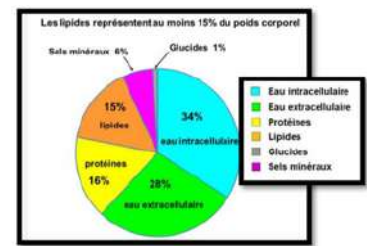


/!\ Fiche pas complète, en attente des nouvelles vidéos du prof

Les lipides

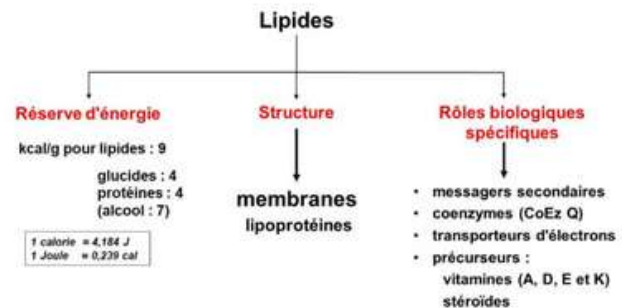
I - Introduction

Chez une personne normale les lipides représentent au **moins 15% du poids corporel**



II - Fonctions

Les lipides possèdent une **large diversité** au niveau de leurs **structures** et de leurs **fonctions**



1 - Réserve d'énergie

Le stockage au niveau du tissu adipeux est **beaucoup moins limité que pour le stockage de sucre**. Le tissu adipeux peut **augmenter son volume** et ainsi **stocker beaucoup de lipides**. Un **excès** de stockage peut néanmoins conduire à **l'obésité**.

2 - Structure des membranes/lipidiques

Les lipides jouent un rôle important dans la **structure des membranes cellulaires** et des **substances circulantes** comme **les lipoprotéines**.

3 - Rôles biologiques spécifiques

Les lipides pourront agir comme des **messagers secondaires**, des **coenzymes** ou encore des **transporteurs d'électrons**. Également, ils serviront de **précurseurs à la synthèse de vitamines** ou de **stéroïdes**.

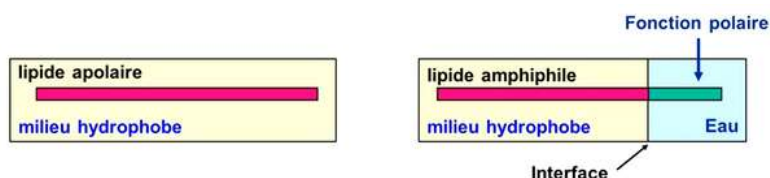
III - Généralités

Les lipides forment un groupe **extrêmement hétérogène** de molécules organiques définies par leur caractère pouvant être **hydrophobe** ou **amphipatique** (= une partie hydrophobe et une hydrophile). Ils sont principalement **constitués de Carbone, Hydrogène et Oxygène**.

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

Les lipides peuvent être :

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



IV - Classification des lipides

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

- Les **lipides Simples** (constitués de C, H et O)
- Les **lipides Complexes** constitués de C, H et O + de **Phosphore, N (azote), S (soufre), ou d'oses** :

- Les **glycérophospholipides**
- Les sphingolipides phosphatés : les **sphingophospholipides**
- Les sphingolipides non phosphatés : les **glycosphingolipides**

Les lipides simples

Acides gras	Chaînes aliphatiques (=linéaire) saturées ou non
Stéroïdes	Molécule non-glycérides avec une structure polycyclique
Glycérides	Esters d' acides gras (saturés ou non) avec un alcool glycérol
Cérides	Esters d' acides gras avec un alcool « gras » (à longue chaîne) molécule non-glycérides

I - Les acides gras

Les acides gras sont des **acides monocarboxyliques** R-COOH où R est une **chaîne aliphatique** :

- De longueur **variable, minimum 4 C**
- Plus **fréquemment** composé de **14 à 22 C**
- Responsable du **caractère hydrophobe** de la molécule

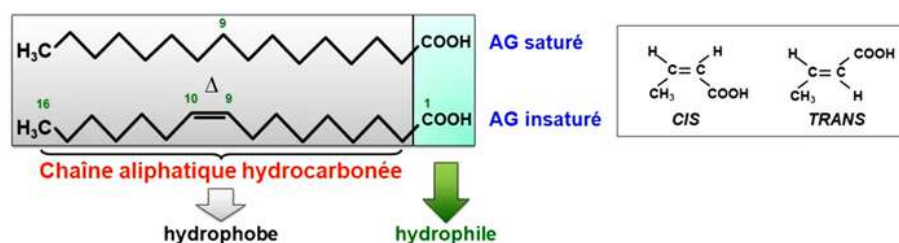
Chaîne aliphatique saturée : 0 double liaison

