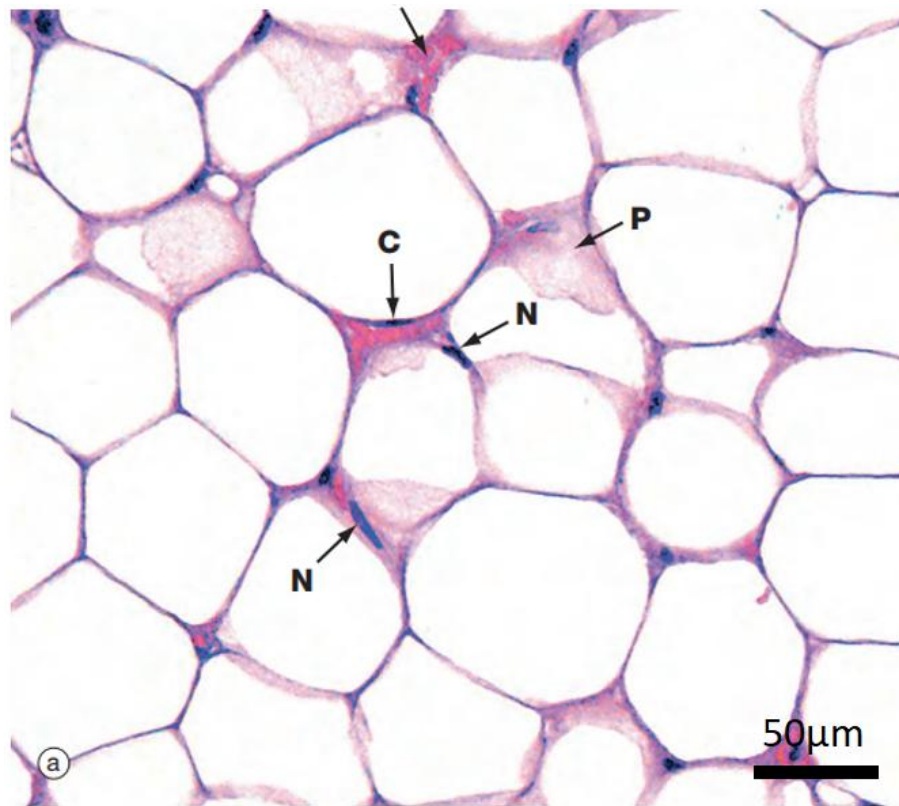


Figure 1 : tissu adipeux observé au MO (à gauche) et adipocytes observés au MET

SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires



I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

A. CARACTERISTIQUES GENERALES DES LIPIDES

Lipides = corps gras :

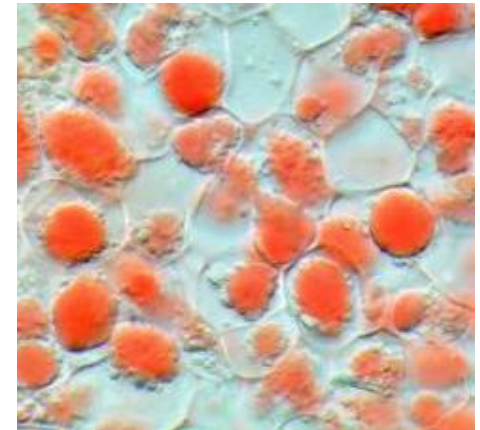
Biomolécule **ternaire** faite de C, H, O (\pm N, P)

- Longue chaîne aliphatique (C de 4 à 36)
- **hydrophobe** = insoluble dans l'eau mais soluble dans solvants organiques (alcool, éther, chloroforme)

- Groupe de biomolécules **très hétérogène** structuralement mais **propriété commune** : hydrophobe
- Distinction de 2 grandes catégories selon leur réaction à la saponification :
 - saponifiables → **Lipides vrais**
 - non saponifiables → **Lipoïdes**
- Mise en évidence :
 - tache translucide sur le papier qui persiste après séchage
 - coloration rouge Soudan III



Mise en évidence des lipides



Observation
microscopique d'une
coupe de noix,
colorée au rouge
Soudan



I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

A. CARACTERISTIQUES GENERALES DES LIPIDES

Lipides

molécules hydrophobes ou amphiphiles, dans ce dernier cas la partie hydrophile est $<$ à la partie hydrophobe.

- groupements alkyl des acides gras = groupements apolaires
 - C et H ~ même électronégativité → groupements alkyl = apolaires → pas de liaisons H avec l'eau → hydrophobie → les lipides sont insolubles dans l'eau.
 - molécules de petite taille à l'exception de la lignine
 - n'entrent pas dans la catégorie des macromolécules (PM > 5000 Daltons).

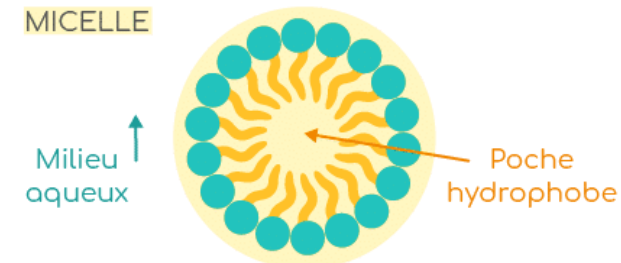
Mise en évidence des lipides



Tête polaire hydrophile



MICELLE



SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL

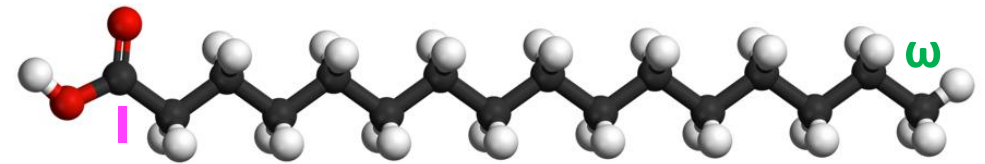
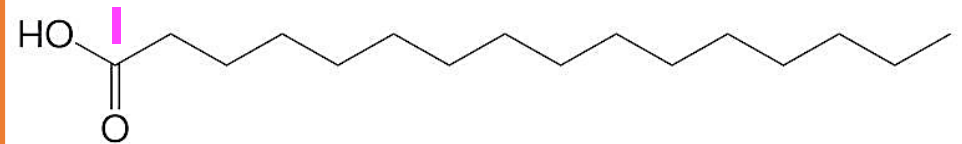
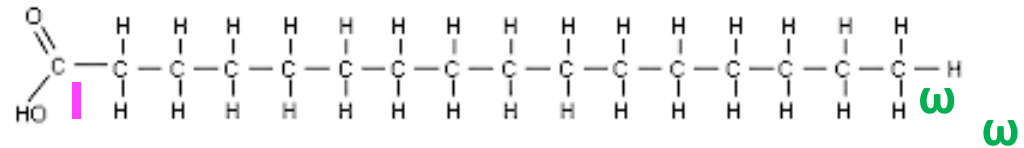
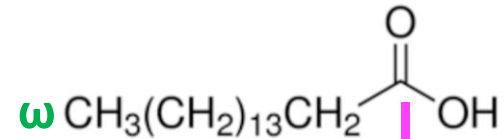
I. Structure et diversité des acides gras, des lipides vrais (saponifiables)



Acide gras : n.m. biomolécule contenant une fonction acide carboxylique et une **longue chaîne hydrogénocarbonée** = aliphatique, non ramifiée (en général)

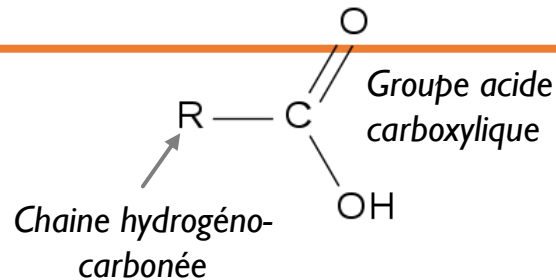
formule générale : $\text{CH}_3 - \dots - (\text{CH}_2)_n - \dots - \text{COOH}$

La longueur de la **chaîne aliphatique** d'un acide gras peut varier de **4 à 30 carbones** environ (max 36), typiquement un **nombre pair** (ils sont issus d'une biosynthèse itérative faisant intervenir un intermédiaire réactionnel à 2 C (AcétylCoA)).



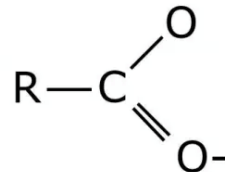
Diverses représentations d'un acide gras (acide palmitique)

Formule générale des acides gras



- In vivo (pH7), groupement acide carboxylique déprotoné → carboxylate

Formule générale des acides gras sous forme carboxylate



- Le **carbone n°1** est celui portant la fonction – COOH
- Le **carbone ω** est le dernier de la chaîne hydrogénocarbonée

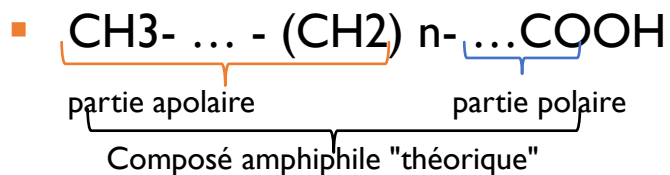


I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

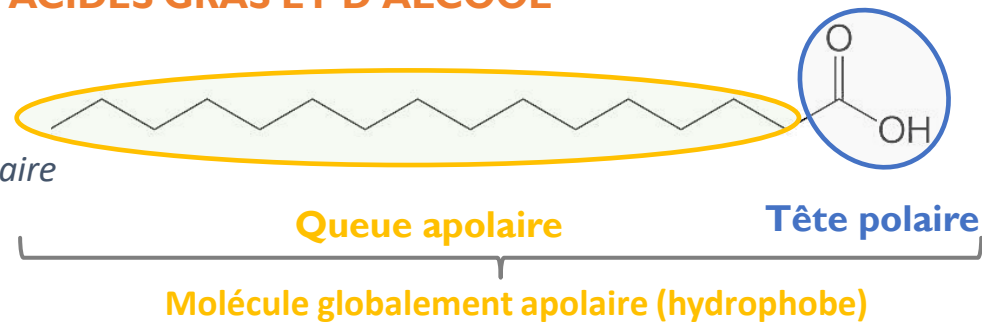
B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL

2. Propriété des acides gras

- Composé **amphiphile théorique**:

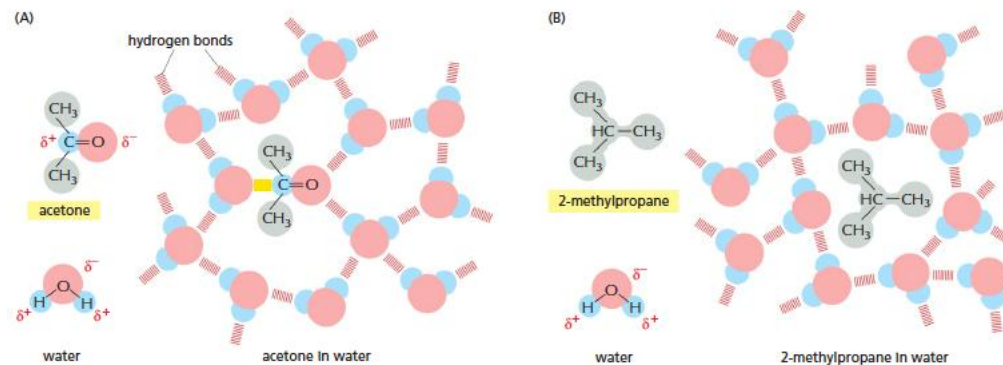


Caractère apolaire des AG



- Nb de C important → caractère apolaire l'emporte
- Les AG sont **apolaires** = hydrophobes = **insolubles** dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques à cause de leur longue queue CH ($n \geq 12$)
- AG solubles dans les solvants organiques

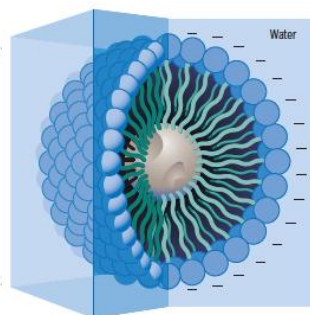
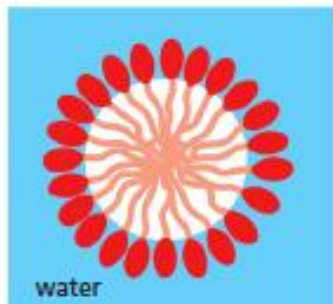
- Dans l'eau, les AG forment des **micelles** → Répulsions minimales avec l'eau



Interactions des molécules (a)polaires avec l'eau

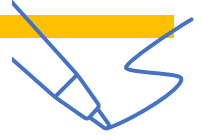
shape of molecule

packing of molecules in water



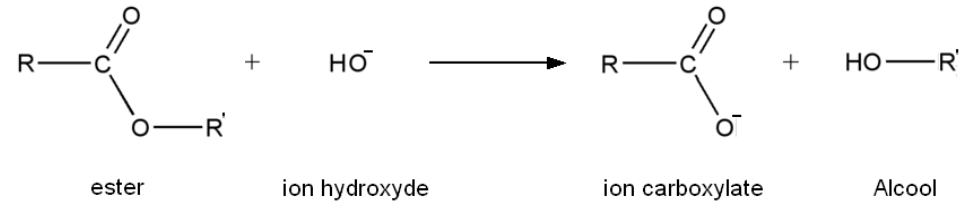
Formation de micelles d'ans l'eau

B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL



2. Propriété des acides gras

- Les AG sont **saponifiables**
 - les lipides vrais, faits d'AG, sont saponifiables
- ester + ion hydroxyde ----> ion carboxylate (= ag = savon) + alcool



- La **température de fusion** (de transition de phase solide/liquide) des AG **dépend du nombre de C et de doubles liaisons**

Réaction de saponification des AG

	Formule brute	Nom court	T°C fusion	Etat à T°C ambiante
Ac myristique	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	14:0	54°C	solide
Ac palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	16:0	63°C	solide
Ac stéarique	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	18:0	69°C	solide
Ac oléique	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	18:1 ω9	13°C	liquide
Ac linoléique	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	18:2 ω6	-5°C	liquide

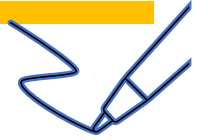
Température de fusion de différents AG

Température de fusion : n.f. température au-dessus de laquelle un composé passe de l'état solide à l'état liquide.

Température de fusion



B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL



2. Propriété des acides gras

température
de fusion (°C)

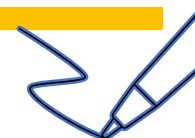
Nombre de
carbones

Température de fusion : n.f.
température au-dessus de
laquelle un composé passe de
l'état solide à l'état liquide.

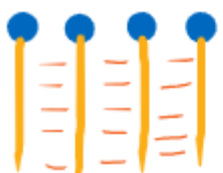
Température
de fusion



influence de la longueur de la chaîne aliphatique et des insaturations sur la température de fusion d'un mélange d'acides gras



Longueur de la chaîne



Chaîne longue



Nombreuses interactions Van der Waals



Peu fluide



Chaîne courte

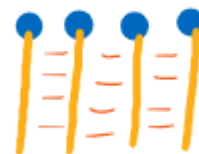


Peu d'interactions Van der Waals



Fluide

Saturations vs insaturations



Saturés: nombreuses interactions



Insaturés: peu d'interactions

température de fusion (°C)

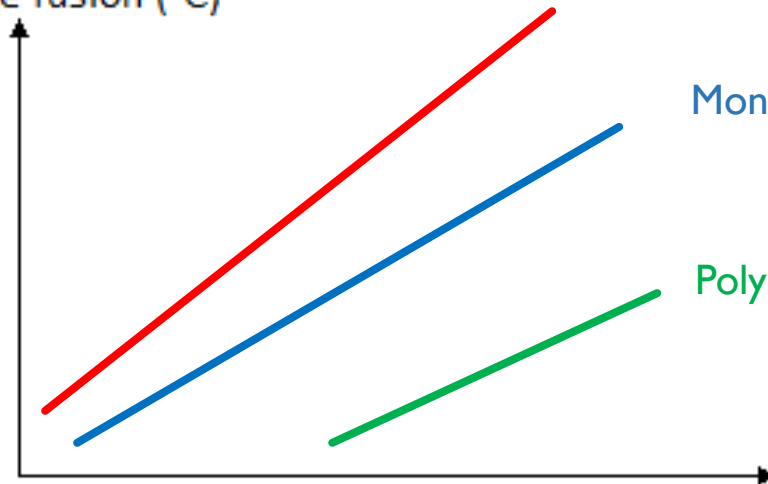


Saturés

Mono-insaturés

Poly-insaturés

Nombre de carbonnes





B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL

2. Propriété des acides gras

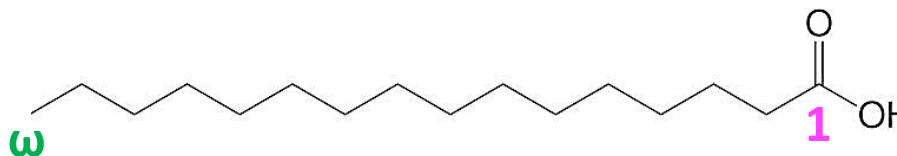
- Les acides gras varient par...

