

# Plan du cours

---

1. Introduction-généralités

2. Classification des lipides

## **3. Propriétés physico-chimiques des lipides**

1. Solubilité

2. Température de fusion

3. Indice d'iode

4. Indice de saponification

5. Oxydation des lipides

6. Hydrogénation

4. Techniques d'analyse des lipides

5. Transport des lipides dans l'organisme

6. Rôle biologiques des lipides (hors stéroïdes)

Les lipides techniques monsieur comment peut on les distinguer

cardiolipines, lyso, plasma etc sont tous des glycérophospholipides? **OUI**

C'est quand la pause

pas compris pour le C(20:3) vous pouvez réexpliquer svp

je ne comprends pas bien le tableau ou on voit les delta et les nom commun pourriez-vous me l'expliquer un peu plus en détails svp ?

Quand on dit "gamma" qqch c'est pour les liaisons trans ? **NON**

cis-cis-9,12-octadiénoïque peut égalemetnse dire tout cis-9,12-octadiénoïque ?

Bonjour doit on apprendre où est ce que l on peut retrouver tous les acides gras dans l alimentation comme l'huile d olive avec acide oleique merci

**NON** mais savoir que huile végétale plus riche en AGI

~~Est-ce qu'il y a encore du glycérol dans les sphingolipides malgré la liaison amine ?~~

Pouvez vous mettre sur Moodle le diapo SVP aujourd'hui **C'est fait !**

Faut -il connaître le tableau des nomenclature ?

Comment faire pour enlever une insaturation ?  
→ **Oxydation**

Avez-vous des moyens mémo technique pour pouvoir se rappeler de tout les acides gras saturés/ insaturés?

Quelle sont les lipide à connaître par cœur ?  
**Acide gras usuels (C14 à C20)**

On doit savoir reconnaître l acide rumenique? **NON**

bonjour, serait-il possible que nous ayions accès au diaporama que vous projetez actuellement afin de pouvoir l'annoter directement pendant votre cours, s'il vous plaît ? **C'est fait !**

# II.1 Les acides gras Acides gras insaturés

nC	n double liaison	Nom systématique	Symbole	série	Nom commun	Remarques
16	1	cis-9-hexadécénoïque	(16:1) $\Delta^9$	$\omega 7$	Palmitoléique	Très répandu
18	1	cis-9-octadécénoïque	(18:1) $\Delta^9$	$\omega 9$	Oléique	Huile d'olive, Abondant
18	2	cis-cis-9,12-octadécadiénoïque	(18:2) $\Delta^{9,12}$	$\omega 6$	Linoléique	Huile de lin, Graines
18	3	tout cis-9,12,15-octadécatriénoïque	(18:3) $\Delta^{9,12,15}$	$\omega 3$	$\alpha$ -Linoléique	Graines Huiles poisson
18	3	tout cis-6,9,12-octadécatriénoïque	(18:3) $\Delta^{6,9,12}$	$\omega 6$	$\gamma$ -Linoléique	Isomère de position du $\alpha$
18	1	cis-11-octadécénoïque	(18:1) $\Delta^{11}$	$\omega 7$	Vaccénique	Bactéries
20	4	tout cis-5,8,11,14-icosatétraénoïque	(20:4) $\Delta^{5,8,11,14}$	$\omega 6$	Arachidonique	Animaux
20	5	tout cis-5,8,11,14,17-icosapentaénoïque	(20:5) $\Delta^{5,8,11,14,17}$	$\omega 3$	EPA	Huiles de poissons
24	1	cis-15-tétracosénoïque	24:1	$\omega 9$	Nervonique	Cerveau

(18:2) $\Delta^{9,12}$  indique la position des insaturations = C(18:2(9Z;12Z))

C(20:0) = 20 atomes de carbone et aucune insaturation

## II. Classification des lipides

---

- Lipides = substances d'origine biologique solubles dans les solvants organiques peu ou non polaires: éther, chloroforme, benzène.
- **Hydrophobe**/Hydrophile.
- Définition physico-chimique et non structurale.

Acide gras

Esters d'acides gras (Cérides et Acyl-glycerol)