Chaîne aliphatique insaturée : double(s) liaison(s)

+++

La plupart des Acides gras naturels possèdent **plusieurs caractéristiques** :

- Ils sont **monocarboxyliques** : correspond à la partie **hydrophile**
- Possèdent une **chaîne aliphatique** avec en général un **nombre PAIR de carbones** : partie **hydrophobe**
- Selon la **longueur** de la **chaîne aliphatique**, les acides gras peuvent être **amphiphile** (chaîne courte) ou **hydrophobe** (chaîne longue)
- Possèdent une chaîne aliphatique **saturée** ou en **partie insaturée** avec un **maximum de 6 double liaisons**, le plus souvent en **configuration CIS** (Hydrogènes du même côté).



1 - Les acides gras saturés



- Courte < 6 C
- Moyenne de 6 à 12 C
- Longue 14 à 20 C
- Très longue 22 C <

Dénomination usuelle

C'est souvent le nom donné à l'AG dans le contexte où il a été découvert :
Acide palmitique → huile de palme

Dénomination officielle

Les acides gras **linéaires saturés** sont nommés :
Alcane correspondant (nombre de C) + suffixe -oïque (*alcène si il y a double(s) liaison(s)*)

- Il faut également préciser :
 - Le nombre de C de l'AG à partir du COOH (à droite, C1)
 - La présence ou non de **doubles liaisons** et leur **nombre**
 - Si double liaison : préciser leur(s) **position(s)** et leur(s) configuration(s) (**CIS ou Trans**)

Donc ici vous avez l'**Acide palmitique** qui comporte **16 carbones**, donc l'alcane correspondant sera **l'hexadécane**. Ensuite il faut rajouter le **suffixe -oïque** et cela donne **l'acide hexadécanoïque**. Ici il n'y a **pas de doubles liaisons** donc pas besoin de le spécifier



2 - Les acides gras insaturés (= présence de double liaison)

Ils sont de 2 types : les **AG monoinsaturés** (une seule double liaison) et **polyinsaturés** (plusieurs doubles liaisons). La nomenclature va permettre de préciser :

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

L'**acide oléique** (huile d'olives) est un **AG monoinsaturé**.

- Ici, on compte **18 C** donc sa chaîne **alcane** sera **octadécane**
- AG **insaturé** donc **alcène** : **octadécénoïque**
- On note donc la **position** de la double liaison (Carbone 9) ainsi que sa **configuration** (ici c'est **CIS**) qui permet de préciser le caractère **insaturé** de notre molécule
- On a tous nos éléments pour nommer notre AG qui se nomme :

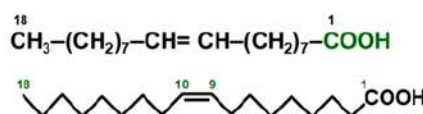
Acide CIS-9-octadécénoïque

AG **monoinsaturés**

acide oléique : $C_{18}H_{34}O_2$

acide cis-9-octadécénoïque

caractère insaturé



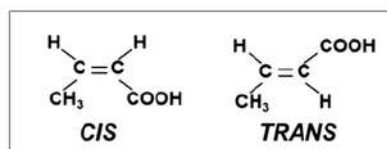
Nomenclature :

$C_{18} : 1(9c)$

$C_{18} : 1(\Delta^9)$

nombre de carbones

nombre de doubles liaisons



double liaison entre C9 et C10 en partant du COOH terminal

3 - Les acides gras polyinsaturés (AGPI)

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

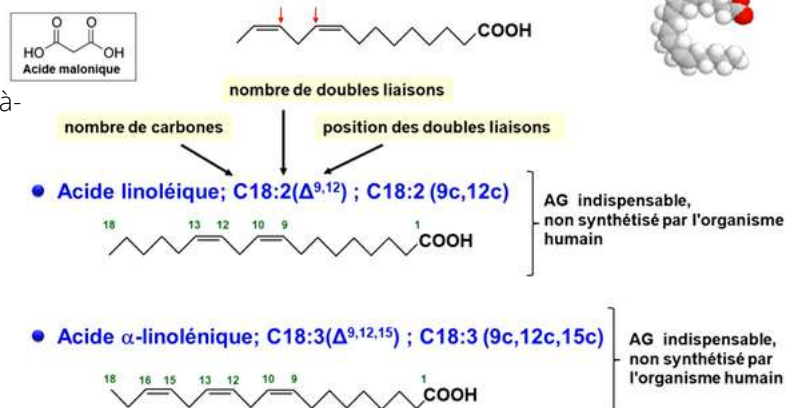
Le prof nous montre deux exemples d'AGPI :