- Le **nombre de carbones** :

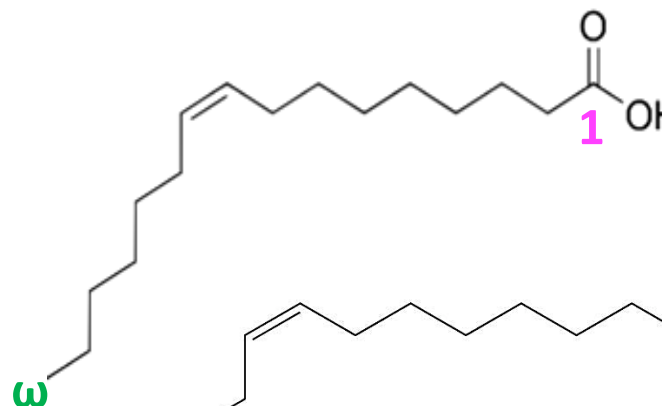
- ✓ Nombre **pair** en général (lié au mode de biosynthèse)
- ✓ $n = 4-28$, mais les AG plus communs ont **14-24 C**

- Les **liaisons doubles** de la chaîne hydrogénocarbonée :

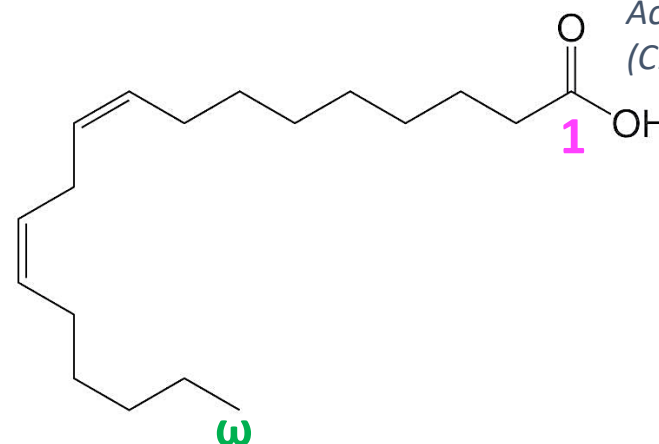
- ✓ **Nombre** de liaisons doubles :
aucune → AG **saturé**
au moins 1 → AG **insaturé**
- ✓ **Position** des liaisons doubles → nomenclature en ω
- ✓ coude formé par les insaturations diminue le nombre de liaisons de VDW qui s'établissent → plus il y a d'insaturations plus T_f diminue et donc membrane fluide
- ✓ plus d'AG **insaturés chez les végétaux** et **plus de saturés chez les animaux.**



Acide palmitique (C16)



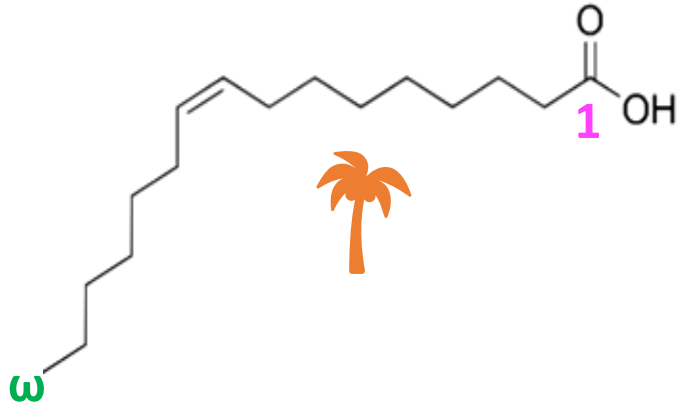
Acide palmitoléique
(C16, $\omega 7$)



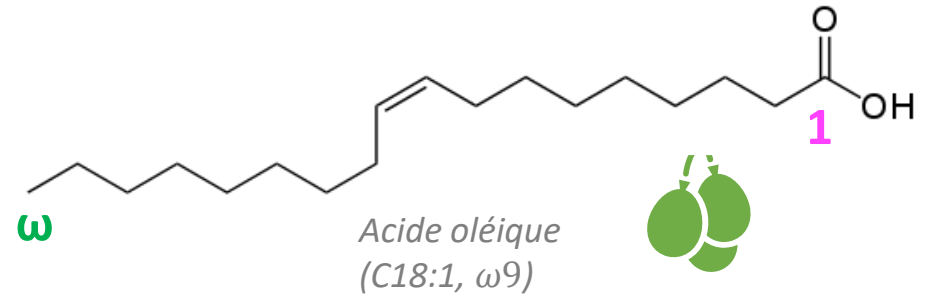
Acide linoléique
(C18, $\omega 6$)

B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL

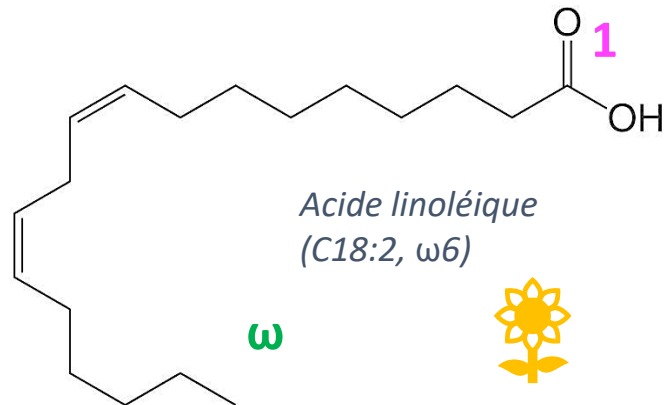
2. Propriété des acides gras



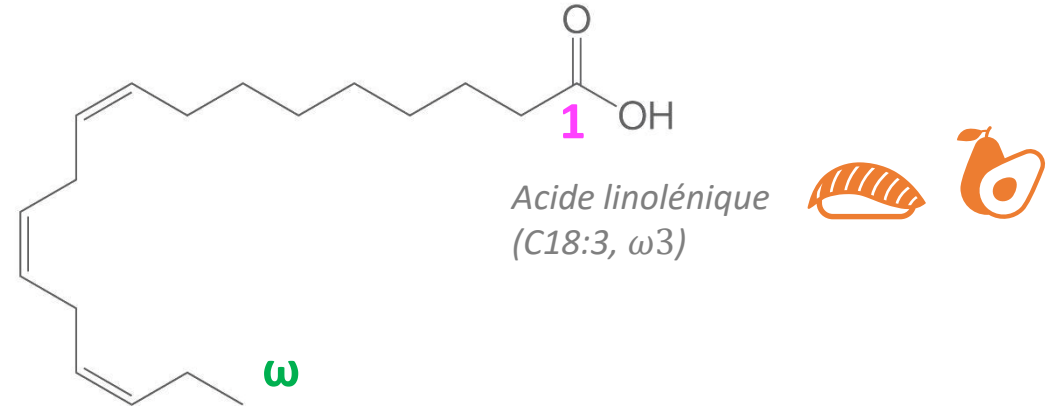
Acide palmitoléique
(C16, ω7)



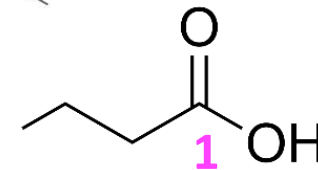
Acide oléique
(C18:1, ω9)



Acide linoléique
(C18:2, ω6)



Acide linolénnique
(C18:3, ω3)



Acide butyrique
(AGV)





B. DE NOMBREUX LIPIDES SONT DES ESTERS D'ACIDES GRAS ET D'ALCOOL

2. Propriété des acides gras

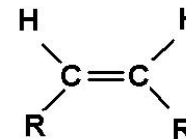
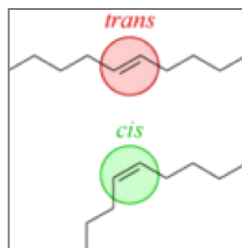
- Les acides gras varient par...

- Le nombre de carbones :

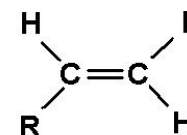
- ✓ Nombre **pair** en général (lié au mode de biosynthèse)
- ✓ $n = 4-28$, mais les AG plus communs ont **14-24 C**

- Les liaisons doubles de la chaîne hydrogénocarbonée :

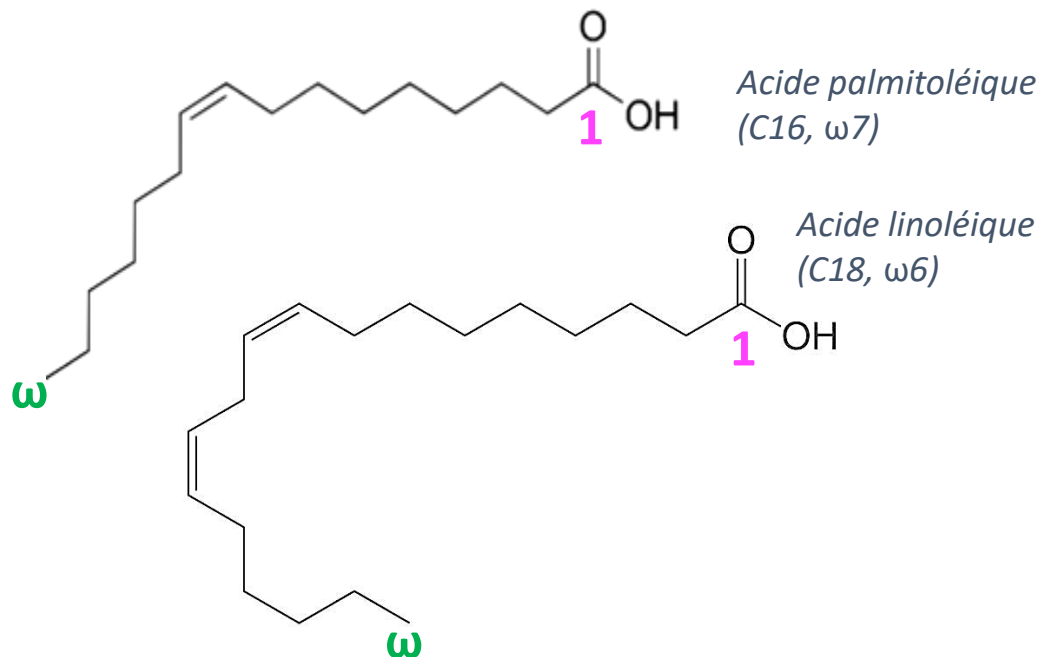
- ✓ **Configuration** : *cis* ou *trans*
- ✓ En général, forme **cis** → molécule coudée
- ✓ Hydrogénation dans l'industrie agroalimentaire = suppression de certaines insaturations + transformation des configurations *cis* en *trans* → suppression du coude → ∨ fluidité de la graisse → amélioration de la texture (margarine)
- ✓ Trop d'AG saturés augmentent les risques de maladie cardiovasculaire.



Cis



Trans



SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires



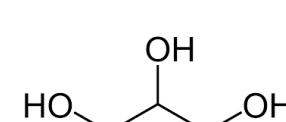
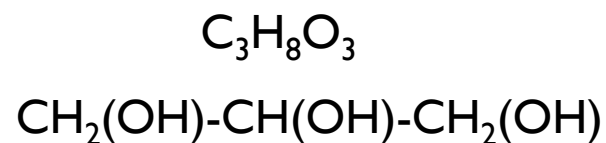
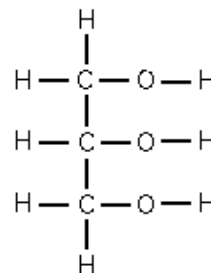
I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

I. Glycérol et glycérides

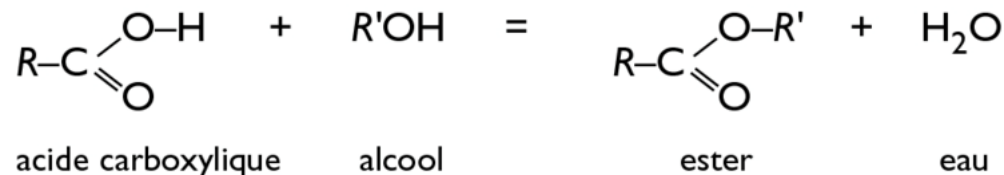
- Le glycérol une molécule à 3 C avec 3 groupements hydroxyl (-OH) → **triol ou trialcool** → **très soluble dans l'eau**

Le glycérol :
différentes
représentations



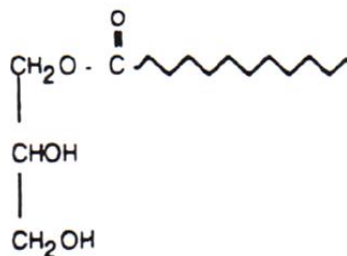
- Les groupements -OH du glycérol peuvent réagir avec les -COOH des AG

- → **estérification**
- Glycérol + 1 AG → monoglycéride (MG)
- Glycérol + 2 AG → diglycéride (DG)
- Glycérol + 3 AG → triglycéride (TG)

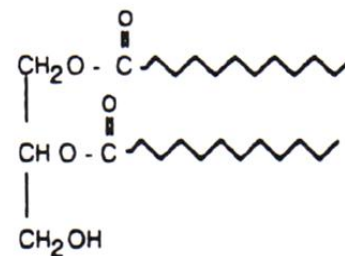


Réaction d'estérification

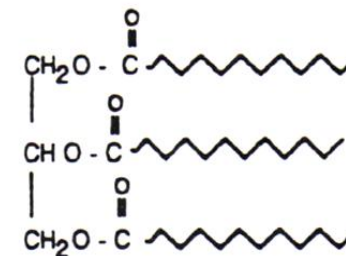
Différents degrés d'estérification
du glycérol



Monoglycéride



Diglycéride



Triglycéride

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

I. Glycérol et glycérides

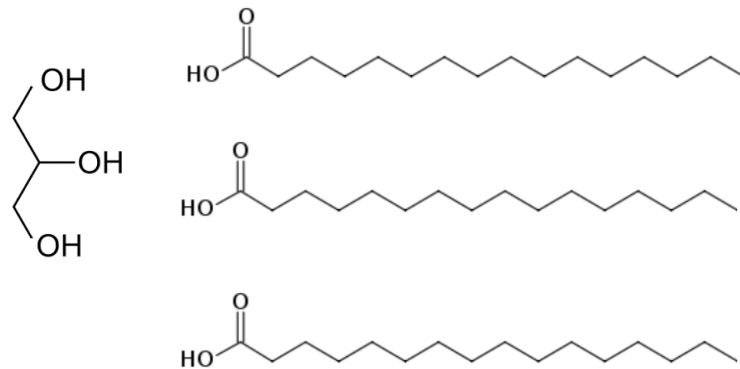
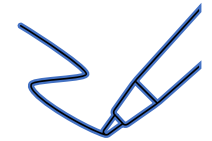


Figure 7 : estérification des acides gras et des alcools et formation de lipides complexes

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

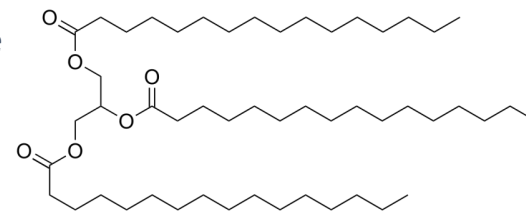
C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

I. Glycérol et glycérides



- **Triglycéride (TG) = triacylglycérol (TAG)**
 - triester d'acides gras et de glycérol (1 glycérol + 3 AG)
- Les AG constitutifs
 - tous identiques → TAG homogène
 - 1 différent, 2 différents, 3 différents → TAG hétérogène
- **Propriétés** : Fortement apolaire, saponifiables, température de fusion dépendante de la composition en AG
- **Rôle important dans les réserves énergétiques**: « le gras c'est la vie! »

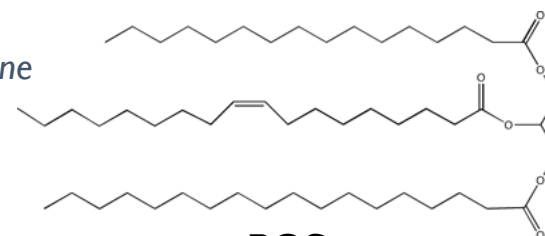
Un TAG homogène



Tripalmitine

Glycérol + 3 acides palmitiques

Un TAG hétérogène



POS

Glycérol + acides palmitique/ oléique/ stéarique

	Graisses	Huiles
Origine	Animale	Végétale
Localisation	tissus adipeux, beurre	Graines oléagineuses, fruits (ex: avocat, olives)
Types d'AG	majoritairement saturés	Majoritairement insaturés
Etat à 20°C	solide	liquide