Lipides simples uniquement C, H et O

Glycerophospholipides

Sphingolipides

Lipides complexes C, H, O, N, P

Eicosanoïdes

Isoprénoïdes

Stéroïdes

Molécules à caractère lipophile

Lipid A et saccharolipides

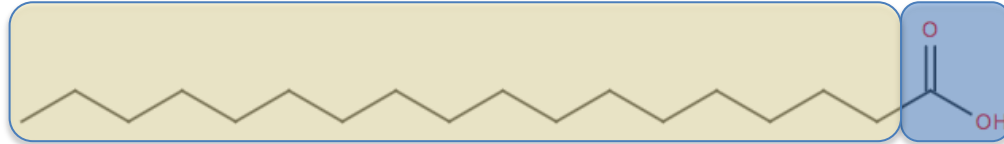
Polycétides

Lipides bactériens et métabolites secondaires



# III. Propriétés physico-chimiques des lipides\_solubilité

## Solubilité



Chaîne carbonée:  
Queue hydrophobe

Acide carboxylique  
Polaire

Solvant polaires

4-6 Carbones: soluble à faible  
concentration

Acide Hexanoïque: 1.082g/100g d'eau

Acide Octanoïque: 0.068g/100g d'eau

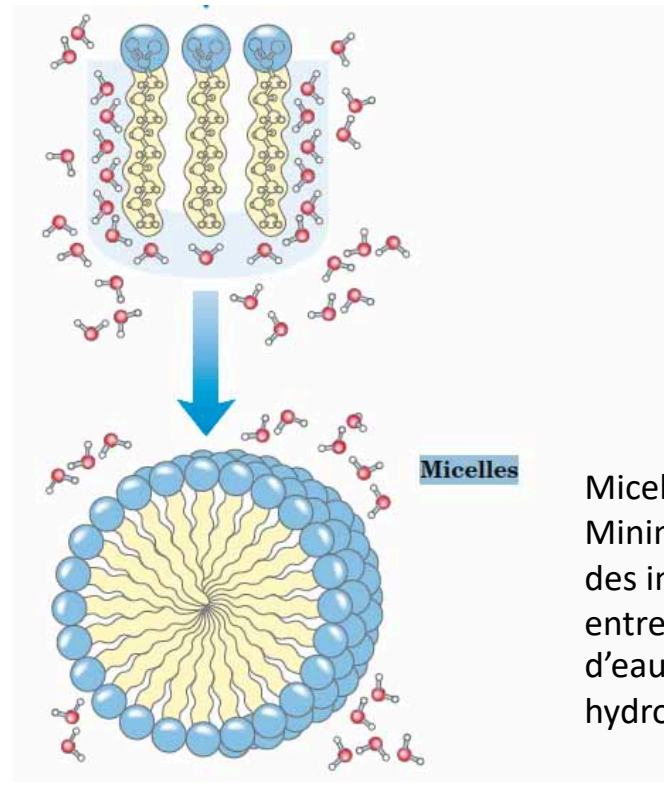
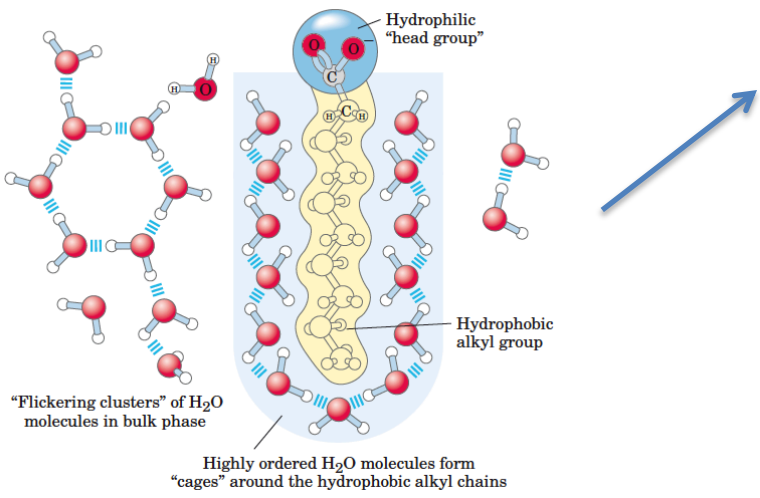
Acide Décanoïque: 0.015g/100g d'eau

n>12: solvant apolaire uniquement

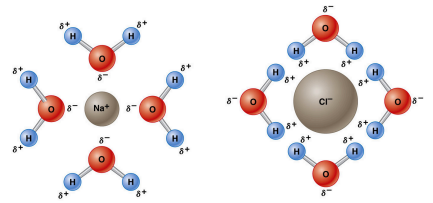
Chloroforme, benzène, éther

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Solubilité



Micelles:  
Minimisation des interactions entre molécules d'eau et queue hydrophobe



Minimisation des interactions chaînes carbonées/eau

Soluté vrai

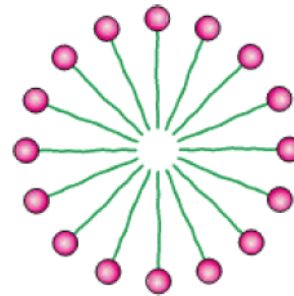
# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Solubilité

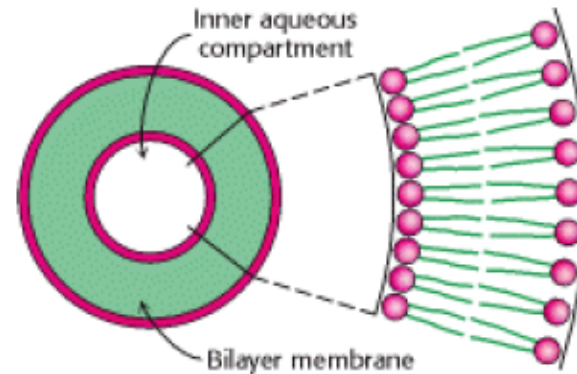
Phospholipides: Tête polaire plus importante + 2 acides gras

→ Formation de bicouches

Micelles (20nm)



Bi-couche (liposomes) (jusqu'à 10 $\mu$ m)