1- L'acide Linoléique : C'est un AG **indispensable**, c'est-à-dire qu'il n'est **pas synthétisé par l'organisme** et que son apport se fait **uniquement via l'alimentation**

- **18 C**
- **Doubles liaisons : C9 et C12**
- Donne en **abrégé C18:2 Δ 9,12** ou encore **C18:2(9c,12c)**

2- L'acide Alpha-linolénique : C'est aussi un **AG indispensable/essentiel**

- **18 C**
- Une double liaison **de plus** : en **C15**
- Peut s'écrire **C18:3 Δ 9,12,15** ou **C18:3(9c,12c,15c)**



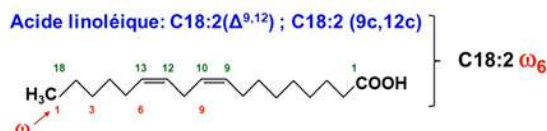
Il existe également une autre nomenclature couramment utilisée pour nommer les **AG poly-insaturés** (notamment monde médical et nutritionniste):

La Nomenclature ω (Omega)

Cette nomenclature fait l'inverse : elle numérote les carbones à **partir du méthyl** (-CH₃) terminal avec une **lecture vers le carboxylase**

On exprime **ω_x** où x est le numéro du carbone qui positionne la **1ère insaturation** en partant du groupement CH₃ terminal. Chez l'homme, il y a 2 principales familles d'AGPI : les oméga 3 et les oméga 6, voici deux exemples :

Acide linoléique : 18 C avec 1^{ère} double liaison sur C6 (C₁₃-C₁₂) et la 2^{ème} 3 C plus loin sur C9 (C₁₀-C₉) \rightarrow C18:2 ω_6



Les Oméga 6 :

Acide α -Linoléique
C18:3 (Delta 9,12,15)

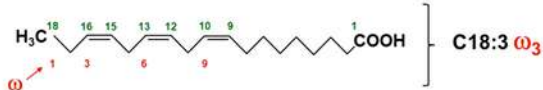
Apporté uniquement par l'**alimentation** : **AG indispensable**

Acide Eicosapentaénoïque
(EPA)
C20:5 (delta 5,8,11,14,17)

Il peut être synthétisé **à partir de l'acide α -linoléique** par élongation de **2C** : **AG non indispensable**

Acide α -linoléique : 18 C avec 1^{ère} double liaison sur C3 (C₁₆-C₁₅), la 2^{ème} 3 C plus loin sur C6 (C₁₃-C₁₂), et la 3^{ème} 3 C plus loin sur C9 (C₁₀-C₉) \rightarrow C18:3 ω_3

Acide α -linoléique: C18:3(Δ ^{9,12,15}) ; C18:3(9c,12c,15c)



Les Omega 3 :

Acide Linoléique
C18:2 (delta 19,12)

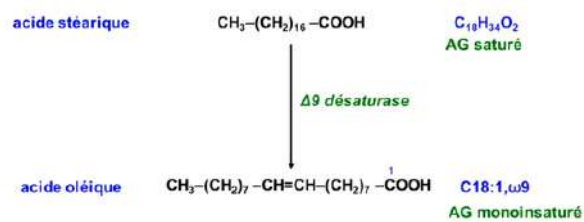
Apporté uniquement par l'**alimentation** : **AG indispensable**

Acide Arachidonique
C20:4 (delta 5,8,11,14)

Il peut être synthétisé **à partir de l'acide linoléique** par élongation de **2C** : **AG non indispensable**

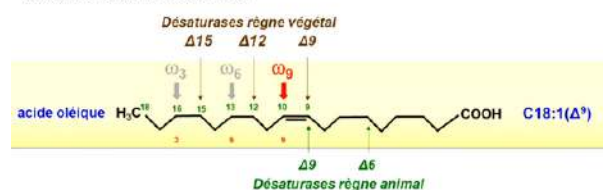
Mais pourquoi certains acides gras sont-ils indispensables ?