Les TAG d'origine animale et végétale

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

2. Les glycérophospholipides

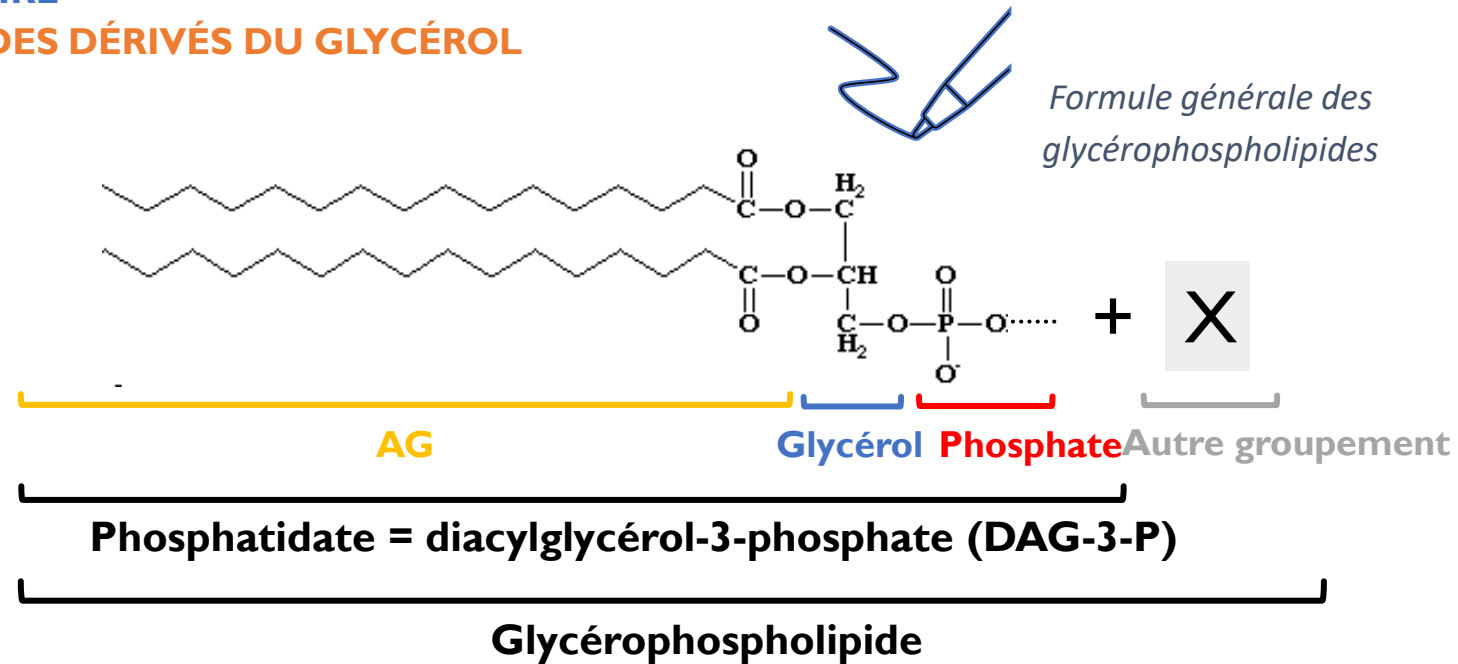
Structure :



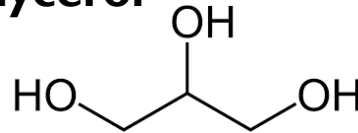
- 1 glycérol + 2 AG + 1 phosphate PO_4^{3-} + autre groupement
- Le groupement X, lié au phosphate, peut être :
 - Hydrogène (H)
 - Un alcool (estérification).

Nomenclature :

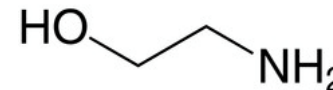
« Phosphatidyl- » + nom du groupement X
 Ex : phosphatidylcholine



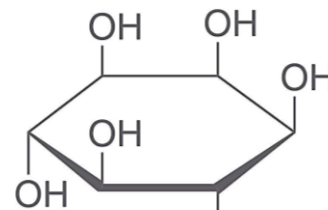
glycérol



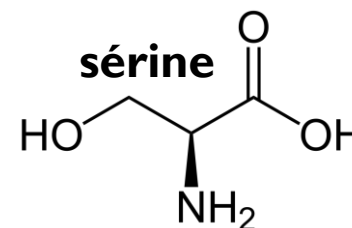
éthanolamine



Les alcools constitutifs des glycérophospholipides



inositol



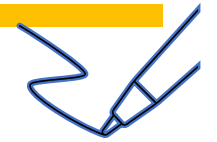
sérine



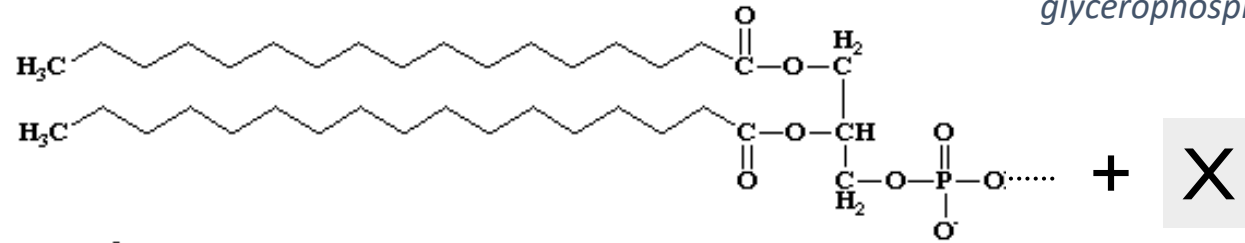
choline²³

C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

2. Les glycérophospholipides



Caractère amphiphile des glycérophospholipides

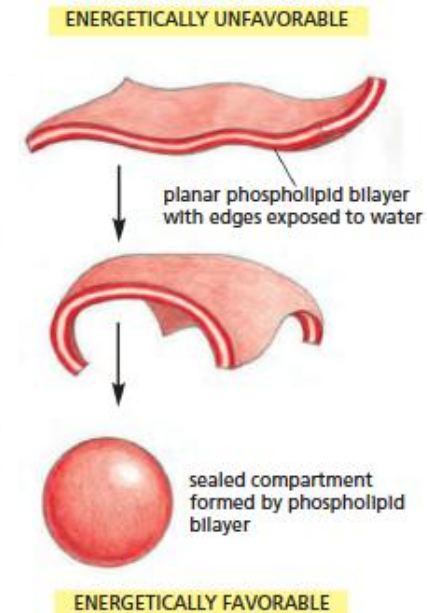
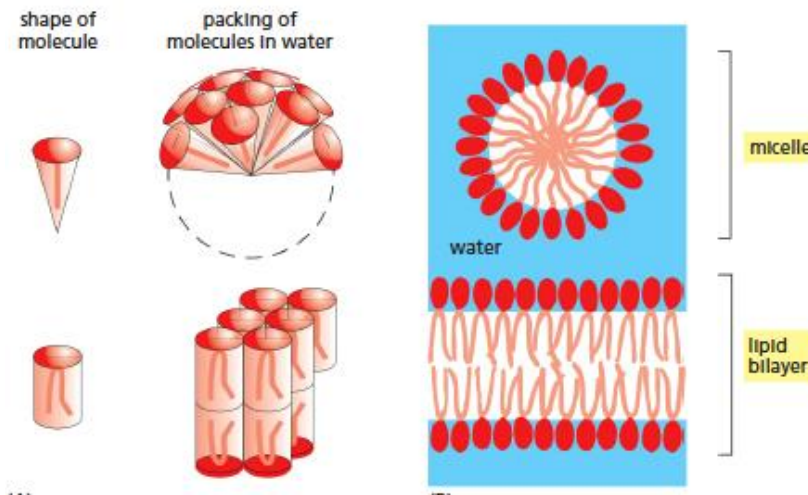


Propriétés :

- Les GPL sont **amphiphiles** = hydrophobes (lipophile) et hydrophiles
- Les GPL forment des micelles ou des feuilletés dans l'eau

Partie hydrophobe (apolaire)

Partie hydrophile (polaire)



Phosphatidyléthanolamine (PE)
 Phosphatidylsérine (PS)
 Phosphatidylcholine (PC)

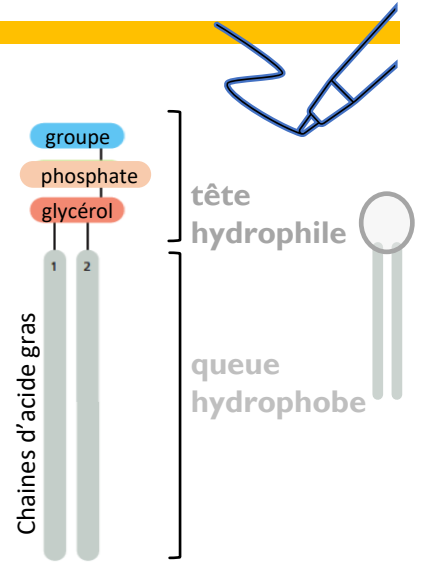
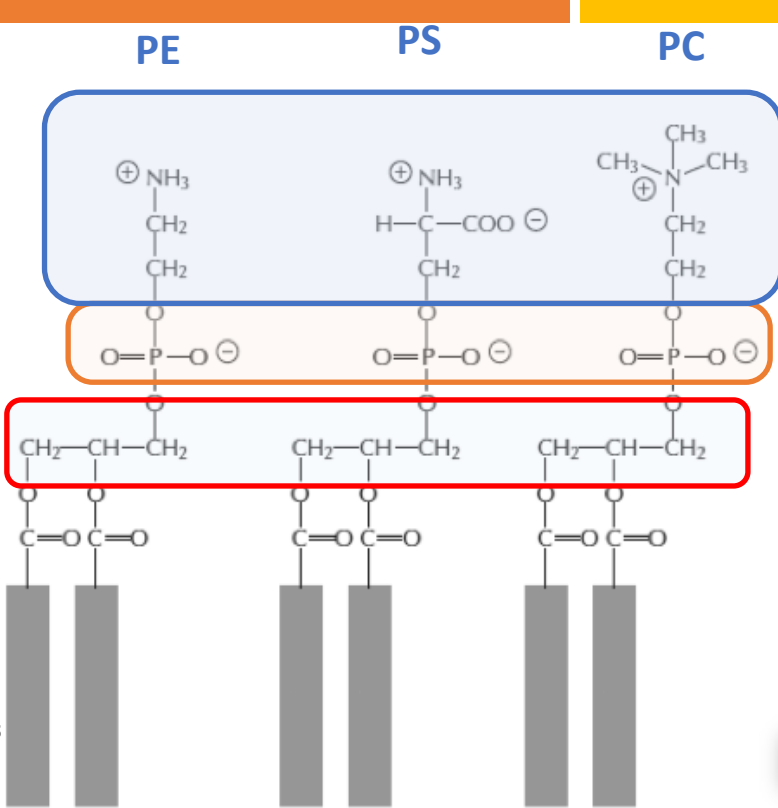
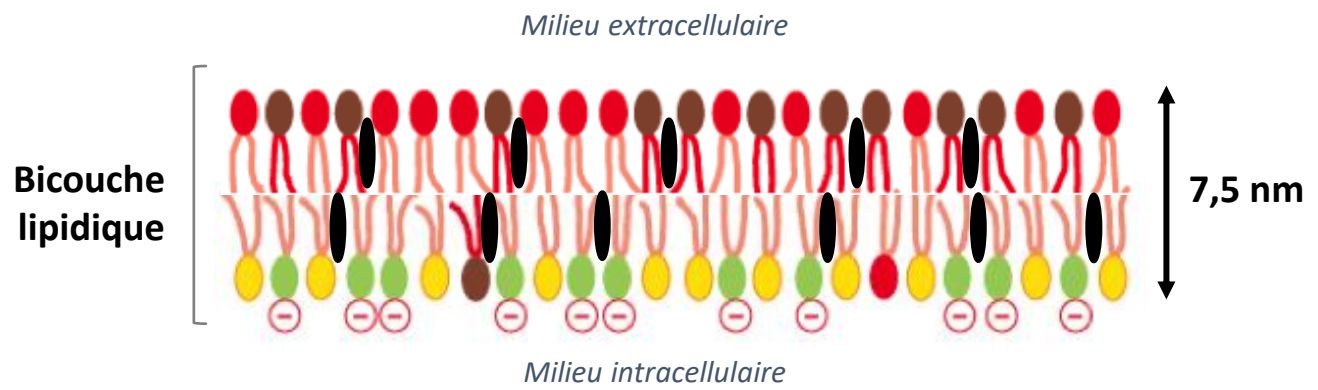


Figure 11 : représentation de 3 glycérophospholipides membranaires, la phosphatidyléthanolamine, la phosphatidylsérine, la phosphatidylcholine

Cf SV-C-3 membranes



Légende

- PE
- PS
- PC
- SM
- cholestérol

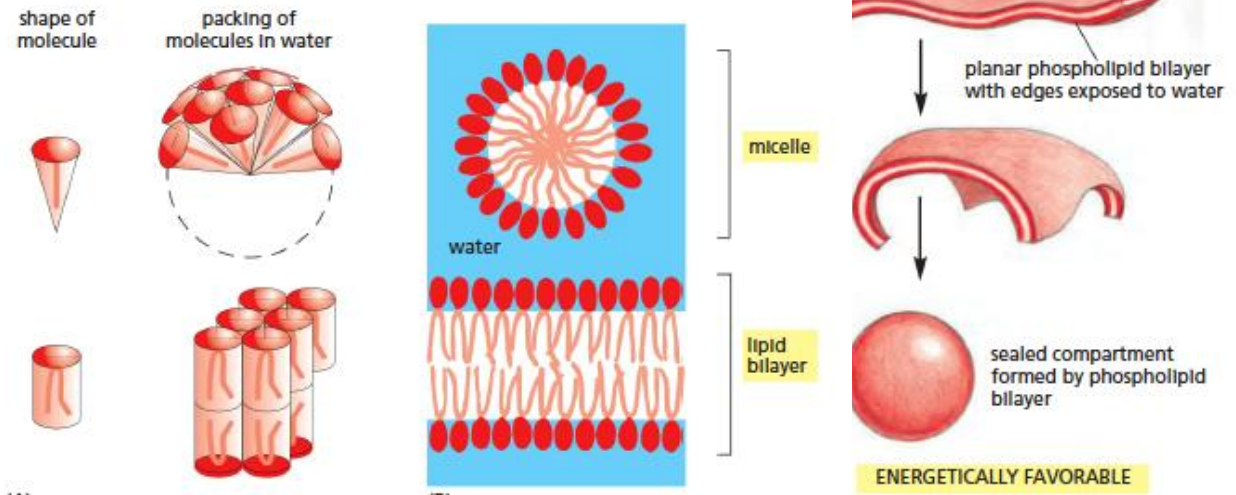
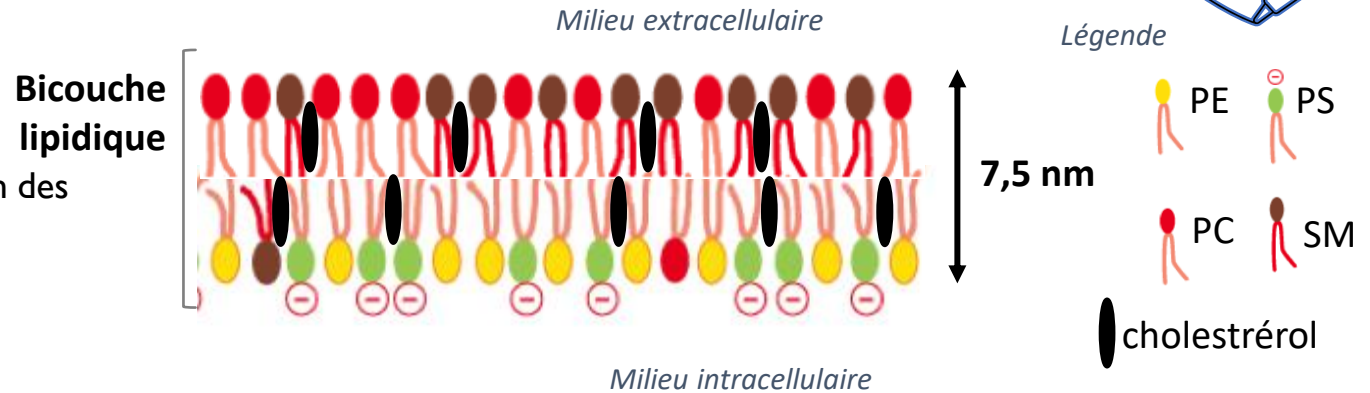
L'asymétrie membranaire, dans la répartition des glycérophospholipides, du cholestérol et de la sphingomyéline (E. Bouguyon)

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

C. LES GLYCÉROLIPIDES, LIPIDES DÉRIVÉS DU GLYCÉROL

2. Les glycérophospholipides

- propriétés d'**autoassemblage** apparition des membranes - 3 Ga
- rôle de limitante cellulaire → cellules eucaryotes → **compartimentation cellulaire**
- en moyenne **7,5 nm** d'épaisseur, bicouche lipidique associée à des protéines
- Les forces de **VDW** maintiennent les groupements apolaires liés les uns aux autres.
- bicouche refermée sur elle-même = **liposome**, structure proche d'une membrane cellulaire.



SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

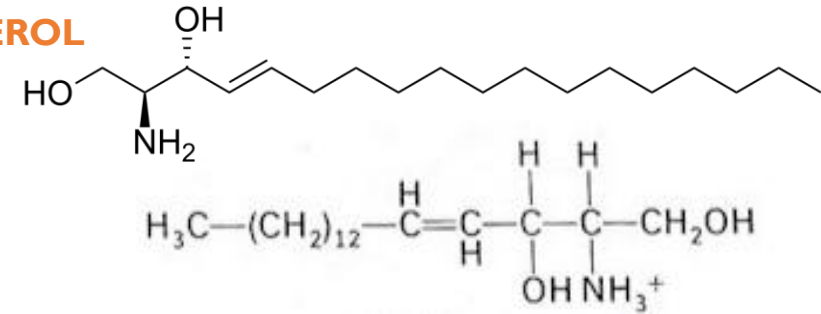
I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

D. LES AUTRES LIPIDES VRAIS NON ESTÉRIFIÉS AVEC LE GLYCÉROL

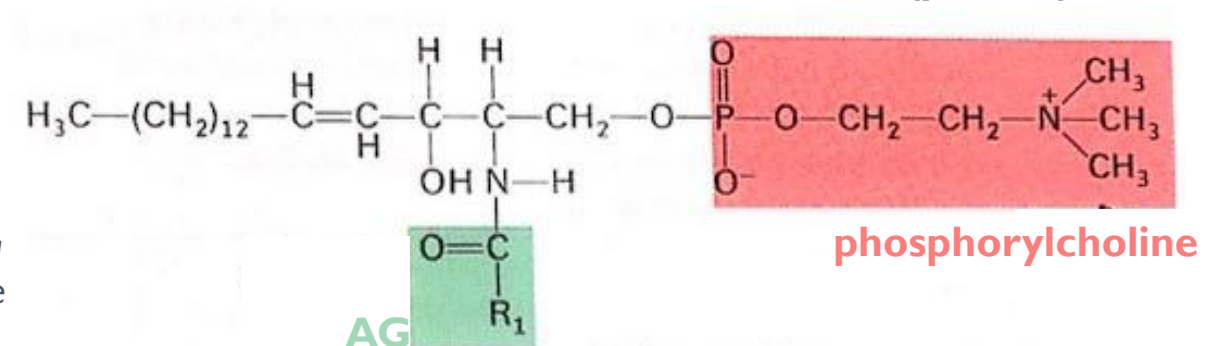
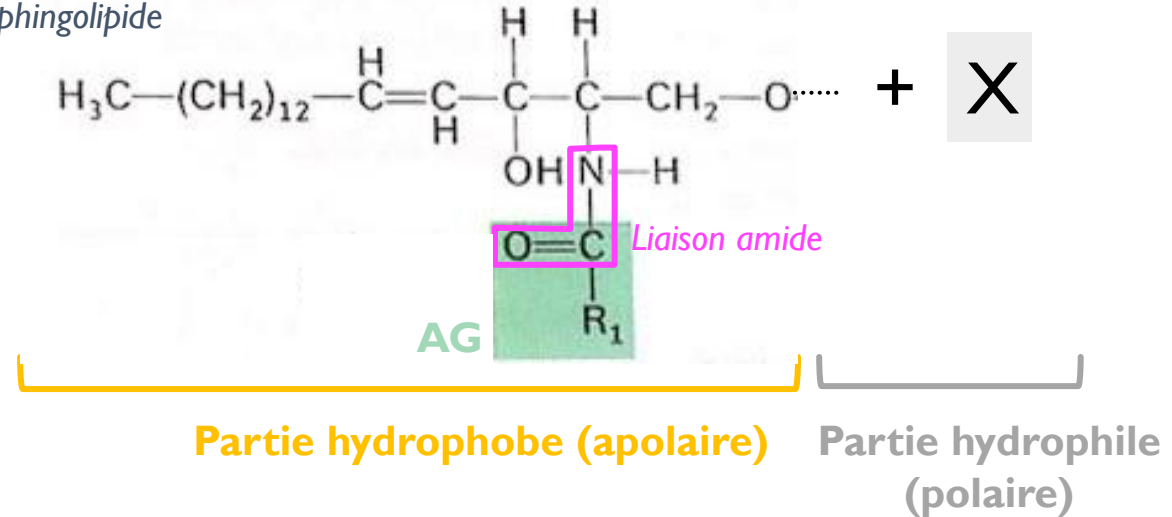
I. Les Sphingolipides et dérivés

- Les sphingolipides sont dérivés de la **sphingosine** qui contient 2 hydroxyles et 1 amine
- Composition** : 1 sphingosine + 1 AG + 1 groupement (X)
→ Principal sphingolipide : **sphingomyéline**
- Propriétés** : amphiphiles

Deux représentations de la sphingosine



Structure générale d'un sphingolipide



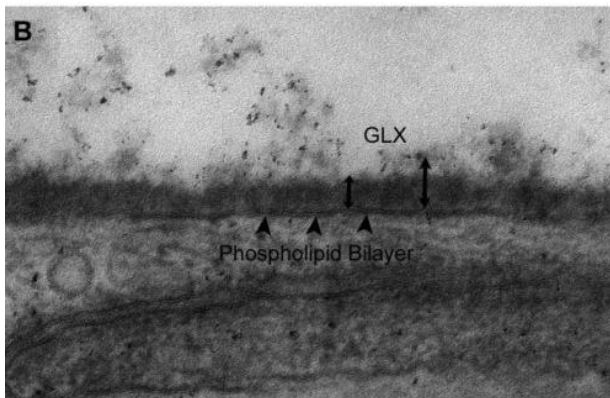
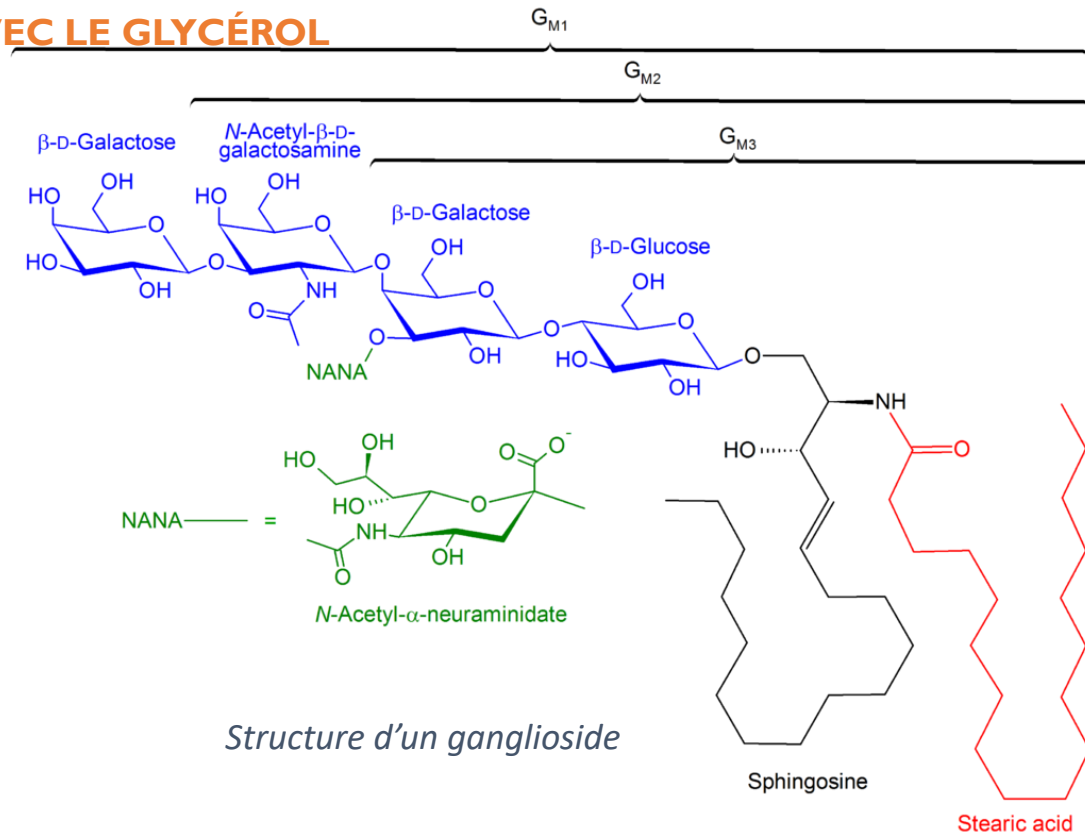
Structure de la sphingomyéline

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

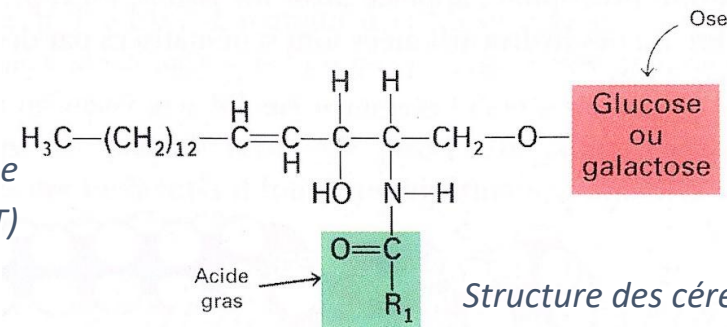
D. LES AUTRES LIPIDES VRAIS NON ESTÉRIFIÉS AVEC LE GLYCÉROL

2. Les glycolipides: cérébrosides et gangliosides

- Dans les cellules animales, les **glycolipides membranaires** (exclusivement sur la couche externe formant le **glycocalyx**) dérivent des sphingolipides
- Substitution du groupement phosphatidylcholine par :
 - 1 glucose ou galactose → **cérébrosides**
 - 1 chaîne ramifiée d'oses ($n \geq 7$) → **gangliosides**



Membrane plasmique avec glycocalyx (MET)



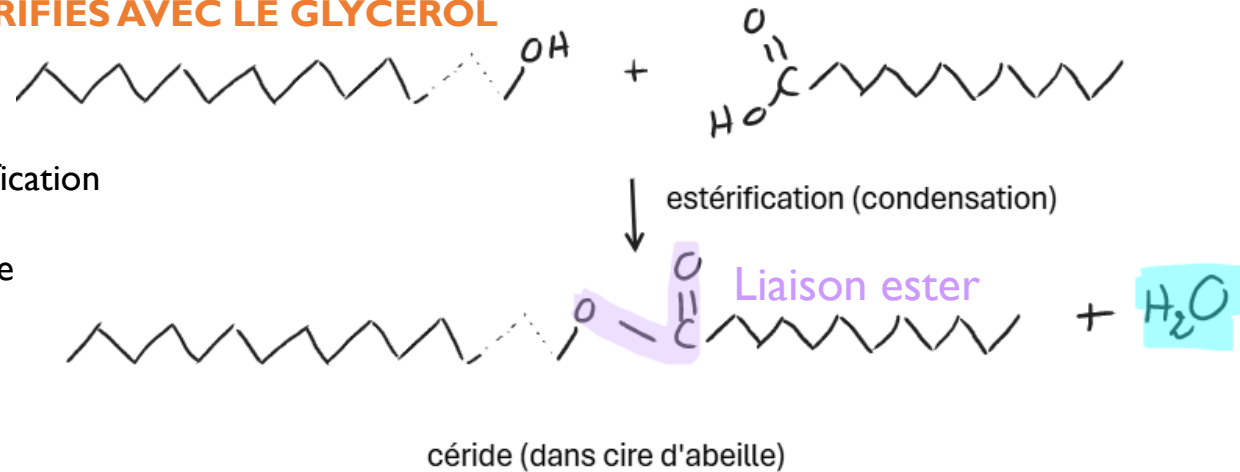
I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

D. LES AUTRES LIPIDES VRAIS NON ESTÉRIFIÉS AVEC LE GLYCÉROL

3. Les cérides

Les **cérides** sont des **esters** qui résultent de l'estérification entre :

- l'alcool « gras » (monoalcool à longue chaîne hydrogénocarbonée)
- l'acide gras



Les cérides sont constitutifs des **cires**

Estérification intramoléculaire possible (pour une molécule avec hydroxyl et acide carboxylique)

→ cires végétales (cutine) et animales



Cérides présents dans la cire d'abeille.
Estérification entre

- ✓ L'alcool myricyclique C₂₉H₅₉-CH₂OH
- ✓ L'acide palmitique C₁₅H₃₁-COOH

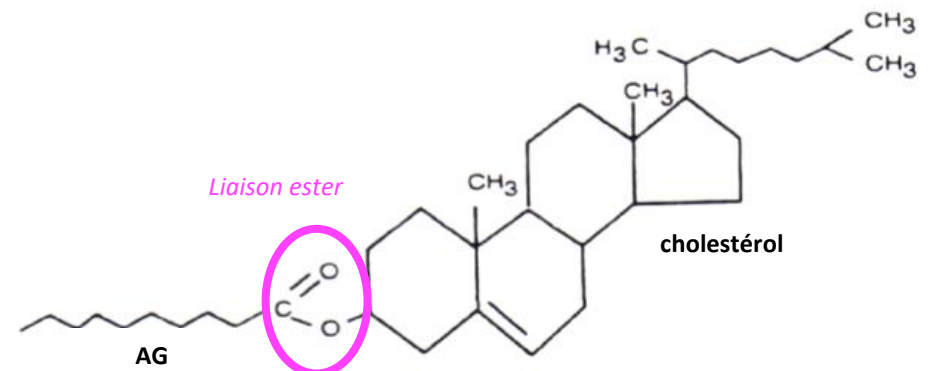


4. Stérides

Les **stérides** sont des **esters** qui résultent de l'estérification entre :

- l'oléol
- l'acide gras

Figure 17 : Un stéride, résultat de l'estérification cholestérol par un acide gras



SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

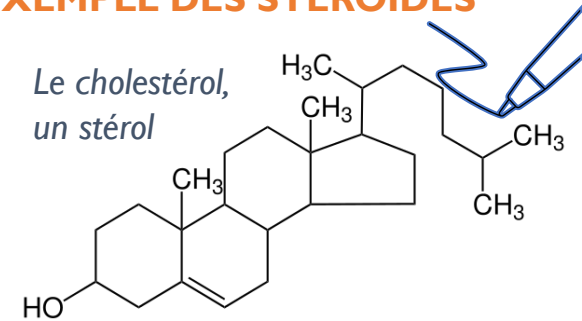
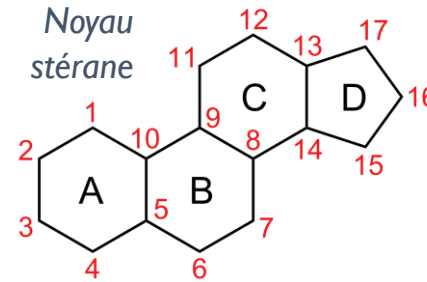
- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

I. LES LIPIDES : UNE FAMILLE HETEROGENE DE MOLECULES HYDROPHOBES OU AMPHIPHILES DE FAIBLE MASSE MOLECULAIRE

E. D'AUTRES MOLECULES DE NATURE LIPIDIQUE, NON SAPONIFIABLES : EXEMPLE DES STEROÏDES

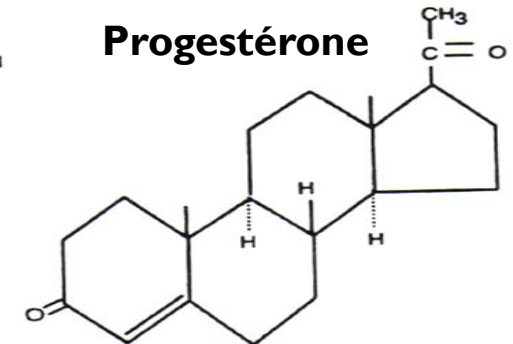
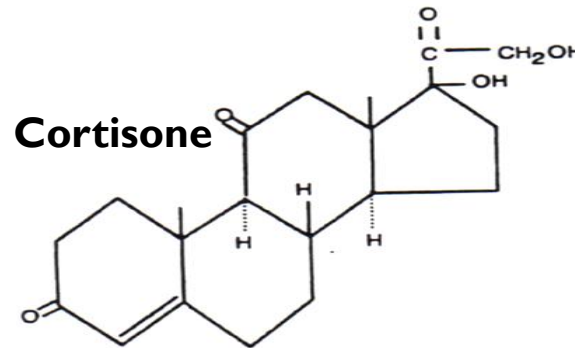
- **Stéroïdes** : (selon l'IUPAC) tous les lipides possédant un noyau stérane ou dérivant de celui-ci, notamment :

- Les stérols
- Les stérides
- Les hormones stéroïdiennes

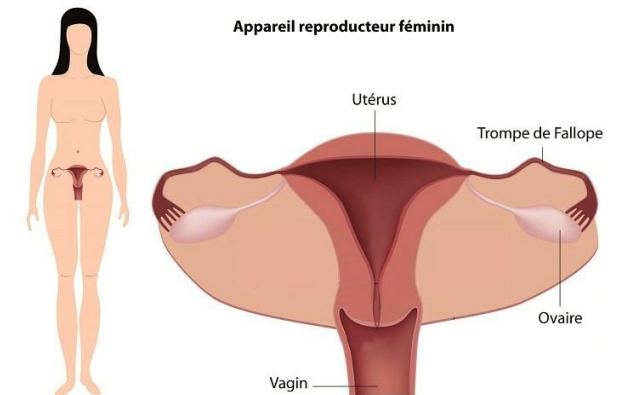
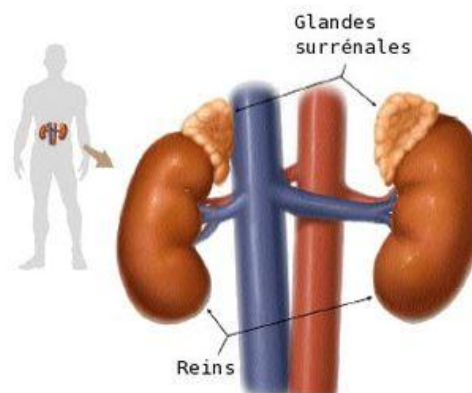


- Diversité des stérols

- Chez les animaux => zoostérols
- ✓ Ex : *cholestérol*
- Chez les végétaux => phytostérols
- Chez les eubactéries, pas de stérides



- **Hormones sexuelles** (œstrogène, progestérone et androgènes)
- **glucocorticoïdes** (cortisone et cortisol)
- **minéralocorticoïdes** (aldostérone).