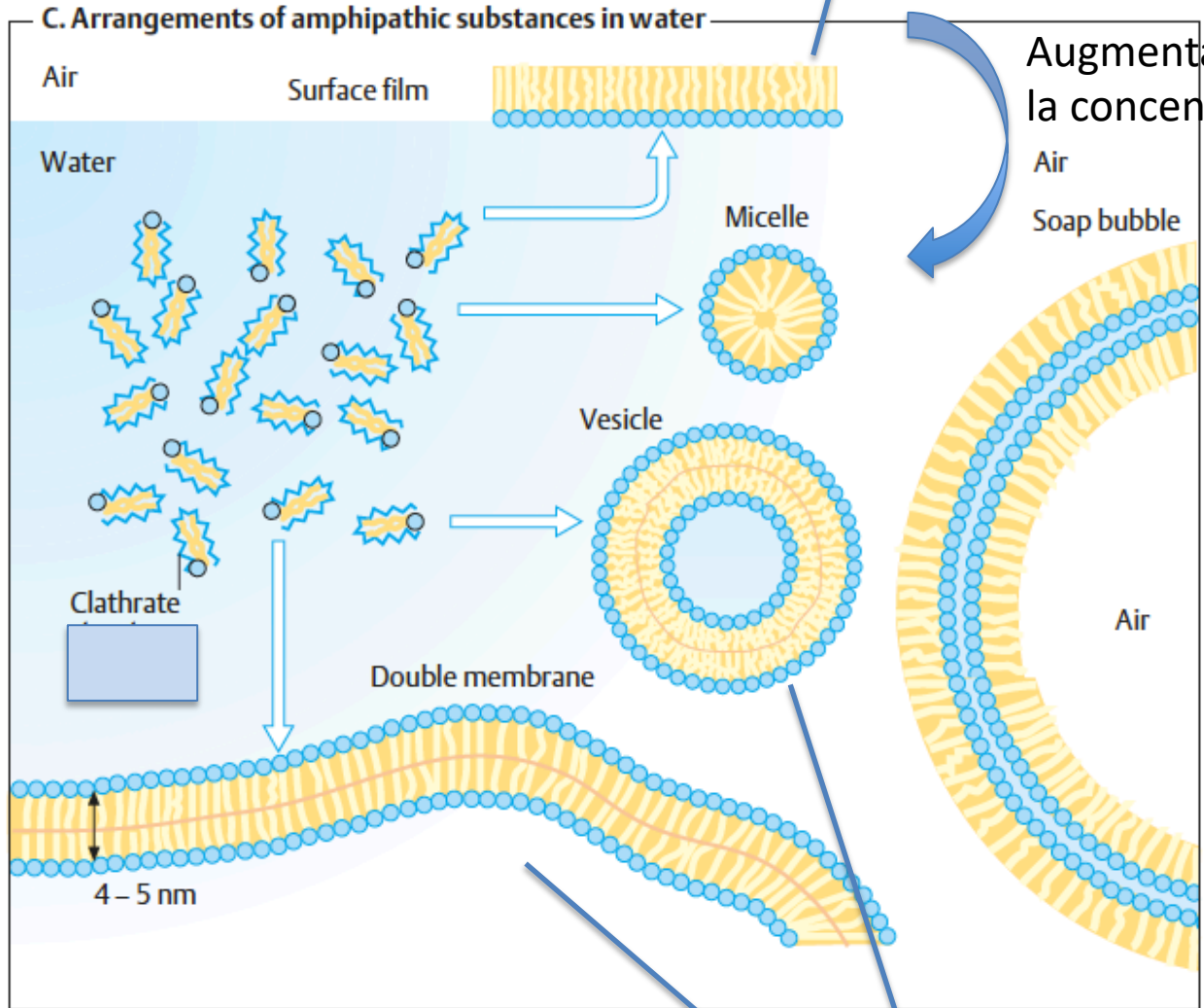


Les membranes biologiques sont des bi-couches (cf Rôles biologiques des lipides).

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

Structures lipidiques en solvant aqueux

Interface air-eau: réduction de la tension superficielle

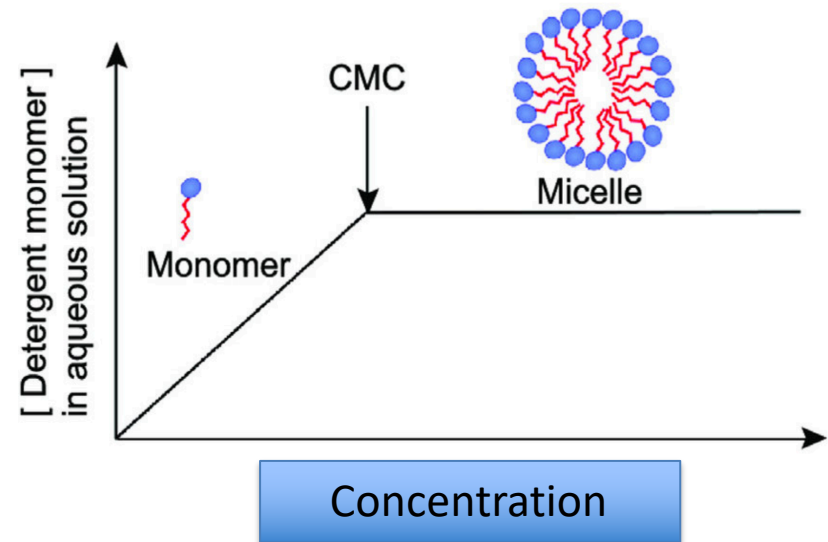
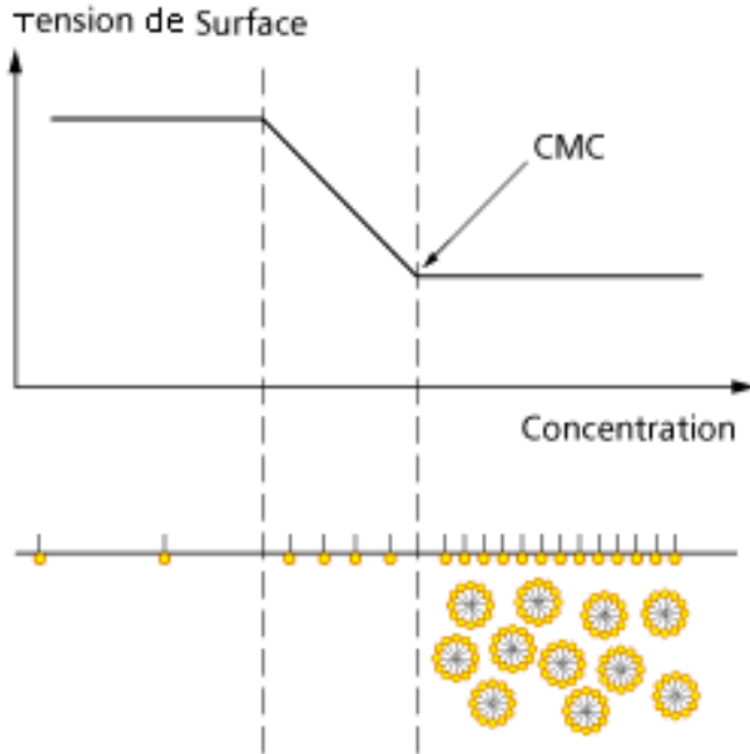


Augmentation de la concentration

Phospholipides : formation de bicouches lipidiques

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Concentration micellaire critique (CMC)



# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Concentration micellaire critique (CMC)

A une température donnée :

1. Pour une même tête polaire, la CMC diminue quand la longueur de la chaîne carbonée augmente
2. CMC augmente avec la polarité de la tête polaire

Lipid	CMC (mM)
5:0 PC	90
6:0 PC	15
7:0 PC	1.4
8:0 PC	0.27
9:0 PC	0.029
10:0 PC	0.005
12:0 PC	90 nM
14:0 PC	6 nM
16:0 PC	0.46 nM

← Exit

## How to participate?



1 Go to [wooclap.com](https://wooclap.com)

2 Enter the event code in the top banner

Event code  
**HFXQQF**

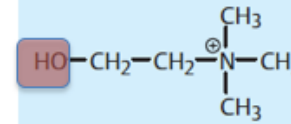


1 Send [@HFXQQF](#) to **06 44 60 96 62**

2 You can participate

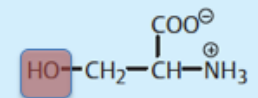
[Copy participation link](#)

1



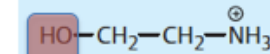
Choline

2



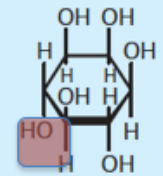
Serine

3



Ethanolamine

4



myo-Inositol

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Structures lipidiques en solvant aqueux

- Formation de la bi-couche des membranes cellulaires  
(cf rôles biologiques des lipides)

- Utilisation des propriétés de tensio-actifs/émulsifiants des lipides

Détergents ménagers

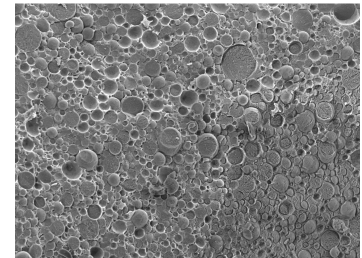
Emulsifiants (lécithines..)