- Il faut regarder comment les **doubles liaisons sont introduites** : on part de l'**acide stéarique** avec **18 C** mais pas de double liaison
- L'enzyme **Δ9 désaturase** agit, elle va ajouter une **double liaison** au niveau de la **liaison C9-C10** permettant la production de l'**acide oléique** (AG omega 9, monoinsaturé)
- Cette désaturase se trouve dans le monde **végétal et animal** : l'acide oléique n'est donc **pas indispensable**
- Il existe plusieurs types de **désaturase** (= créent les doubles liaisons) qui vont varier en fonction de l'**endroit qu'elles vont catalyser**
- Pour former des **omega 3**, il faut des **désaturases Δ15** et pour former des **omega 6** il faut des **désaturases Δ12**
- A partir de cet acide oléique, il faudra tout simplement **désaturer C6 et C3** à l'aide d'une **Δ12 désaturase** et d'une **Δ15 désaturase** pour obtenir un **acide linoléique** puis un **acide alpha-linolénique**



AGPI indispensables / non indispensables

A partir de l'acide oléique ($\text{C}_{18:1,\omega 9}$), pour obtenir les séries $\omega 3$ et $\omega 6$, il faut, désaturer vers le CH_3 terminal



Mais au cours de leur évolution, les mammifères ont perdu les enzymes responsables des désaturations au-delà de C9. Les **Δ12 désaturase et Δ15 désaturase ne sont plus synthétisées par l'Homme**. C'est pour cela que l'**acide α-linolénique** et l'**acide linoléique** sont des acides gras **indispensable** et qu'ils ne peuvent pas être synthétisés.

II - Les stérols et stéroïdes

1 - Différentes classifications

Nous pouvons donc fabriquer des $\omega 9$ mais pas des $\omega 3$ et $\omega 6$.

→ C'est pour cela que l'acide α-linolénique et l'acide Linoléique sont des AG indispensable et

qu'ils ne peuvent pas être synthétisés !

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

- 1e classification **CLASSIQUE** (qu'on utilisera dans ce cours, favorisée en médecine) ou les stérols comprennent :

→ **Stérols**

→ **Stérides** (ester d'AG et stérol)

→ **Hormones stéroïdiennes** : oestrogène (femme), androgènes (homme), minéralocorticoïdes (régulent le métabolisme des minéraux et des sels), glucocorticoïdes (régulent le métabolisme).

→ **Stéroïdes conjugués** (à la glycine ou à la taurine)

→ **Acides biliaires**

→ Les **dérivés** des stérols = **sécostéroïdes** (Vitamine D)

- 2ème classification d'**UNION INTERNATION DE CHIMIE** : TOUS les lipides ayant un **noyau stérane** ou **dérivant** de celui-ci sont des stéroïdes

2 - Les stérols et stérides

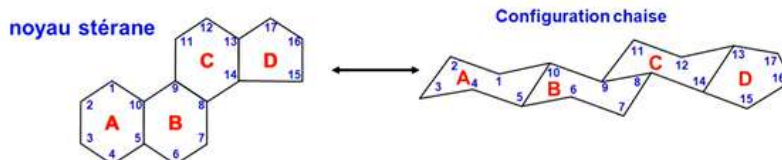
Stérols = Composés amphiphiles polycycliques, avec certains sont **hydrophobes** et d'autres **amphiphiles**

Leur structure de base est le **noyau STÉRANE** (hydrophobe) qui résulte de la **condensation de 4 cycles** :

3 cyclohexanes (A, B, C) + 1 cyclopentane (D) → cela forme une structure RIGIDE de 17C au total.

A partir de ce noyau stérane, différentes molécules en sont dérivées (stérols/Acides biliaires/stéroïdes hormonaux...), par des modifications telles que :

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



• A partir de ce noyau et en fonction de la classe, on aura :

- La présence d'un ou plusieurs hydroxyles (un sur C3 pour le cholestérol)
- La présence ou non de double(s) liaison(s) au niveau des cycles A et / ou B
- La ramification aliphatique (≠ CH₃) positionnée sur C17 (cycle D)
- La présence ou non de double(s) liaison(s) niveau de la ramification aliphatique