SV-D-2-I Lipides

- I. Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire
 - A. Caractéristiques générales des lipides
 - B. De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool
 - C. Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol
 - D. Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol
 - E. D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes
 - F. L'isoprène et ses formés dérivées

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

F. L'ISOPRÈNE ET SES FORMES DÉRIVÉES, LIPIDES NON SAPONIFIABLES

4. Autres terpènes

- Terpènes végétaux :

- géraniol
- menthol
- camphre



- Terpènes animaux :

- Phéromones et hormones des hexapodes
- Diterpènes d'organismes aquatiques, cnidaires et spongiaires



pyrale du buis

Piège à phéromone de la pyrale du buis



SV-D-2-I Lipides

- I. *Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire*
 - A. *Caractéristiques générales des lipides*
 - B. *De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool*
 - C. *Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol*
 - D. *Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol*
 - E. *D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes*
 - F. *L'isoprène et ses formés dérivées*

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

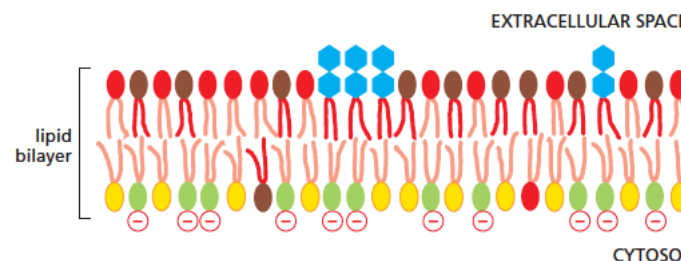
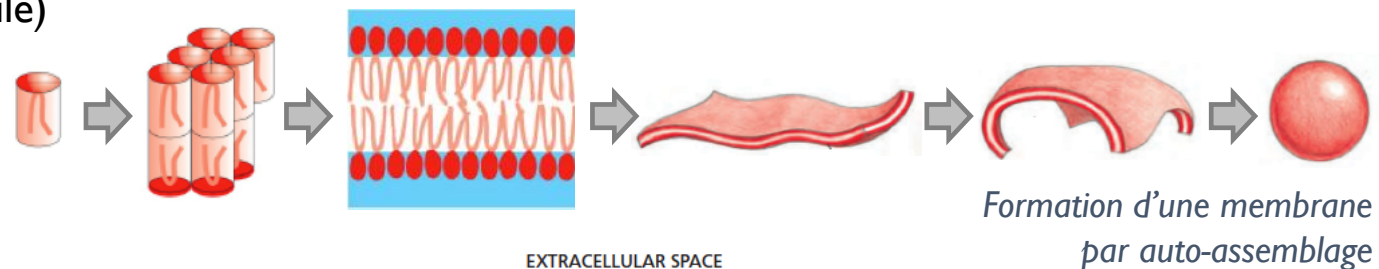
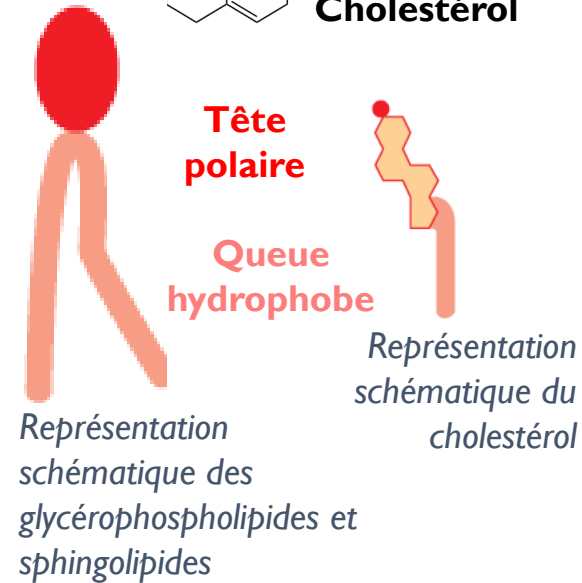
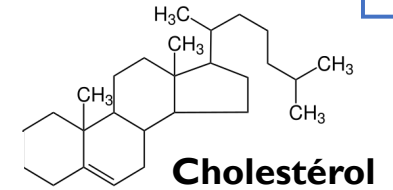
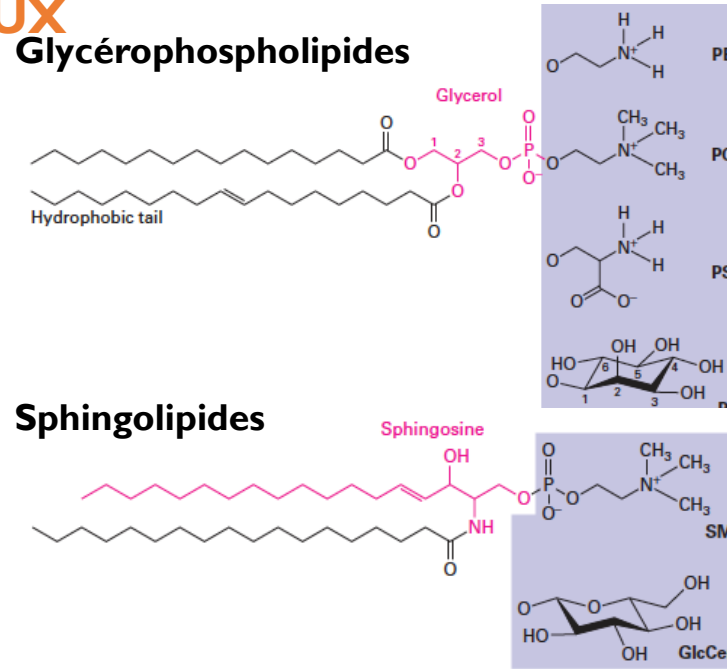


II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

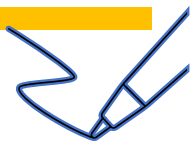
A. LES LIPIDES STRUCTURAUX

I. Les lipides, éléments fondamentaux dans l'organisation des membranes biologiques

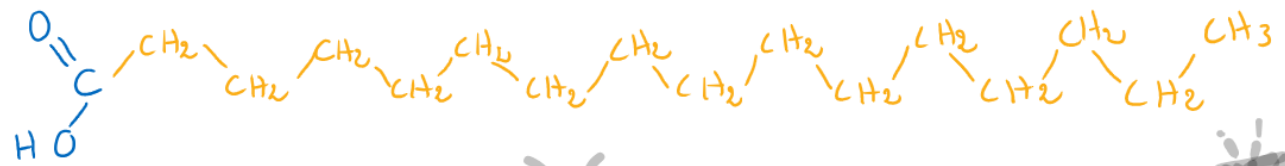
- Les **biomembranes** sont (en partie) constituées de **lipides** :
 - Glycérophospholipides
 - Spingolipides
 - Cholestérol
 - Glycolipides
- Tous ces lipides sont **amphiphiles** → **Autoassemblage** en bicouche lipidique puis en sphère creuse (cellule)
- Ces lipides sont en grande partie responsables des **propriétés** des membranes
 - Barrière hydrophobe isolante
 - Asymétrie
 - Fluidité (insaturation et cholestérol)



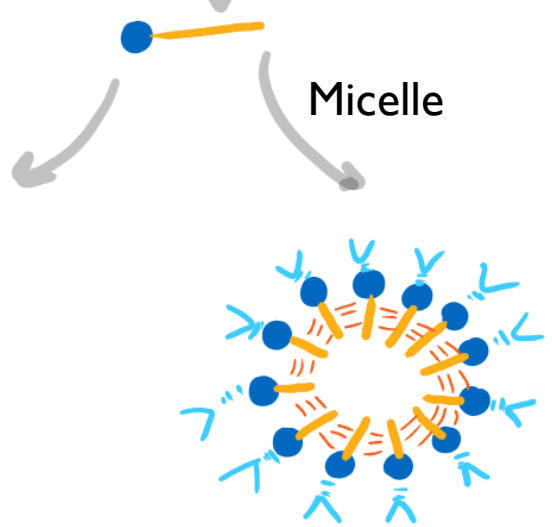
Asymétrie de la membrane



Acides gras



Milieu aqueux



Micelle

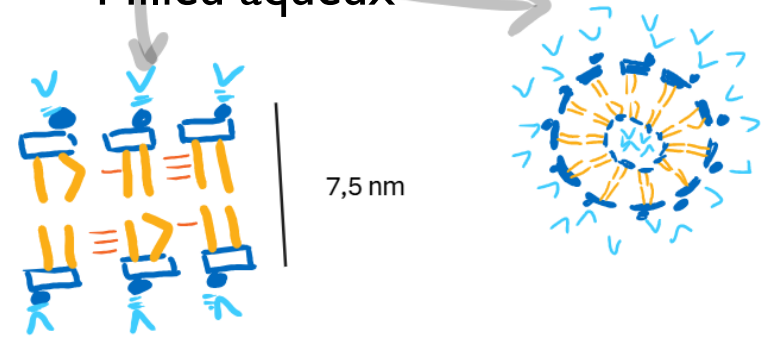
Les queues hydrophobes interagissent via les liaisons VdW



Les têtes hydrophiles établissent des liaisons H avec H2O

Lipides plus complexes

Milieu aqueux



7,5 nm

Bicouche

Bicouche refermée: liposome

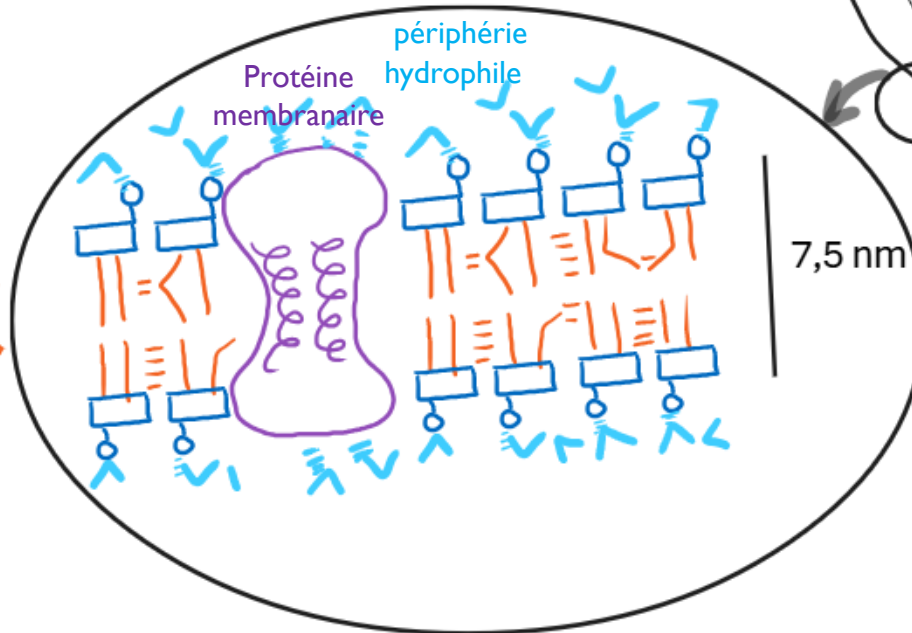
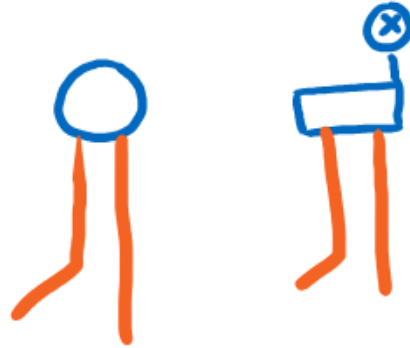
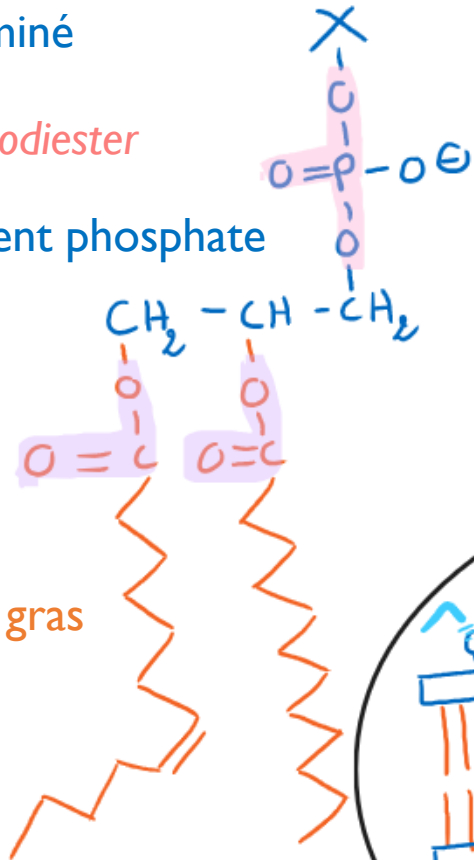
Alcool aminé
variable
phosphodiester

Groupe phosphate
Glycérol

ester

2 acides gras

X: sérine, éthanolamine, choline, inositol



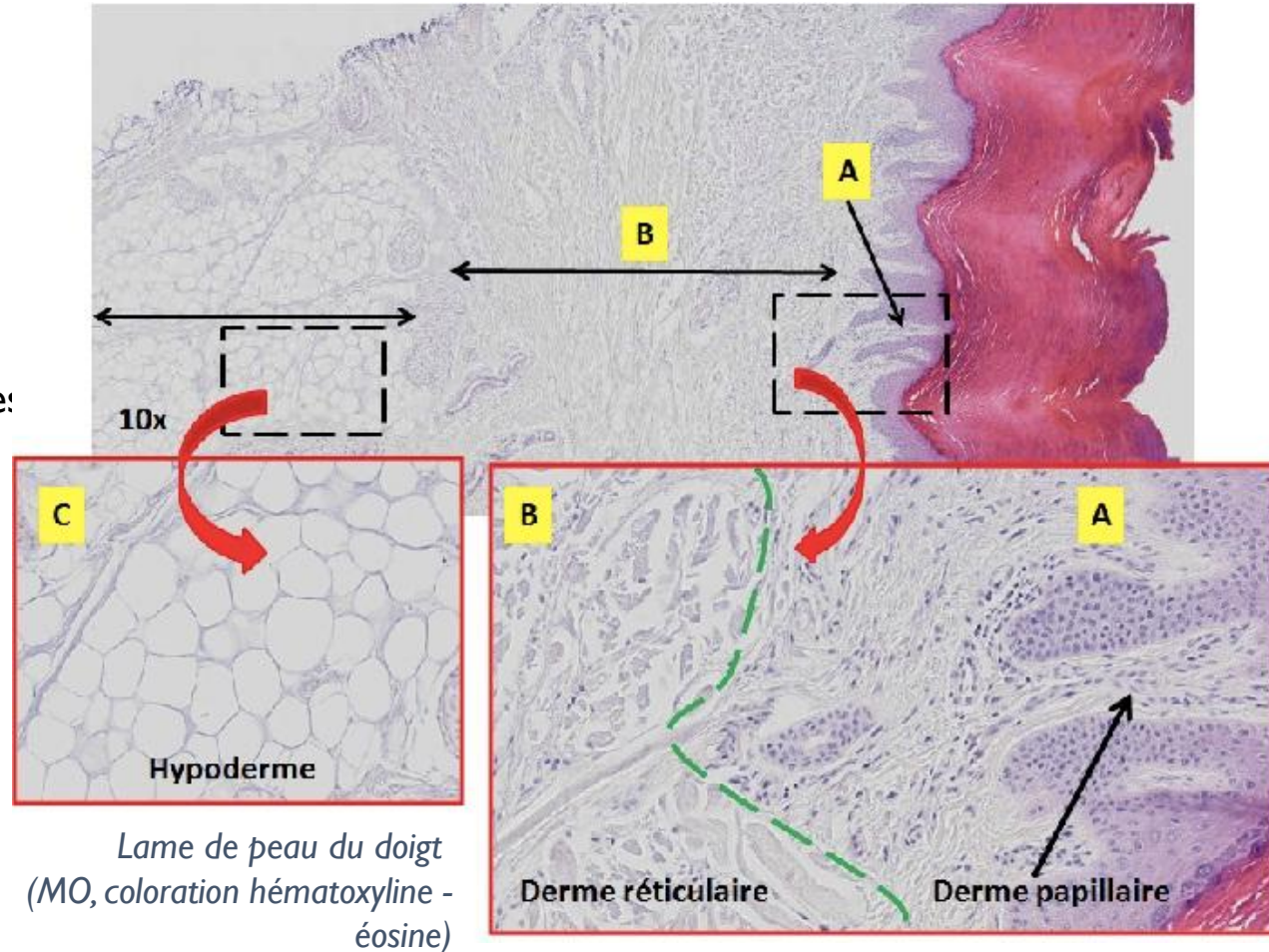
Membrane cellulaire: bicouche phospholipidique amphiphile