Cuisine, émulsifiant alimentaire (E322, lécithine de soja)

Sels biliaires (cf rôles biologiques des lipides).

Surfactants pulmonaires

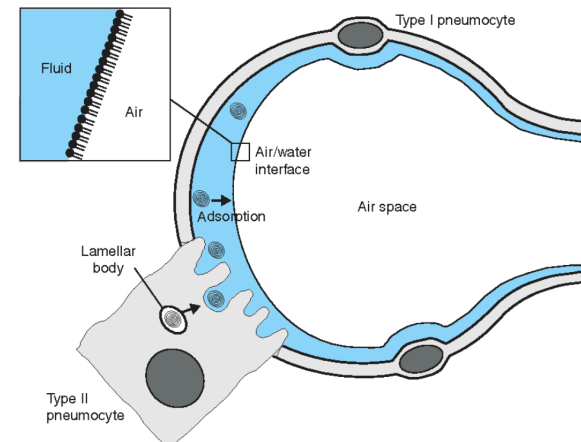
Liposomes thérapeutiques (cf rôles biologiques des lipides)

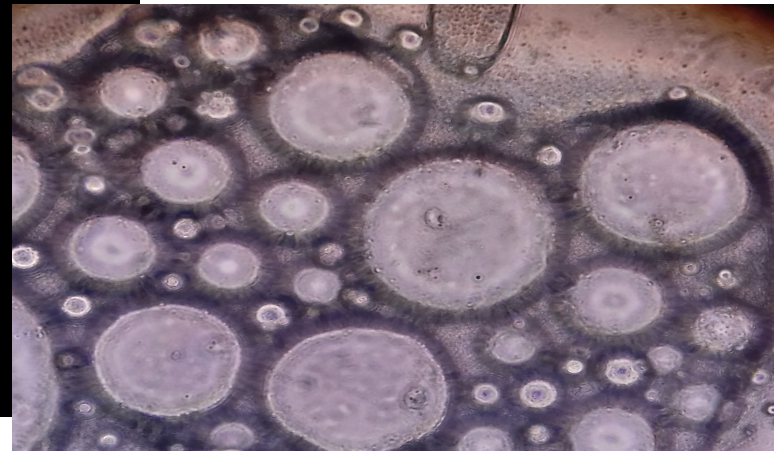




# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

- Surfactant pulmonaire
  - 90% de lipides (dipalmitoyl-phosphatidylcholine, cholesterol) et 10% de protéines (SP-A;SP-B;SP-C;SP-D).
  - Produit par les pneumocytes de type II
  - Réduit la tension superficielle air-liquide à la surface des alvéoles pulmonaire.
  - Détresse respiratoire du nouveau-né prématuré (immaturité pulmonaire et défaut de surfactant).
  - Maladies génétiques rares: mutations qui entraînent des défauts du surfactant