Stérols/stérides

Acides et sels biliaires

Stéroïdes hormonaux

3 - Les dérivés des stérols

CHOLESTÉROL

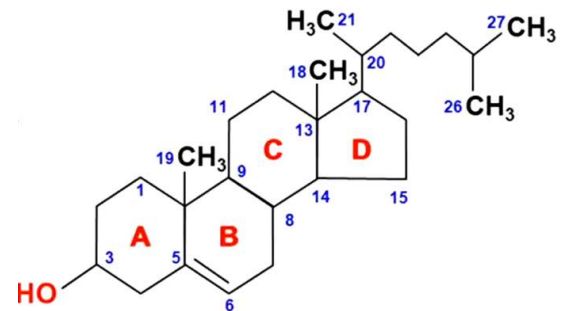
Parmi les dérivés des stérols, le **cholestérol** est une molécule très centrale au niveau de la **physiologie** et de la médecine.

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

✓ Présent dans les **structures membranaires** en association avec des **lipides**

✓ Le précurseur de nombreux **dérivés stéroïdes**, d'**hormones sexuelles**, d'**hormones corticosurréaliennes** et de la **vitamine D**

Structure :



A partir du noyau stérane, on a la présence de :

- **Méthyl** (CH₃) en **C19** et en **C18** (stérane diméthylé)
- L'ajout d'un **hydroxyle en C3** du **cycle A** (rend la molécule amphiphile)
- Ajout d'une **double liaison entre C5 et C6** du **cycle B**
- **Ramification aliphatique de 8C** sur le **C17** du cycle D

4 - Les molécules dérivées du cholestérol

LES ACIDES ET SELS BILIAIRES

Les **acides biliaires** sont **synthétisés par le foie** puis **stockés** au niveau de la **vésicule biliaire**. Lors du processus de digestion, cette **bile** va être **relarguée par la voies biliaires dans le duodénum** (première partie de l'intestin grêle)

Ces Acides biliaires possèdent **deux fonctions importantes** :

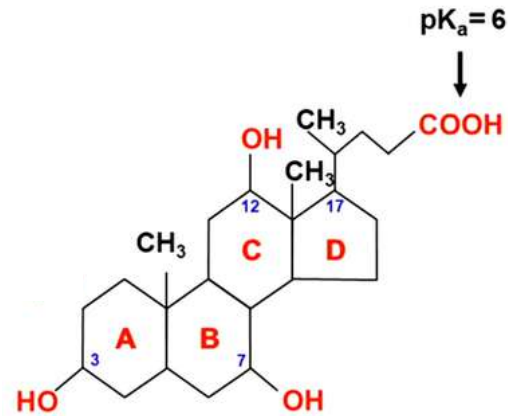
→ Permettent l'**émulsification des lipides**, cela permet de **favoriser l'action de la lipase pancréatique** au niveau de nos lipides afin de **favoriser la digestion** des lipides.

→ Participent à l'**élimination du cholestérol**

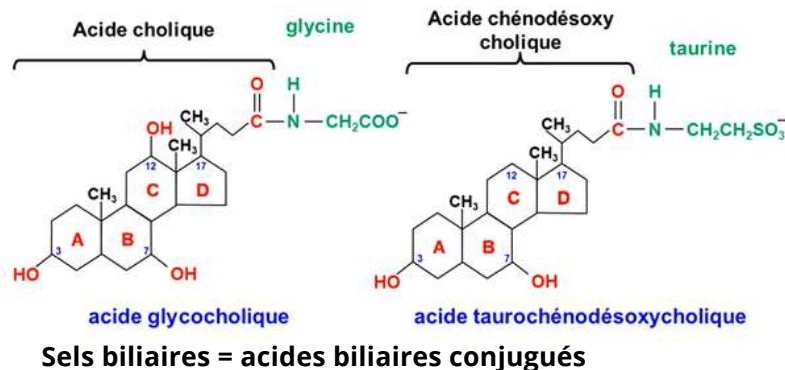
Exemple : L'acide Cholique (AC) (à droite) et l'Acide ChénodésoxyCholique (ACDC)

Ils dérivent du CHOLESTÉROL par :

- ✓ **Raccourcissement** de la **chaîne latérale de 3C**
- ✓ **Réduction** de la **double liaison du cycle B**
- ✓ Apparition du **groupement carboxylique** (-COOH) par oxydation de la **chaîne latérale**
- ✓ Ajout de **2 ou 3 hydroxyles** (-OH) en **C3, C7, C12**
 - Si ajout de **3 OH** (C3/C7/C12) cela va donner l'**Acide Cholique**
 - Si ajout de **2 OH** (C3/C7), cela va donner l'**ACDC**



Avant de quitter le foie, une grande partie des **acides biliaires sont conjugués** (=attachés) à 2 acides aminés : la **GLYCINE** ou la **TAURINE** (AA qui dérive du métabolisme de la Cystéine). De plus, la **taurine est moins utilisée** et on dit que pour **3 glycines** utilisées, on a utilisé qu'**une seule molécule de taurine**. A partir de ce moment, on appelle ces molécules des **sels biliaires**.