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

A. LES LIPIDES STRUCTURAUX

2. Lipides à rôle protecteur

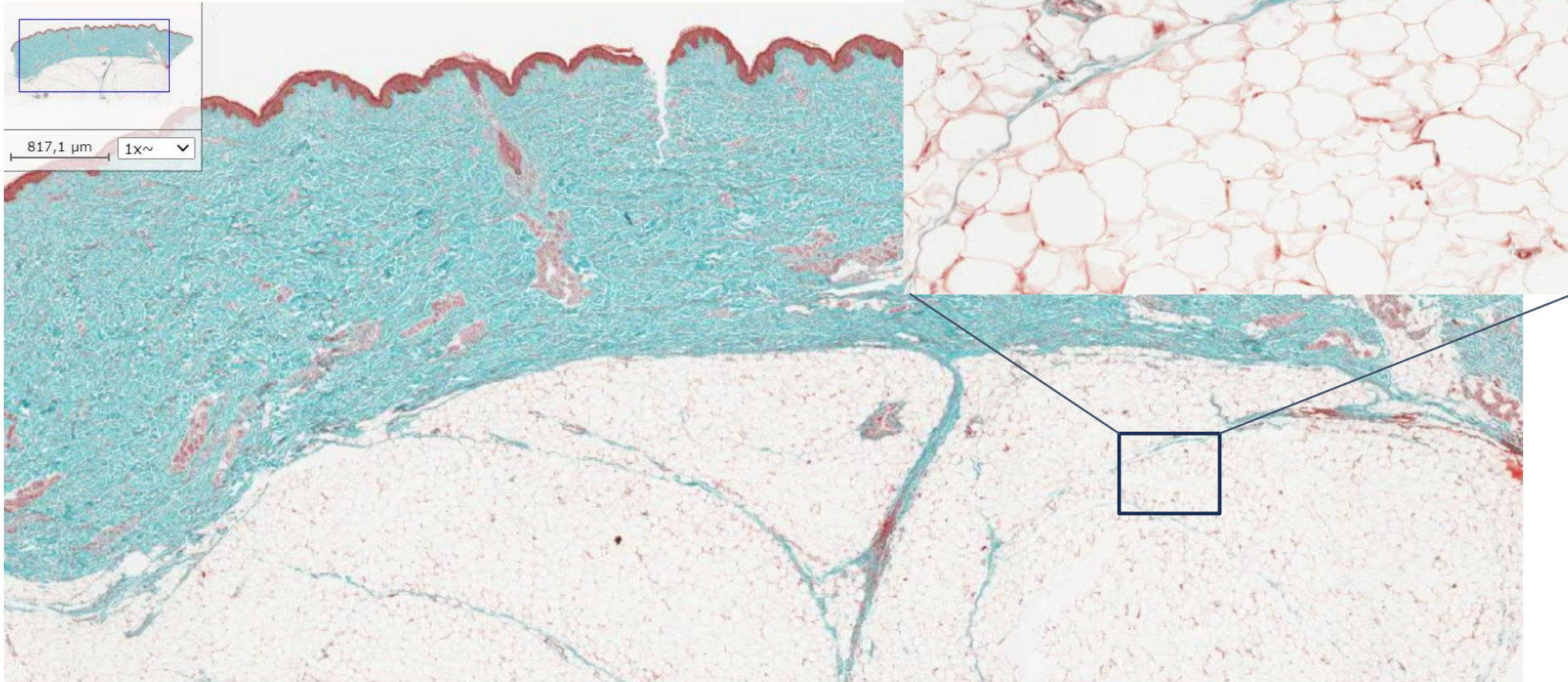
- Chez les **animaux** :
 - TAG des adipocytes sous-tégumentaires → **protection mécanique**
 - Cérides des téguments (imprégnation des poils, des plumes) → **impermeabilité**



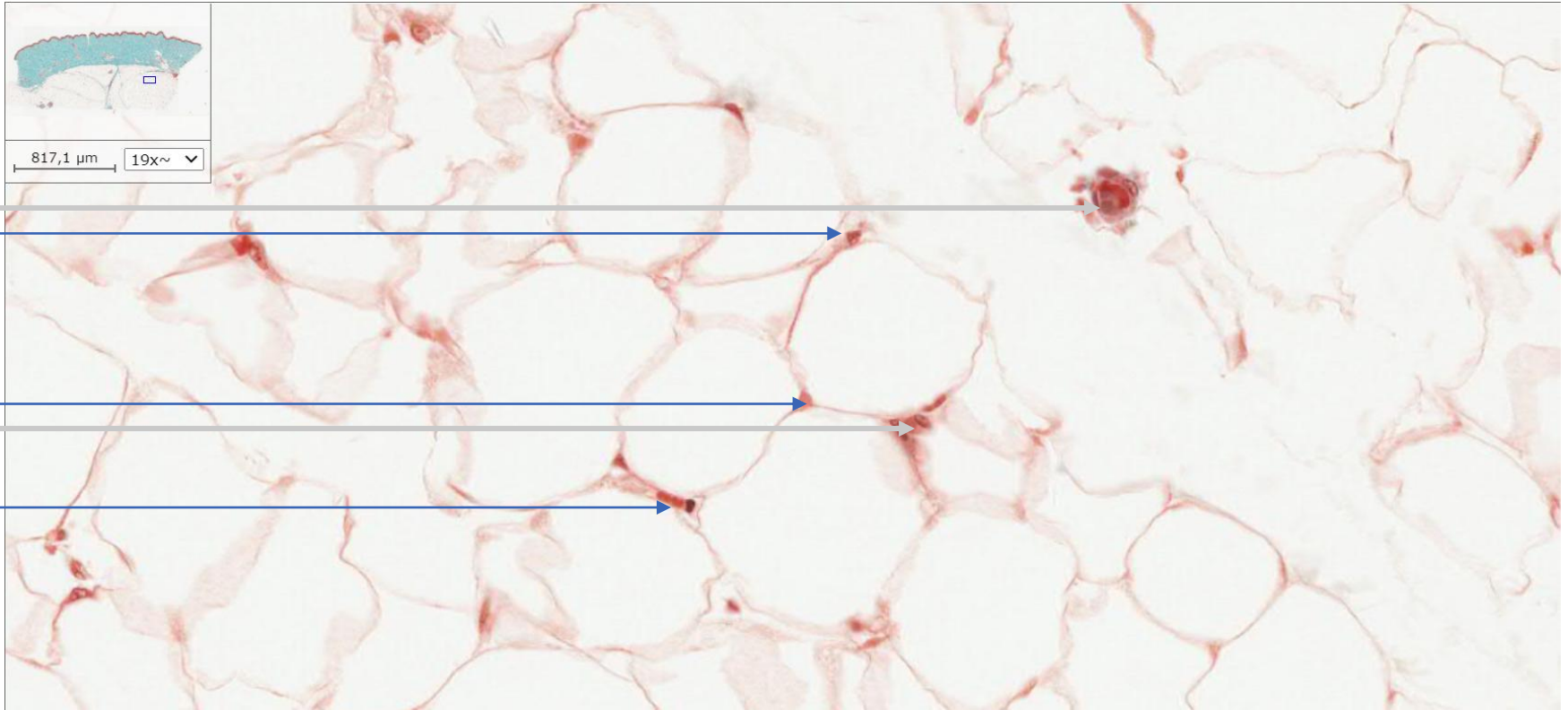
- Chez les **végétaux**
: cérides des cuticules épidermiques foliaires
→ **impermeabilité**



COUPE DE PEAU ABDOMINALE HUMAINE COLORATION TRICHROME DE MASSON



COUPE DE PEAU ABDOMINALE HUMAINE COLORATION TRICHROME DE MASSON



capillaire

Noyau d'adipocyte

Noyau d'adipocyte

capillaire

Noyau d'adipocyte

150 µm

SV-D-2-I Lipides

- I. *Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire*
 - A. *Caractéristiques générales des lipides*
 - B. *De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool*
 - C. *Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol*
 - D. *Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol*
 - E. *D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes*
 - F. *L'isoprène et ses formés dérivées*

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

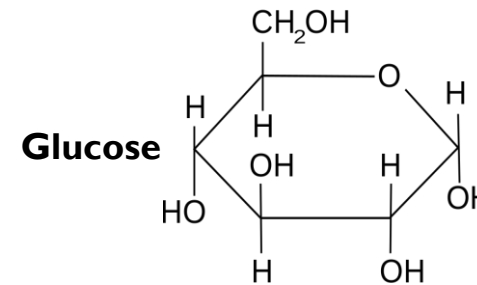
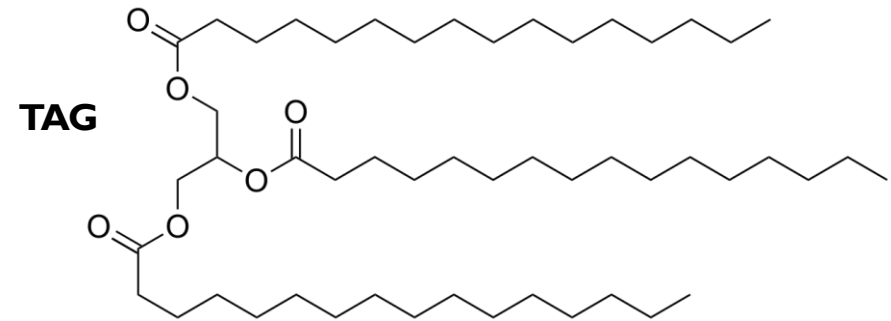


B. LES LIPIDES ET LEUR RÔLE DANS LE MÉTABOLISME

I. Haut potentiel énergétique

- Les TAG sont des molécules fortement réduites (chaîne hydrogénéocarbonée)
- Les TAG ont donc un fort pouvoir réducteur
 - libération d'énergie par oxydation
 - haut potentiel énergétique
- Dans les TAG tout est utilisable :
 - AG → hélice de Lyden dans les mitochondries
 - Glycérol → rejoint la glycolyse (cytoplasme)

Comparaison du niveau de réduction d'un TAG et du glucose



1 kcal =
4,184 kJ

Comparaison de l'énergie potentielle de 3 types de biomolécules

Types de biomolécules	Kcal/l g
Lipides	9
Glucides	4
Protides	4

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

B. LES LIPIDES ET LEUR RÔLE DANS LE MÉTABOLISME

2. Rôle de réserve (animaux)

- Les **graisses** (TAG) des animaux sont une bonne forme de réserve car :
 - Ils ont un haut potentiel énergétique
 - Leur accumulation est compacte
 - Ils ne **modifient pas le potentiel osmotique des cellules**
 - **Stockage dans des vésicules** (sans changement de taille notable de la taille de la cellule)
- Chez les animaux, le stockage se fait :
 - Dans les tissus adipeux (blanc et brun)
 - Dans le foie (cf. foie gras)

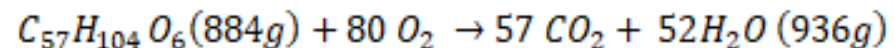


L'ours blanc stocke des lipides pour pouvoir produire de la chaleur pendant l'hiver.

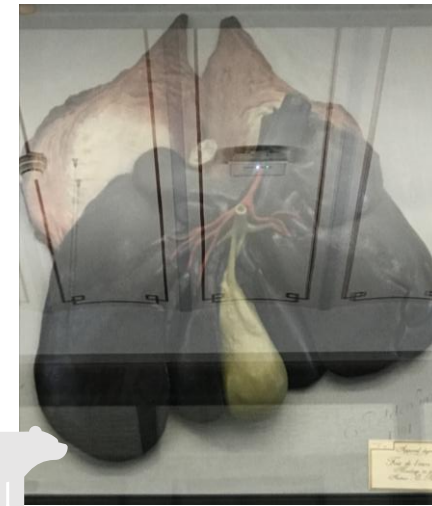
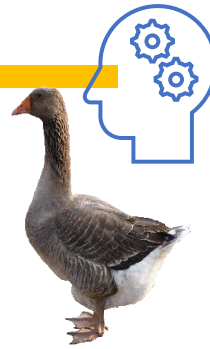


Les bosses des camélidés sont pleines de lipides. Leur oxydation respiratoire libère de l'eau utilisable par l'animal en période de sécheresse → adaptation à la vie en milieu aride.

1 mol de trioléine → 1 L d'eau !!!



L'Oie grise du Périgord stocke des lipides dans son foie ; c'est le foie gras

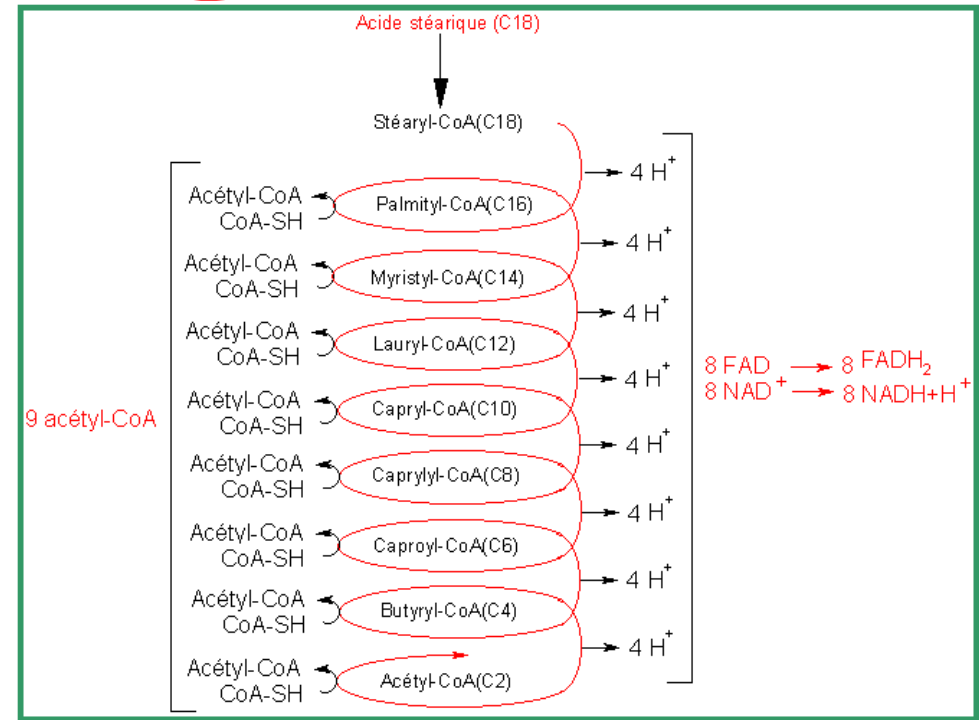
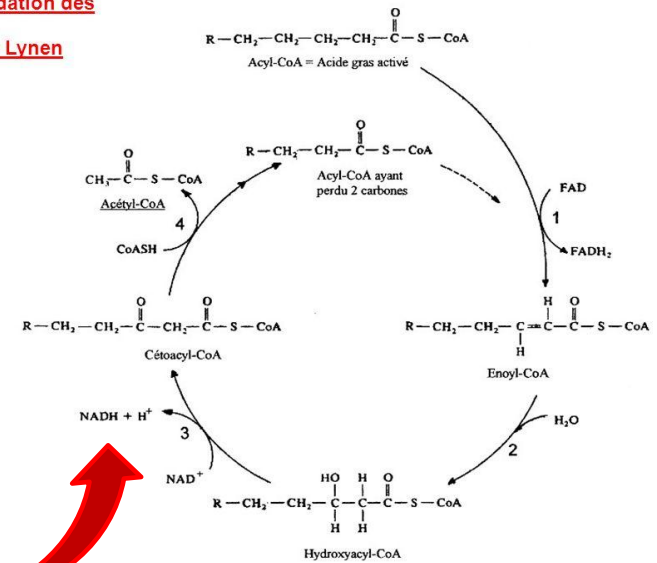
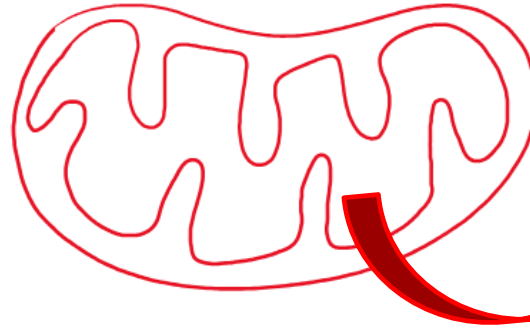


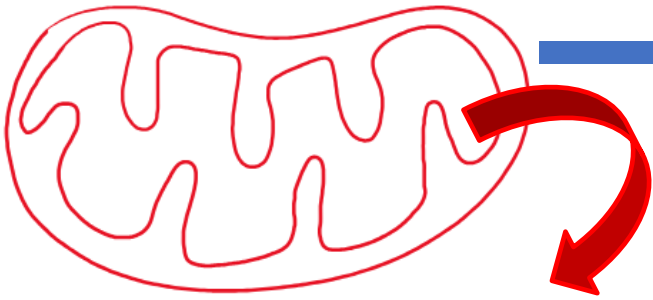
II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