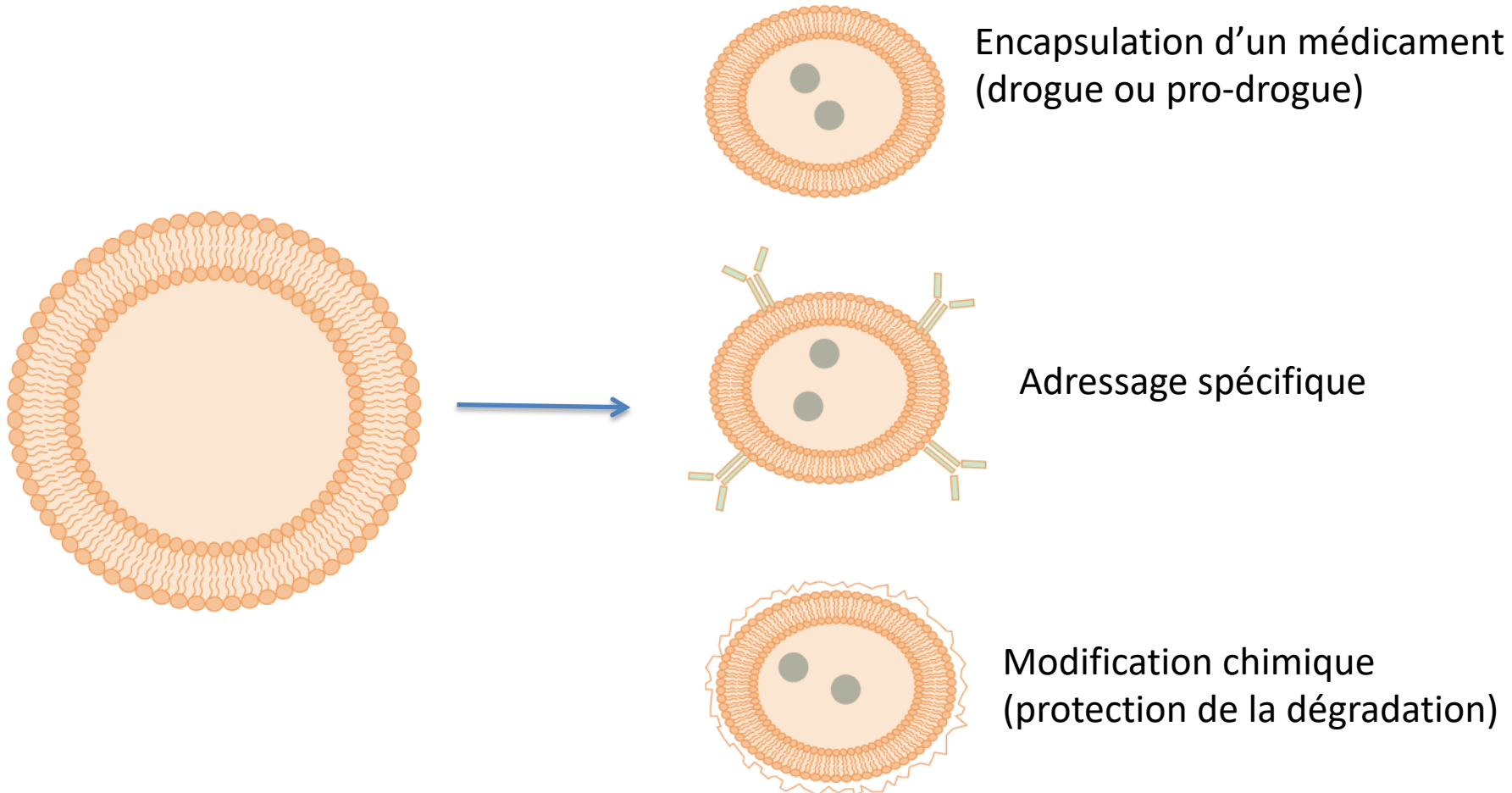




# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

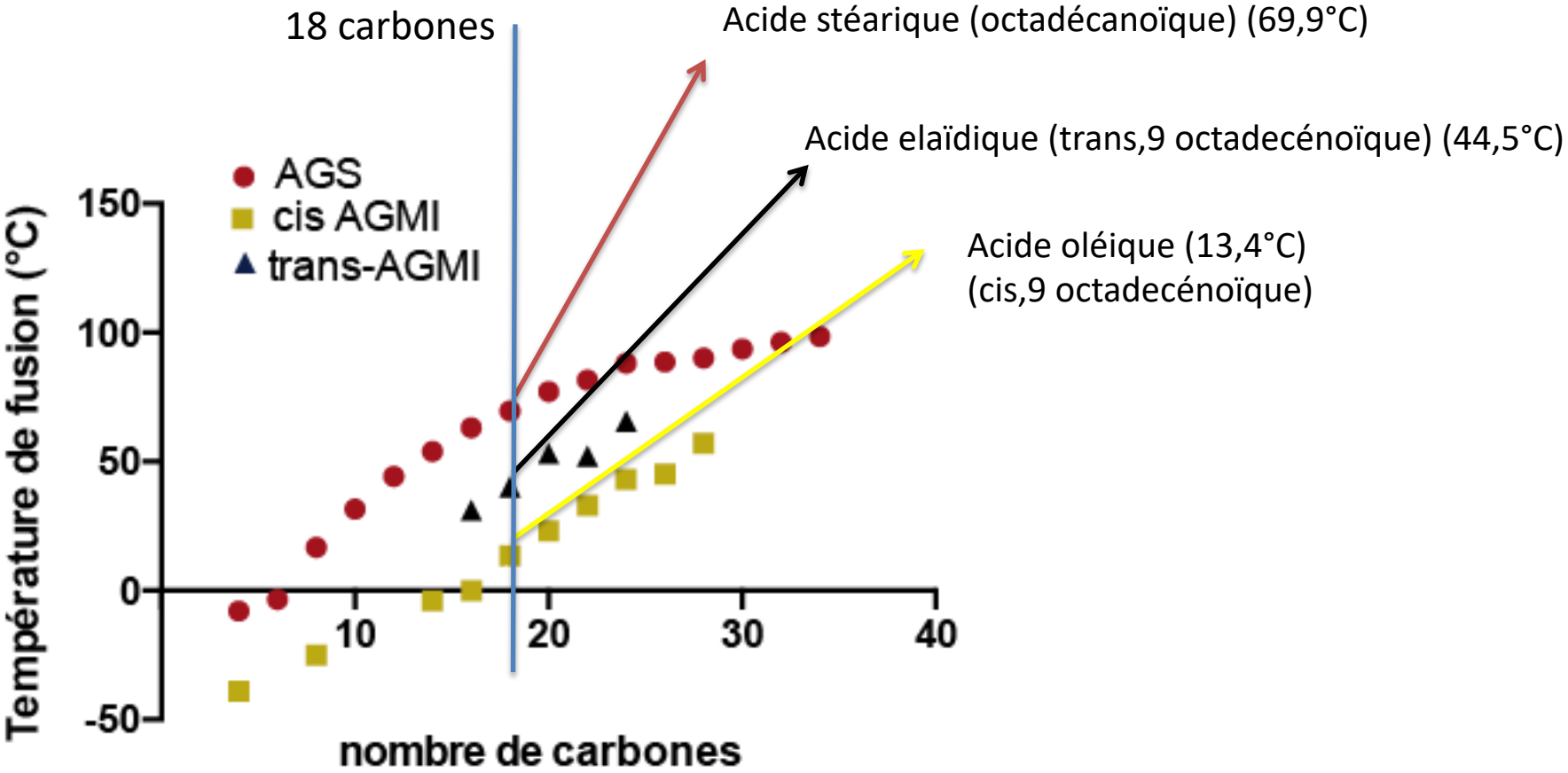
## Liposomes thérapeutiques



# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Température de fusion

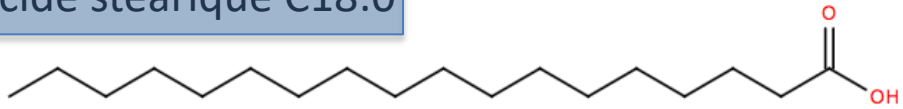
Elle dépend de la longueur de la chaîne carbonée, de son état de saturation



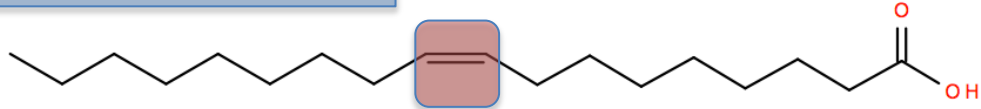
# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

Température de fusion

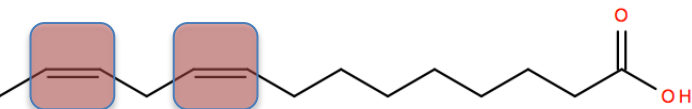
Acide stéarique C18:0



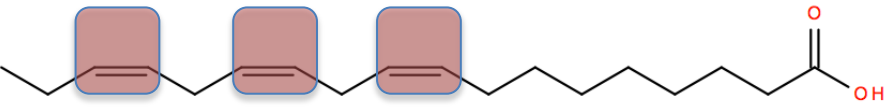
Acide oléique C18:1



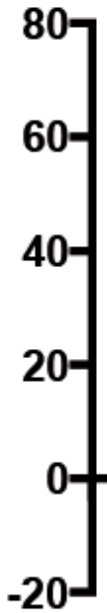
Acide linoléique C18:2



Acide  $\alpha$ -linoléique C18:3



Température de fusion (°C)



Insaturations

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

Huile de tournesol (composition en AG):

TAG composés de

- Acide Linoléique (C18:3) 67%
  - Acide Oléique (C18:2) 19%
  - Acide Palmitique (C16:0) 6%
  - Acide Stéarique (C18:0) 5%
- 88% d'AGI



Beurre (% des AG):

- Acide Palmitique (C16:0) 21,7%
  - Acide Stéarique (C18:0) 10%
  - Acide Laurique (C12:0) 2,59%
  - Acide Butyrique (C4:0) 3,23%
  - Acide Caprique (C10:0) 2,53%
  - Acide Caproïque (C6:0) 2%
  - Acide Caprylique (C8:0) 1,19%
  - Autres acide gras saturés
- 63 % d'AGS
- Acide Oléique (C18:1) 19,96%





# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

**Indice d'iode** d'un lipide = masse de diiode (I<sub>2</sub>) en grammes capable de se fixer sur les insaturations de 100g de corps gras (équivalent de la valeur en cg/g).