Ici vous voyez une **glycine** qui est conjuguée avec l'**acide cholique** qui forme l'**acide glycocholique** et à droite, la **taurine** qui est conjuguée à l'**ACDC**. La réciproque est possible (une glycine peut se conjuguer avec un ACDC et une taurine peut se conjuguer avec un acide cholique)

Les conséquences de cette conjugaison sont importantes :

L'ajout d'un des groupements **sulfate (taurine)** ou **carboxyl (glycine)** fait que le **pKa de la molécule diminue** et va devenir **inférieur au pH du duodénum** (= première partie de l'intestin grêle)

Par conséquent la **totalité des sels biliaires sera ionisée**, ce qui augmente la **nature amphipatique** et permet un **meilleur effet détergent** car l'accès au gras est plus facile.

LES HORMONES STÉROÏDIENNES

On regroupe les **hormones** :

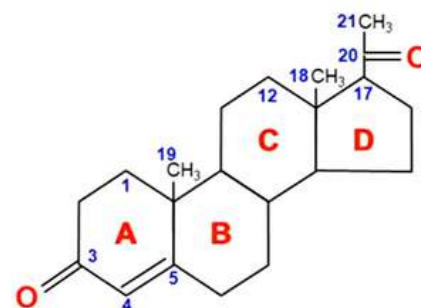
- > Celles sécrétée par les **glandes sexuelles + placenta** :
 - **Androgènes** (masculine)
 - **Œstrogène et progestagène** (féminine)
- > Celles sécrétées par les glandes **corticosurrénales** (action anti-inflammatoire)
 - **Minéralocorticoïdes** qui sont très important dans l'équilibre minéral.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

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

Exemple: La progestérone

A partir du cholestérol, on a :

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



III - Les triglycérides ou triacylglycérol

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

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

- 1- Le 1er AG peut se mettre en position 1, 2 (ou plus rarement en 3) → donne un 1 ou 2 ou 3-monoacylglycerol
- 2- Le 2ème AG se met → donne 1,2 ou 1,3 ou 2,3 diacylglycérol
- 3- Le 3ème AG se met → donne un Triacylglycérol (=TG)

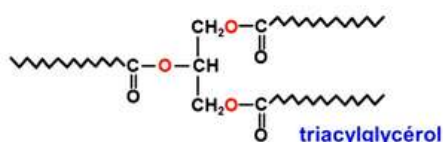
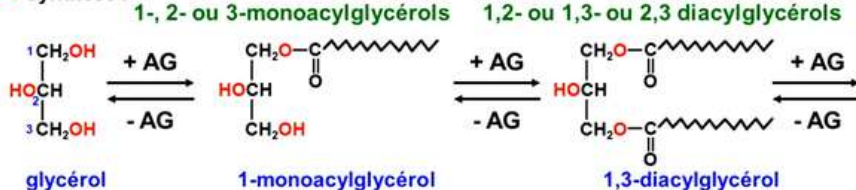
Les TG peuvent être :

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

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

Les triglycérides/triacylglycérols (TG)

- Contiennent du glycérol et 3 acides gras
- Ont de multiples fonctions : stockage et réserve énergétique, transport de lipides dans le sang, isolation thermique
- Synthèse :



1. TG simples : 3 AG identiques
2. TG mixtes : AG différents
3. AG saturés ou insaturés
4. Si insaturés : en général en C2

Coucou, vous avez dans un premier temps uniquement la partie sur les lipides SIMPLES.

Comme Van O refait toutes ses vidéos, je préfère attendre de les avoir avant de vous sortir une fiche complète ++, vous aurez la partie lipides complexes à ce moment, je vous la donnerai au plus vite promis

Je vous sors quand même cette partie maintenant, parce que c'est la base et je ne pense pas qu'elle change beaucoup, et je ne veux pas que vous preniez du retard, mais je vous ferai sûrement une mise à jour avec la nouvelle vidéo Elle sera suffisante pour les QCM du tut ne vous inquiétez pas Gros bisous <3