B. LES LIPIDES ET LEUR RÔLE DANS LE MÉTABOLISME

2. Rôle de réserve

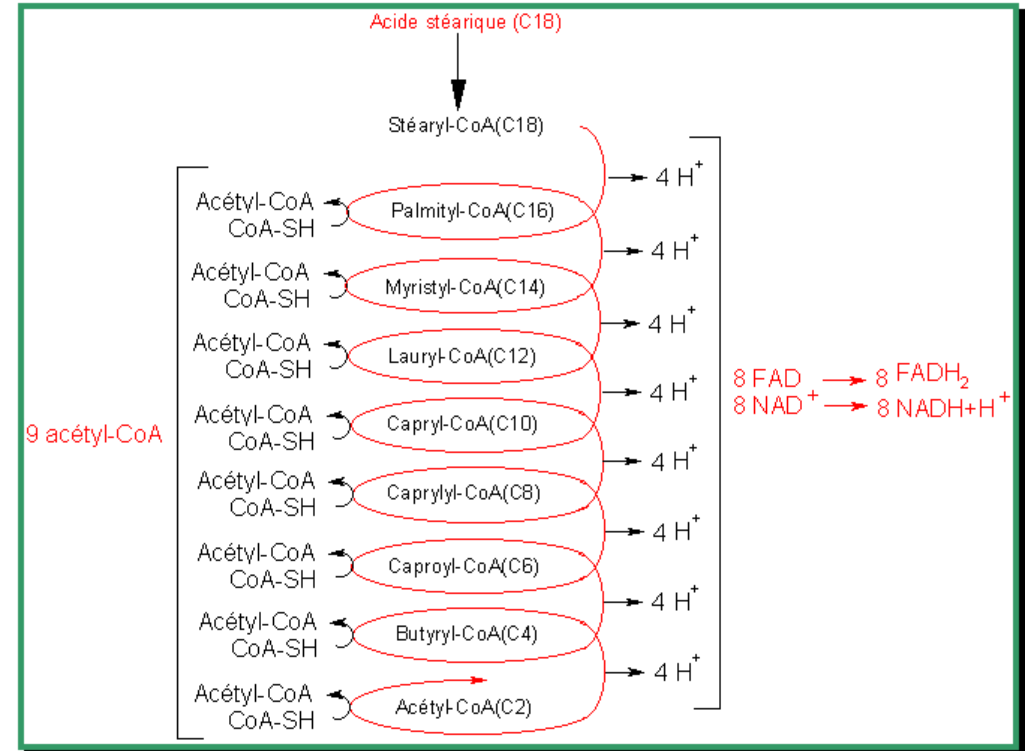
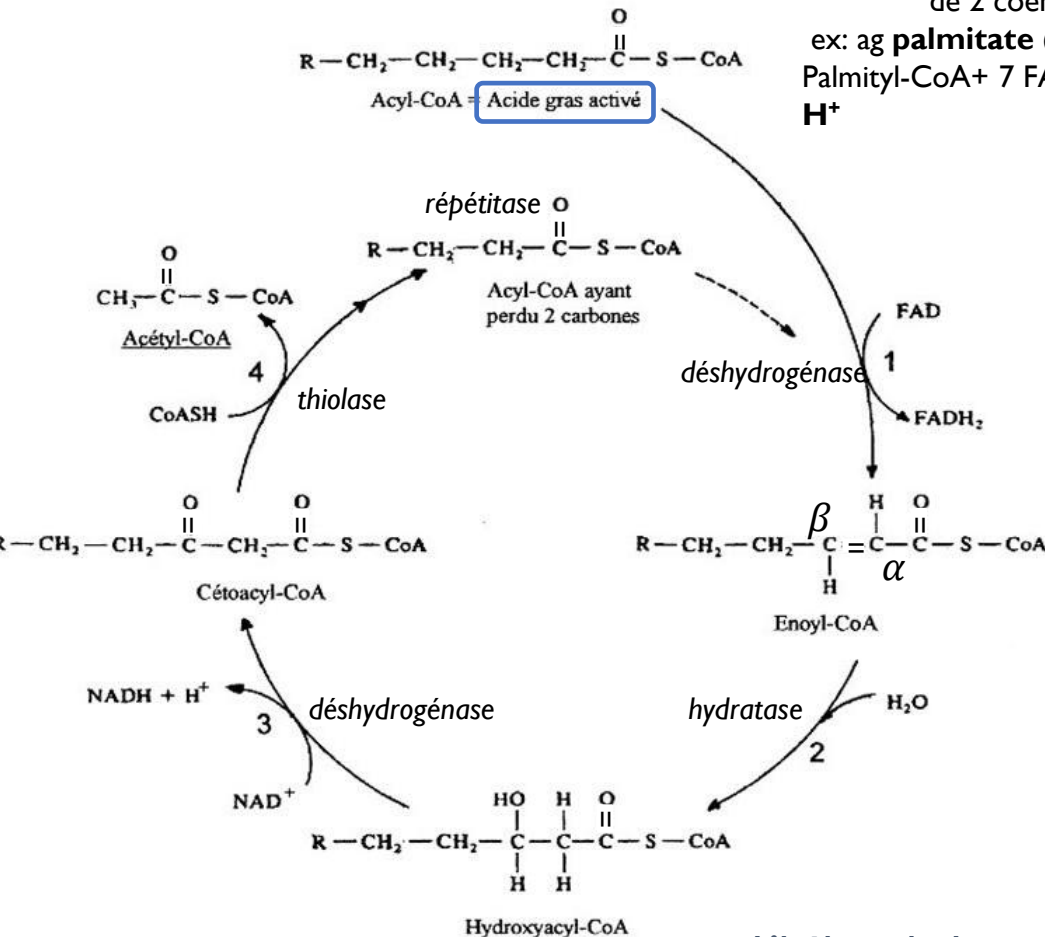
- Ces réserves servent à produire :
 - de l'ATP
 - de la chaleur
 - de l'eau
- En période de jeûne, les triglycérides des adipocytes hydrolysés par **lipase** suite à un signal hormonal
 - Lipase ⇨ séparation des acides gras du glycérol
 - Oxydation des acides gras = plusieurs étapes
- 1. **bêta-oxydation** dans **mitochondrie**
- 2. **Production de pouvoir réducteur (FADH₂ et NADH, H⁺)**
- 3. **Synthèse d'ATP via chaîne respiratoire de mb interne mitochondriale**
- $C_nH_{2n} + (3n/2) O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O + \text{formation d'ATP en grandes quantités}$
- Utilisation : chandelle (suif)



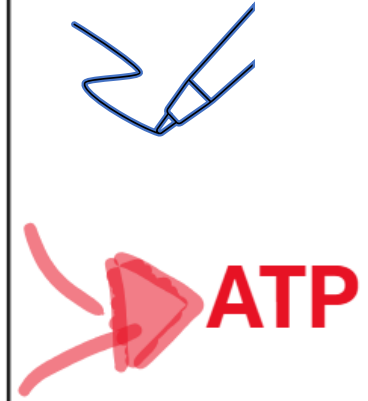
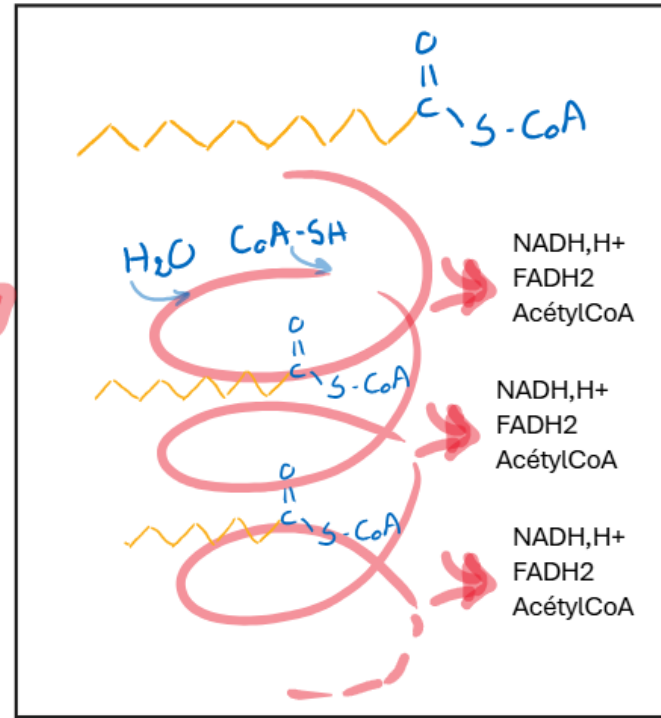
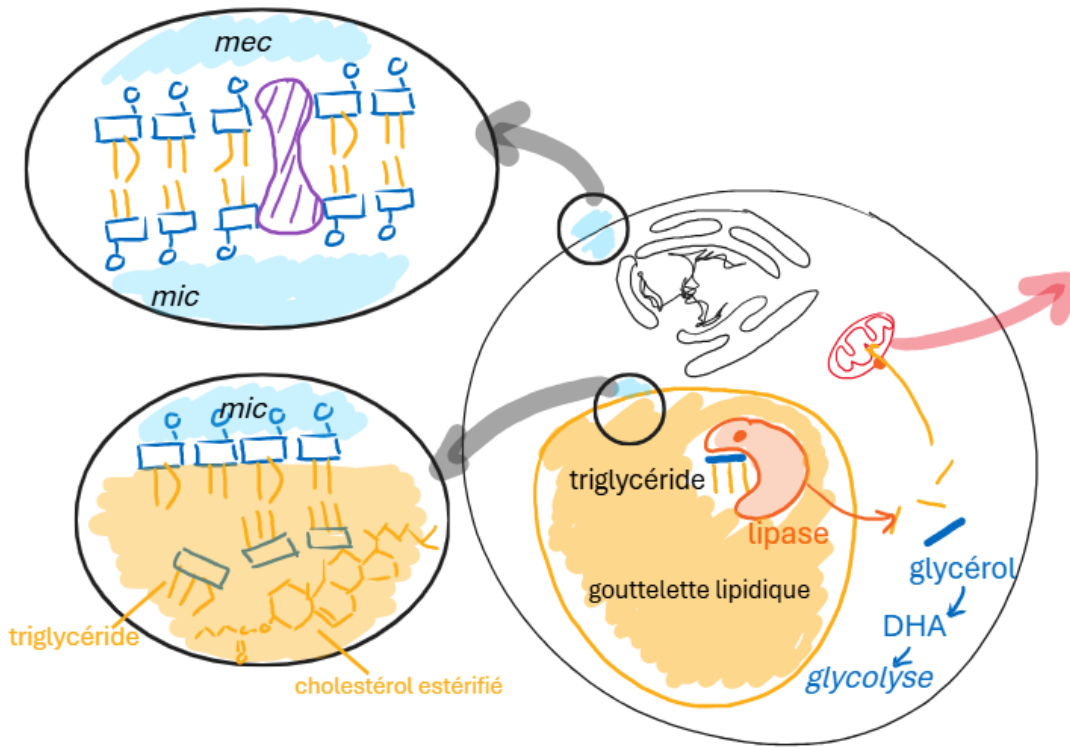


- matrice mitochondriale, à chaque tour d'hélice de Lypen
 - ↳ raccourcissement du squelette carboné deux atomes de carbone (acétyl-CoA) + réduction de 2 coenzymes

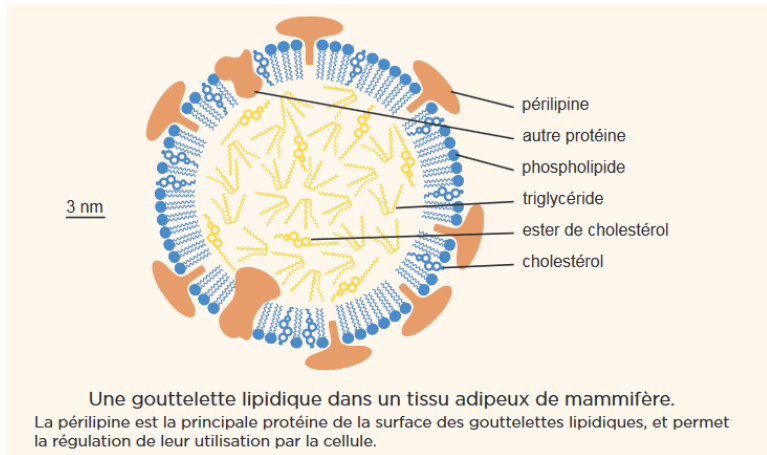
ex: ag **palmitate (C16)** → **8 acétyl-CoA** avec **7 tours d'hélice de Lypen**
 $\text{Palmityl-CoA} + 7 \text{ FAD} + 7 \text{ NAD}^+ + 7 \text{ CoASH} + 7 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 8 \text{ acétyl-CoA} + 7 \text{ FADH}_2 + 7 \text{ NADH} + 7 \text{ H}^+$



L'hélice de Lypen est une succession d'oxydations dans la matrice mitochondriale

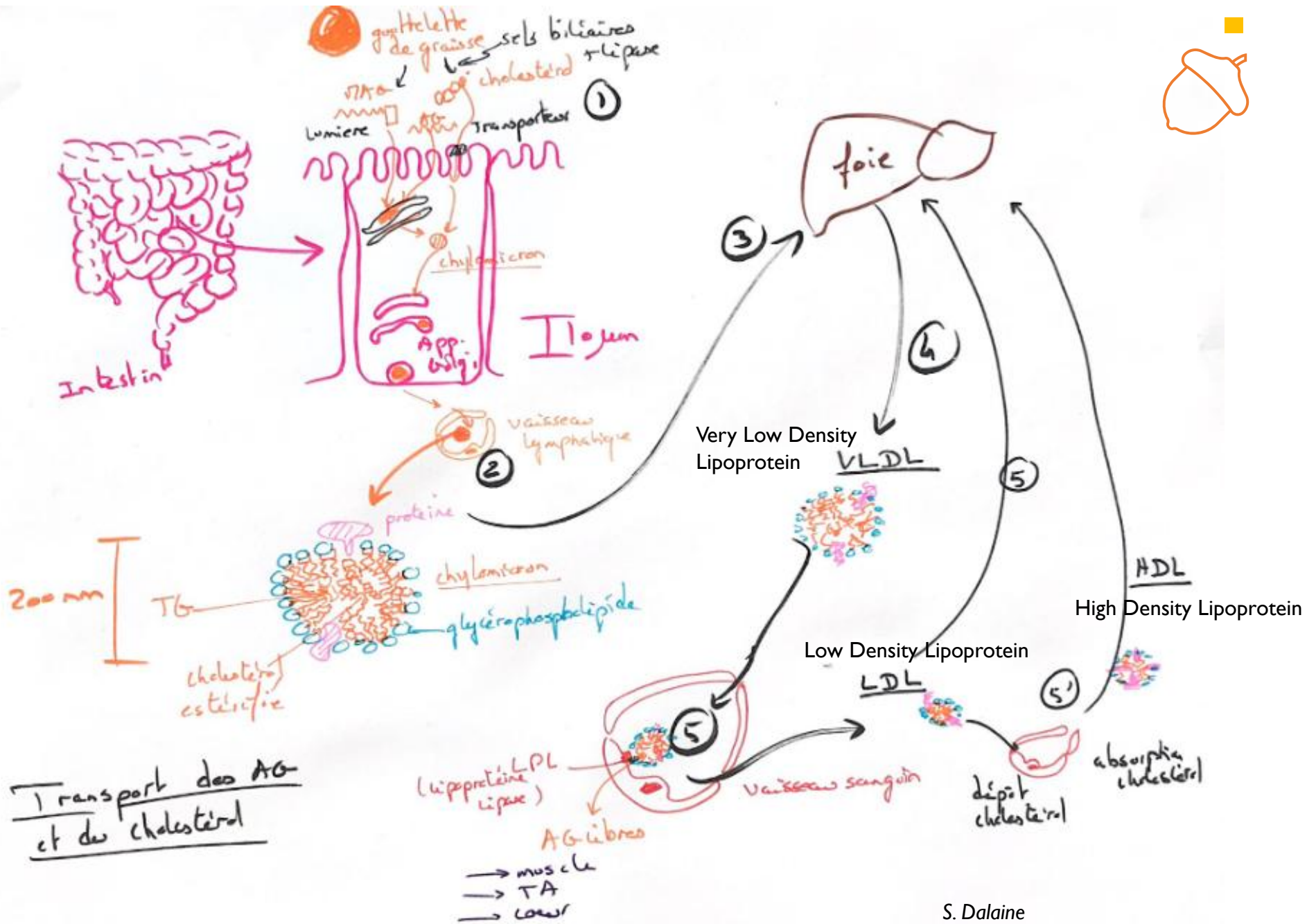


Adipocyte



Les lipides et leur rôle de réserve, exemple de l'adipocyte (S. Dalaine)

D'après J'intègre Dunod ed 2021



II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

B. LES LIPIDES ET LEUR RÔLE DANS LE MÉTABOLISME



3. Rôle de réserve (végétaux)

- Chez les végétaux, réserves sous forme de TAG riches en **AG insaturés**
- Réserves dans :
 - Les **graines oléagineuses**
 - Certains **fruits**
- Utilisation : production **d'huiles**



Graines oléagineuses



Avocat



Olives et huile



Fruit du palmier et huile de palme

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

B. LES LIPIDES ET LEUR RÔLE DANS LE MÉTABOLISME



4. Outils moléculaires

- Certains lipides assurent des fonctions essentielles pour le métabolisme cellulaire :
 - **coenzymes** :
 - ✓ vitamines
 - ✓ transporteurs d'électrons et de protons (ubiquinone, plastoquinone)
 - **pigments photosynthétiques** (chez les végétaux) :
 - ✓ carotènes
 - ✓ xanthophylles



Les vitamines liposolubles sont des cofacteurs

Les carotènes et les xanthophylles, pigments photosynthétiques, également responsables des couleurs des végétaux



SV-D-2-I Lipides

- I. *Les lipides : une famille hétérogène de molécules hydrophobes ou amphiphiles de faible masse moléculaire*
 - A. *Caractéristiques générales des lipides*
 - B. *De nombreux lipides sont des esters d'acides gras et d'alcool*
 - C. *Les glycérophospholipides, dérivés du glycérol*
 - D. *Les autres lipides vrais non estérifiés avec le glycérol*
 - E. *D'autres molécules de nature lipidique non saponifiables: les stéroïdes*
 - F. *L'isoprène et ses formés dérivées*

II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

- A. Les lipides structuraux
- B. Les lipides et leur rôle dans le métabolisme
- C. Les lipides molécules « signal » de communications inter et intracellulaires

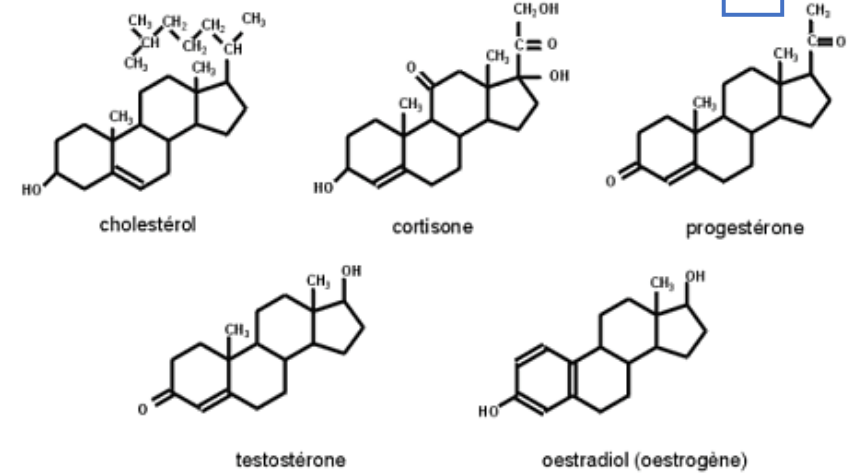
II. Les lipides jouent des rôles divers au sein du vivant

C. LES LIPIDES, MOLECULES « SIGNAL » DE COMMUNICATIONS INTER ET INTRACELLULAIRES



I. Hormones stéroïdiennes

- Les **hormones stéroïdiennes** sont des **messagers** qui transportent des messages entre les cellules
- Elles interviennent dans les voies de signalisation liées à la reproduction, la réponse au stress...