+ ICl non fixé

+ KI



I<sub>2</sub>

dosage



I: 120

30-45

Indice d'iode + masse molaire = détermination du nombre de double liaison

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides\_Indice d'iode

---

## Indice d'iode

Une mole de corps gras ayant une insaturation réagit avec une mole de  $I_2$

100 g d'un corps gras de masse molaire  $M_{ag}$  correspondent à  $(100/M_{ag})$  moles

et réagissent avec  $I_{ag}/M_{I_2}$  moles d' $I_2$ .

Donc par définition:  $I_{ag}/M_{I_2} = 100/M_{ag}$

Donc si une insaturation:  $I_{ag} = (100/M_{ag}) * M_{I_2}$

Pour un acide gras saturé: 0

Pour un acide gras insaturé:

Soit  $x$  le nombre de double liaison et  $I$  l'indice d'iode

100g d'acide gras =  $100/M_{ag}$  moles

$I = (100/M_{ag}) * x * M_{I_2}$



# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Indice d'iode : exemples

### Série des acides gras à 18 carbones

$$M_{i2} = 253,8\text{g/mol}$$

Acide stéarique (Octadécanoïque)  $M:284\text{g/mol}$   $\longrightarrow$   $I_i = 0$

Acide Oléique  $M=282\text{g/mol}$   $I_i = 89,7$   $(100/282 \times 1 \times 253,8)$

Acide Linoléique  $M= ?$   $I_i = ?$

Acide Linoléique  $M= ?$   $I_i = ?$

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Indice d'iode : exemples

### Série des acides gras à 18 carbones

$$M_{i2} = 253,8\text{g/mol}$$

Acide stéarique (Octadécanoïque)  $M:284\text{g/mol}$   $\longrightarrow$   $I_i = 0$

Acide Oléique  $M=282\text{g/mol}$   $I_i = 89,7$   $(100/282 \times 1 \times 253,8)$

Acide Linoléique  $M= 280 \text{ g/mol}$   $I_i = 181,3$   $(100/280 \times 2 \times 253,8)$

Acide Linoléique  $M= ?$   $I_i = ?$

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Indice d'iode : exemples

### Série des acides gras à 18 carbones

$$M_{I_2} = 253,8 \text{ g/mol}$$

Acide stéarique (Octadécanoïque)  $M: 284 \text{ g/mol}$   $\longrightarrow$   $I_i = 0$

Acide Oléique  $M=282 \text{ g/mol}$   $I_i = 89,7$   $(100/282 \times 1 \times 253,8)$

Acide Linoléique  $M= 280 \text{ g/mol}$   $I_i = 181,3$   $(100/280 \times 2 \times 253,8)$

Acide Linoléique  $M= 278 \text{ g/mol}$   $I_i = 273,9$   $(100/278 \times 3 \times 253,8)$

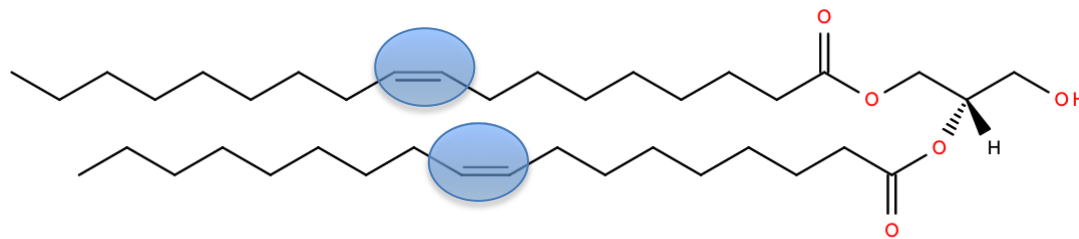
# III. Propriétés physico-chimiques des lipides\_Indice d'iode

$$I_i = 100 * \frac{X}{M_l}$$

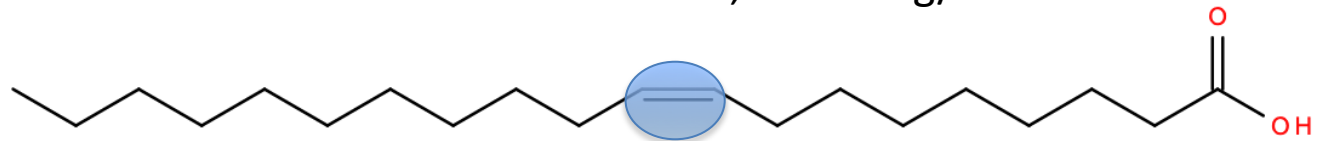
Nb d'insaturation

Masse molaire du lipide

DAG (C18:1, C18:1) M=620g/mol



C20:1, M= 310 g/mol

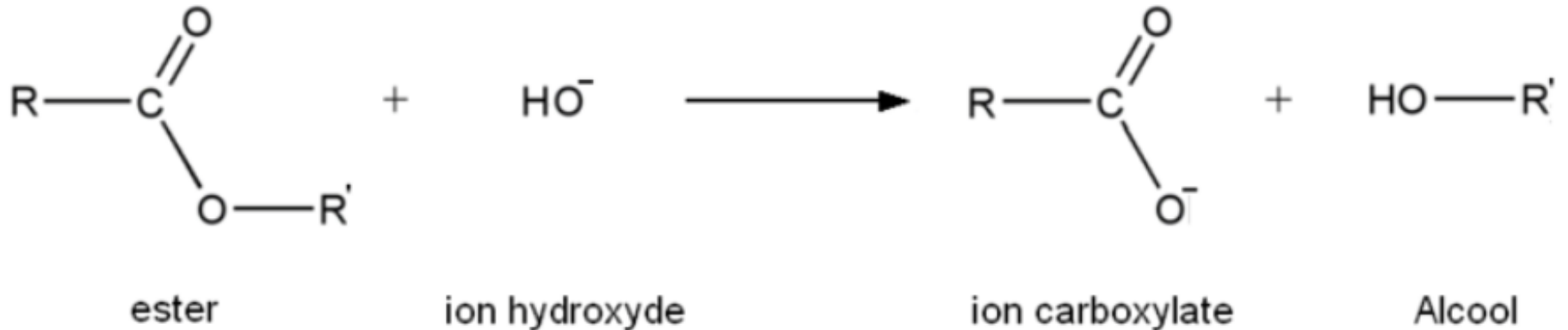


# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Saponification

Savon=sel de potassium et de sodium d'acide gras

Obtenus par **traitement alcalin des lipides = saponification** (hydrolyse en milieu alcalin des liaisons esters).