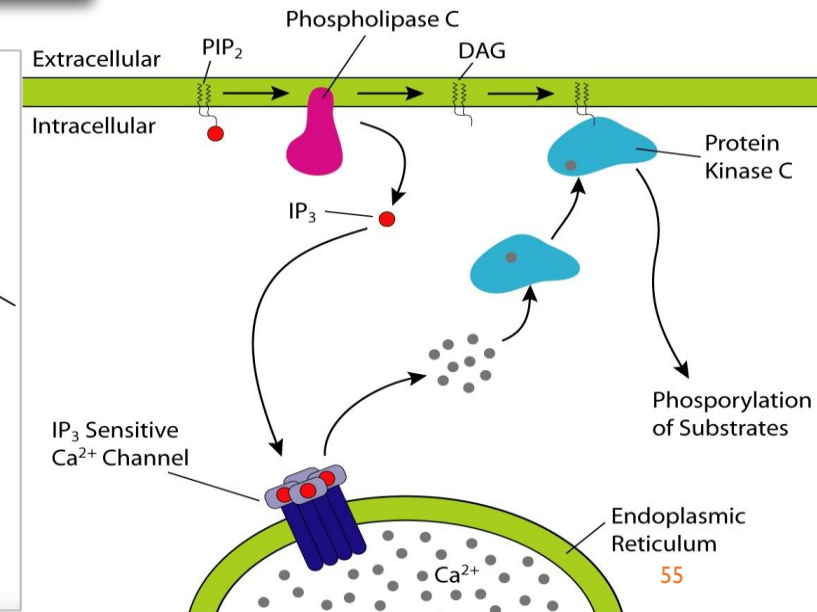
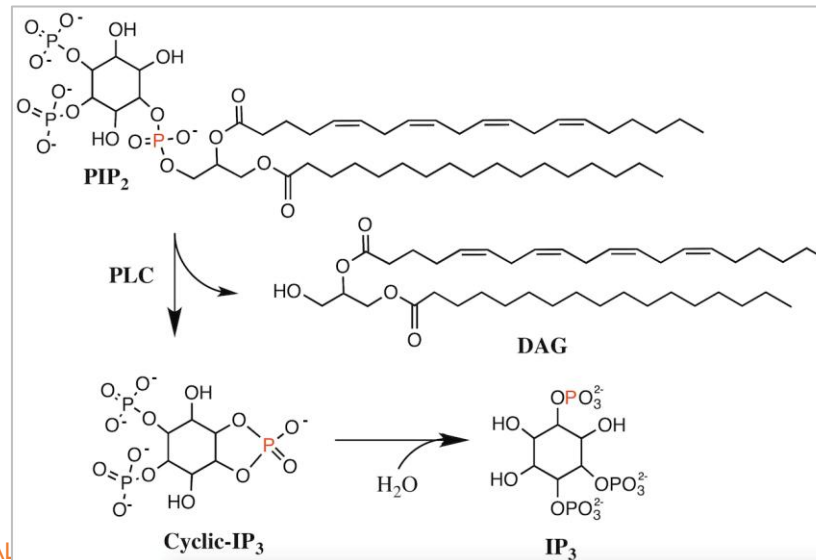


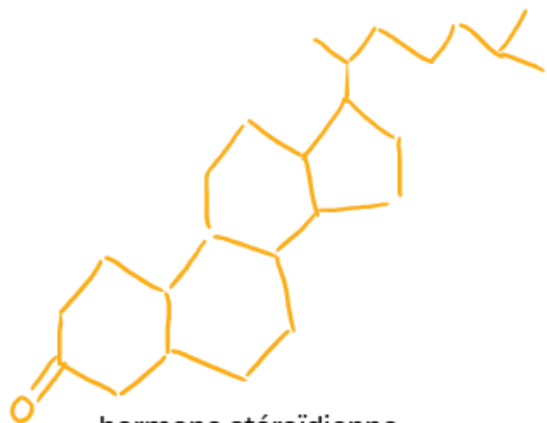
2. Second messenger intracellulaire

Cf SV-C

- Le **DAG** est un **second messenger** courant dans les cellules

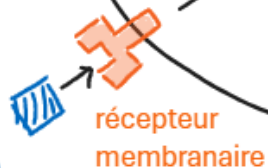
Ex : réponse inflammatoire





hormone stéroïdienne
dérivée du cholestérol
(oestradiol, progestérone,
testostérone, cortisone)

hormone
hydrophile
(ex: insuline)



activation d'un récepteur
membranaire

diffusion simple à travers
la membrane



hormone
liposoluble

récepteur cytosolique

activation de la
transcription

activation de messagers
en cascade

2nd messenger
réponse physiologique

Cellule cible de deux hormones (liposoluble, hydrophile)

Mode d'action d'une hormone stéroïdienne, liposoluble

BILAN

Structure ?

Groupe hétérogène.
Seul point commun : ce sont des molécules hydrophobes (insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires)

Fonctions ?

- Structure
- Réserve
- Signalisation

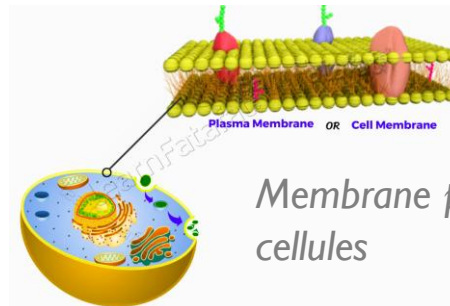
Lipides = corps gras

Où les trouve-t-on ?

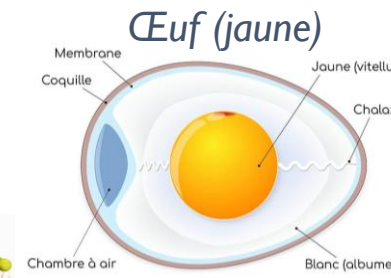
Graines oléagineuses (« noix » au sens large)



Certains fruits (olives)



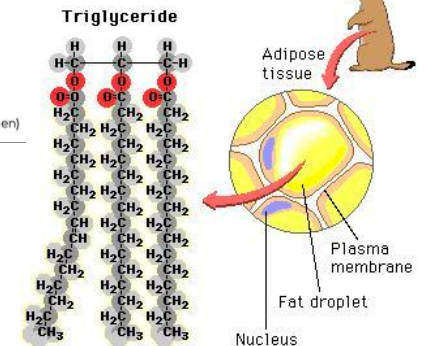
Membrane plasmique des cellules

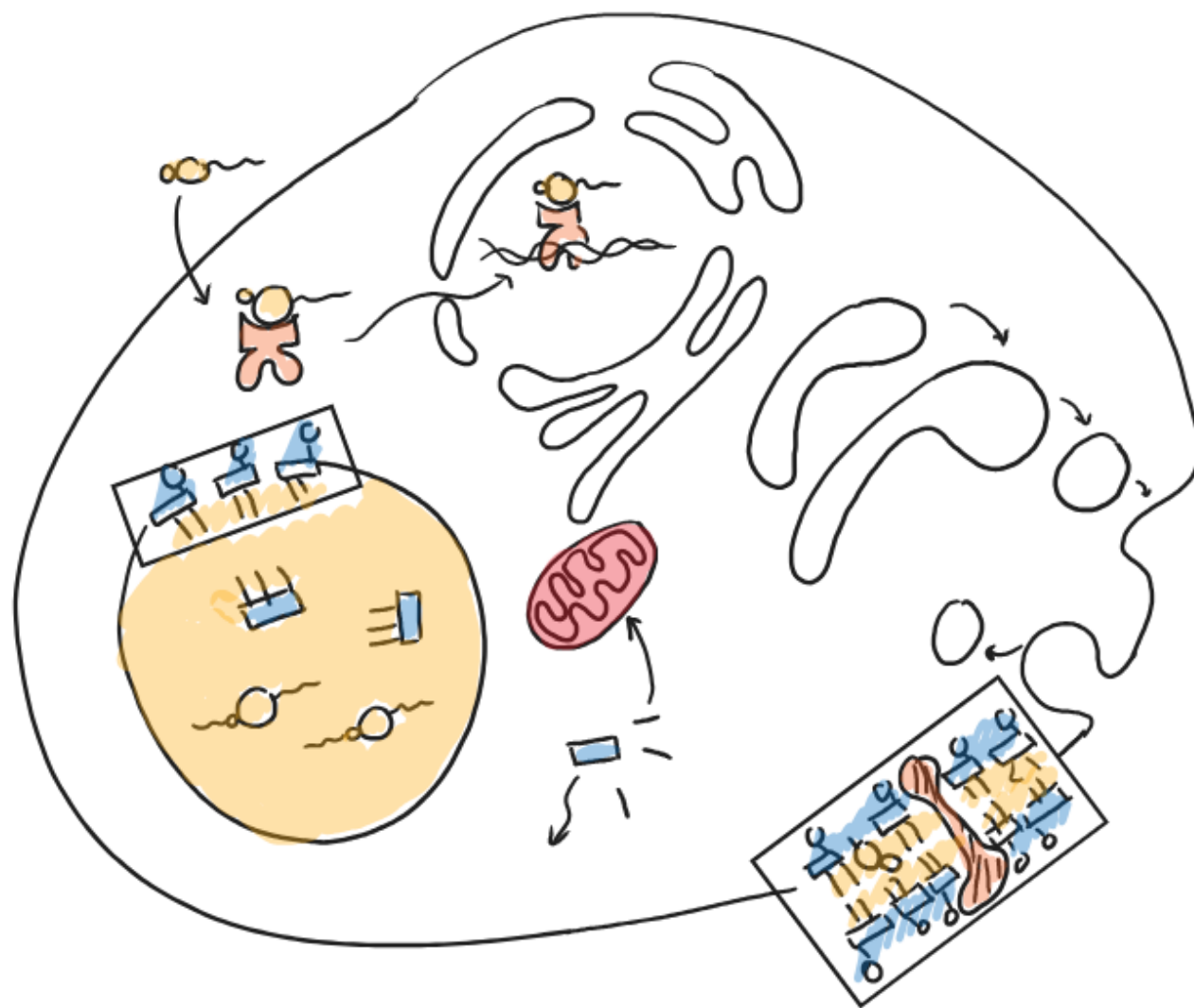


Dérivés du cholestérol (stéroïdes)



Tissus adipeux des animaux

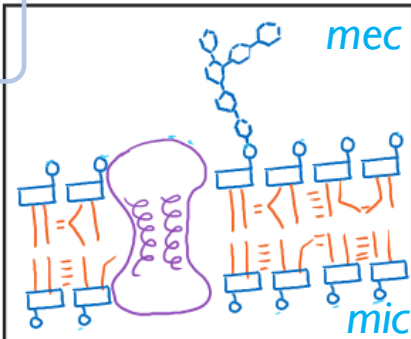




Lipides informationnels

Glycocalyx

PIP₂ → IP₃ + DAG



Hormones stéroïdiennes

Lipides et réserves énergétiques

Triglycérides et leur modalité de stockage

Glycérol et glycolyse => énergie

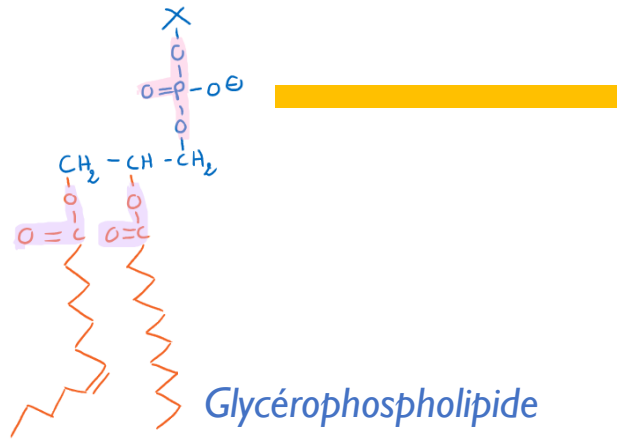
Acides gras activés et production d'ATP (hélice de Lypen mitochondriale)

Fluidité membranaire et son contrôle

renouvellement

Lipides structuraux

LES LIPIDES CELLULAIRES



SUJETS D'ORAUX

- Les fonctions biologiques des lipides
- Les lipides membranaires
- Les lipides et leur rôle énergétique

SV-D-2-I Lipides

BILAN

Catégorie	Type	Détails	Fonctions	
Lipides vrais	Triglycérides	Acides gras + glycérol	Réserves animales et végétales, métabolisme énergétique	
	Glycérophospholipides	Esters Acides gras + glycérol + phosphate + X	Constituants membranaires	
	Cérides	Acide gras + alcool gras	Protection et imperméabilisation	
	Stérides	Acide gras + stérol	Protection	
	Sphingolipides	Amides	Acide gras + sphingosine + X	Constituants membranaires
	Glycolipides		Acide gras + sphingosine + oses	Constituants membranaires chez les animaux
Lipoïdes	Stéroïdes	Stérols	Ex : Cholestérol Constituant membranaire	
		Hormones stéroïdiennes	Ex : Œstrogènes Messagers hormonaux	
	Terpènes	Ex : Pigments photosynthétiques (caroténoïdes) Conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique : photosynthèse		
		Ex : phéromones Communication animale et reproduction		
		Ex : Vitamines Métabolisme		

LIPIDES VRAIS

= Acides gras et esters* d'acides gras

ACIDES GRAS

+ Alcool*

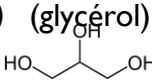

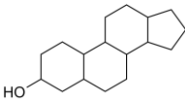
Ac. carboxylique à longue chaîne
hydrogénocarbonée
Nombre de C pair
Apolaire (insoluble dans l'eau)

- Saturés
- Insaturés
 - Poly-insaturés
 - Mono-insaturés

ESTERS* D'ACIDES GRAS

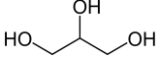
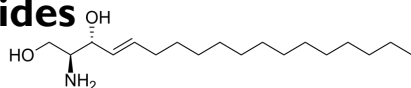
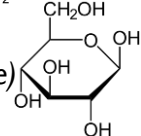
Lipides simples = homolipides

Fait de C, H, O

- **Glycérides**
(=glycérolipides) 
- **Cérides** (alcool gras) 
- **Stérides** (stérol) 

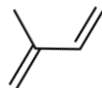
Lipides complexes = hétérolipides

Fait de C, H, O + N, P, S, ose

- **Phosphoglycérolipides**
(=phosphoglycérines) 
- **Sphingolipides**
(sphingosine) 
- **Glycolipides** (ose) 

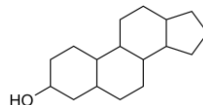
LIPOÏDES

Isoprénoides
polymères d'unités isoprènes



BCPST1 - ENCPB - STÉPHANIE DALAINE

- Terpènes
- Stéroïdes



**Autres
lipoides**

* Exception: Les sphingolipides et des glycolipides sont des amides (et non des esters), formés par réaction des AG avec une amine (et non un alcool)