Indice de saponification = Quantité de potasse (KOH) (en mg) nécessaire pour saponifier 1g de matière grasse (ester d'AG).

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

Exemple Indice de saponification

Réaction équimolaire: une mole de KOH par « mole de liaison ester »

Un gramme =  $1/M_{\text{ester}}$  mole d'ester

Si **une seule liaison ester** dans le lipide:

$$I_s = M_{\text{KOH}} * \underbrace{1 * 10^3}_{\text{Nombre de mole de KOH nécessaire}} / M_{\text{ester}}$$

Nombre de mole de KOH nécessaire

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

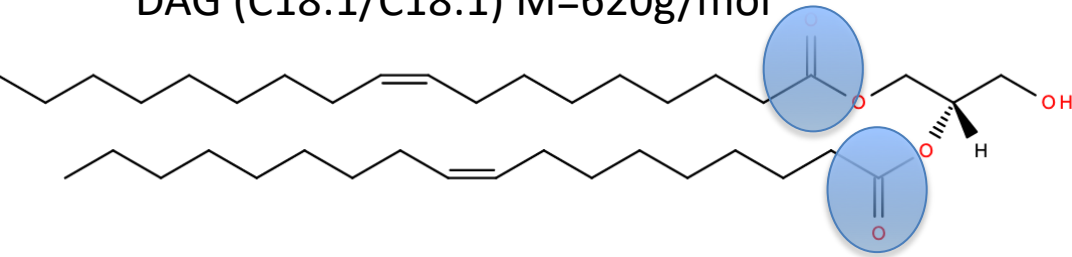
---

$$I_s = 1000 * M_{KOH} \frac{X}{M_l}$$

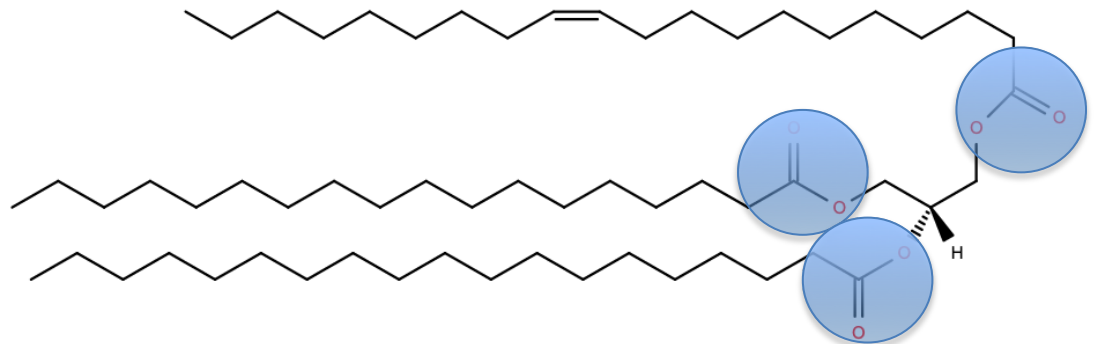
Nb de liaison ester

Masse molaire du lipide

DAG (C18:1/C18:1) M=620g/mol



TAG TG(18:0/19:0/20:1(11Z)) M=930 g/mol



# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

## Saponification

Huile d'olive

$I_s = 190$  (mg)

1 kg (1000g) d'huile d'Olive  
+ 190 g KOH



Savon d'Alep

Savon surgras

Corps gras en excès par rapport à l'agent caustique



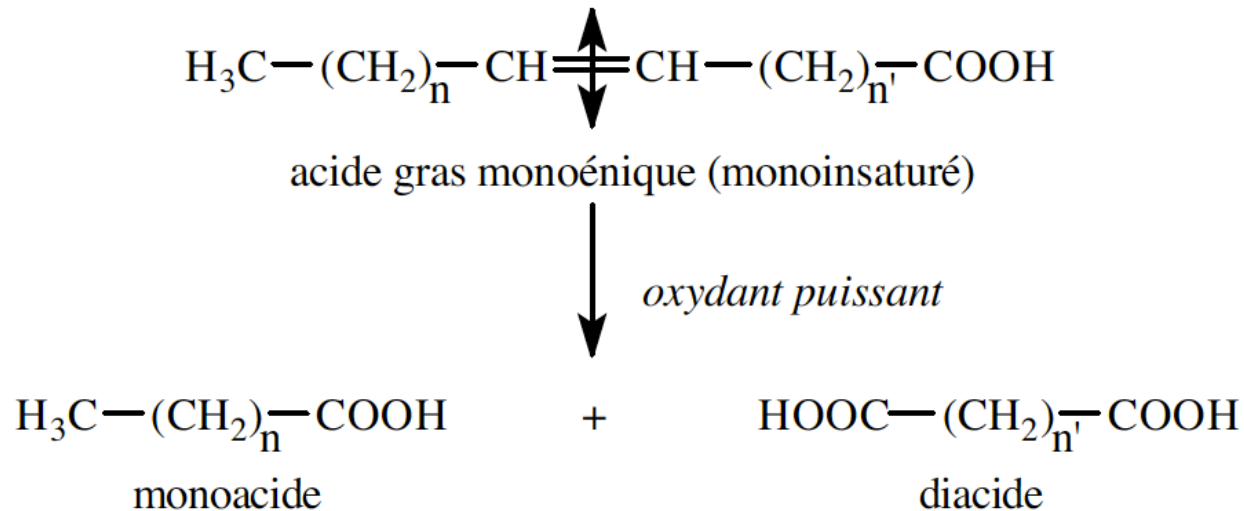


# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

## Oxydation des acides gras:

Oxydation spontanée: rancissement: production de peroxydes et d'aldéhydes

Oxydation chimique:



Oxydation biologique:  $\beta$ -oxydation enzymatique des acides gras (cf métabolisme)

Acide gras insaturés plus réactifs donc plus susceptibles d'être oxydés

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

---

Oxydation des acides gras:

## Indice de peroxyde

Quantifie le nombre d'oxygène actif d'une huile végétale ou graisse animal

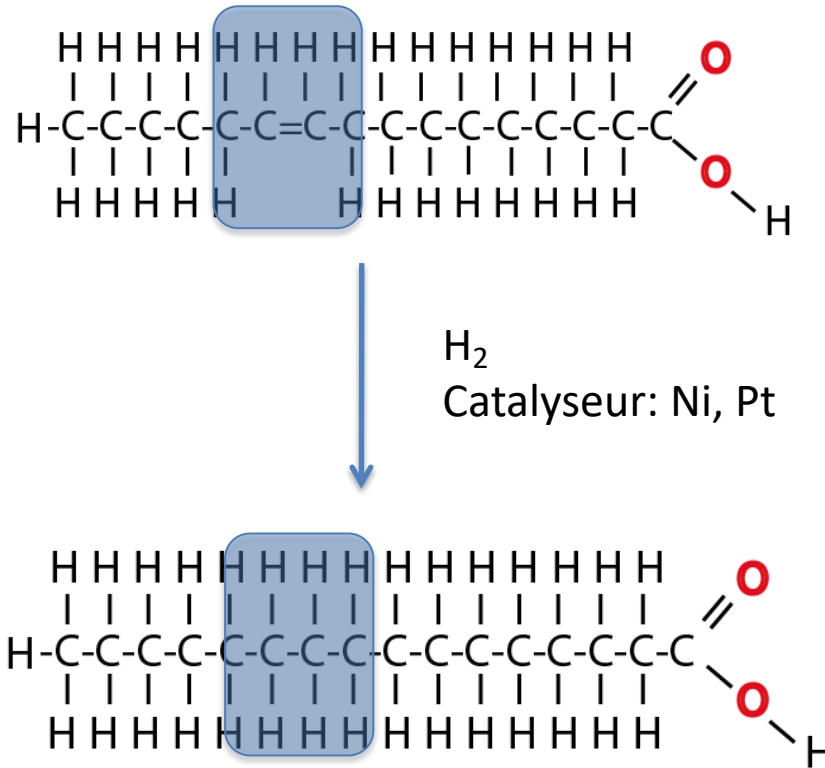
Mesure de l'oxydation (rancissement des graisses)

Plus l'indice est élevé, plus la graisse est oxydée

Mesure selon norme française dans l'industrie alimentaire

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

Hydrogénation des graisses riches en acides gras insaturé



Hydrogénation des huiles alimentaires:

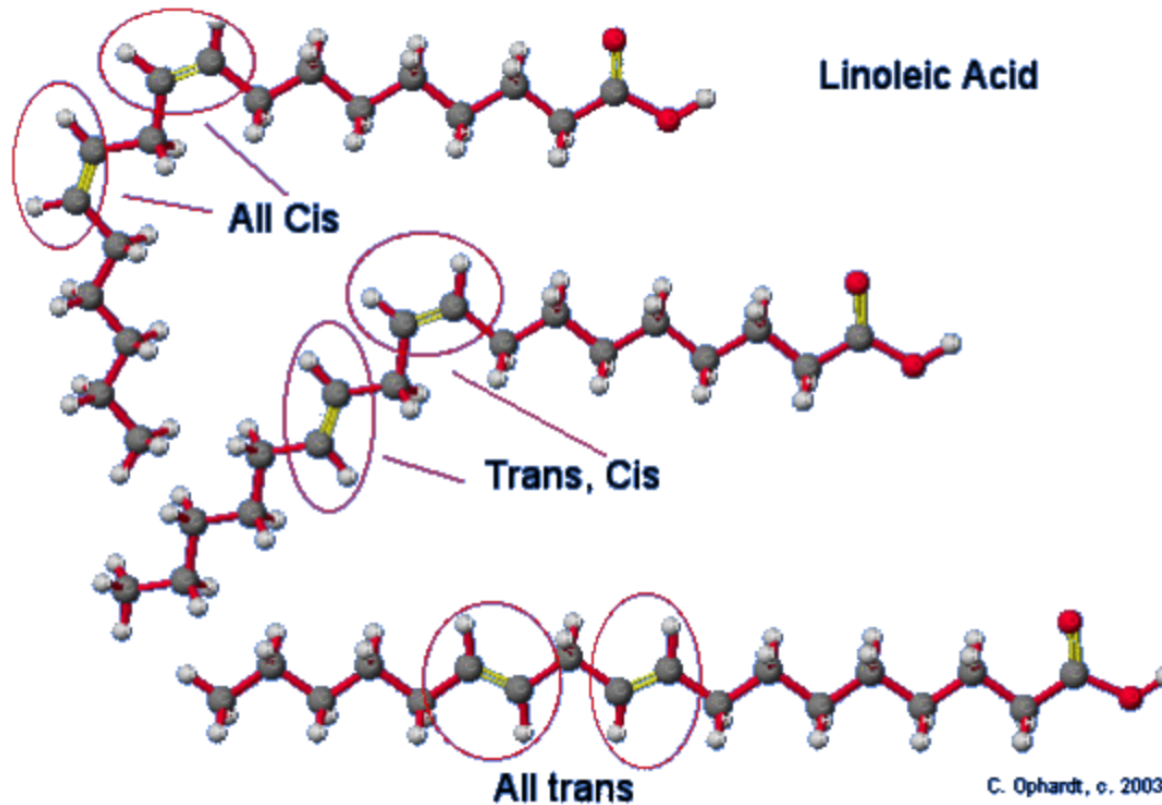
But=augmenter la température de fusion (margarine).

Rendre les graisses moins susceptibles à l'oxydation spontanée (rancissement)

Génération d'acides gras insaturés trans lors d'une hydrogénation incomplète.

# III. Propriétés physico-chimiques des lipides

Hydrogénation des graisses riches en acides gras insaturé



Production d'acide gras insaturé trans... au cours de la réaction d'hydrogénation

# Plan du cours

---

1. Introduction-généralités
2. Classification des lipides
3. Propriétés physico-chimiques les lipides
- 4. Techniques d'analyse des lipides**
  1. CCM (Chromatographie sur couche mince)
  2. Chromatographie en phase gazeuse
  3. HPLC
  4. Analyse lipidomique
5. Transport des lipides dans l'organisme
6. Rôle biologiques des lipides (hors stéroïdes)
7. Métabolisme des TAG et phospholipides

# IV. Techniques d'analyse des lipides

---

A partir d'un échantillon complexe:

1. Séparer : Chromatographie.

phase mobile/phase stationnaire

(affinité relative des constituants à séparer)

CCM Chromatographie couche mince

CPG Chromatographie en phase gazeuse

HPLC High Pressure liquid chromatography

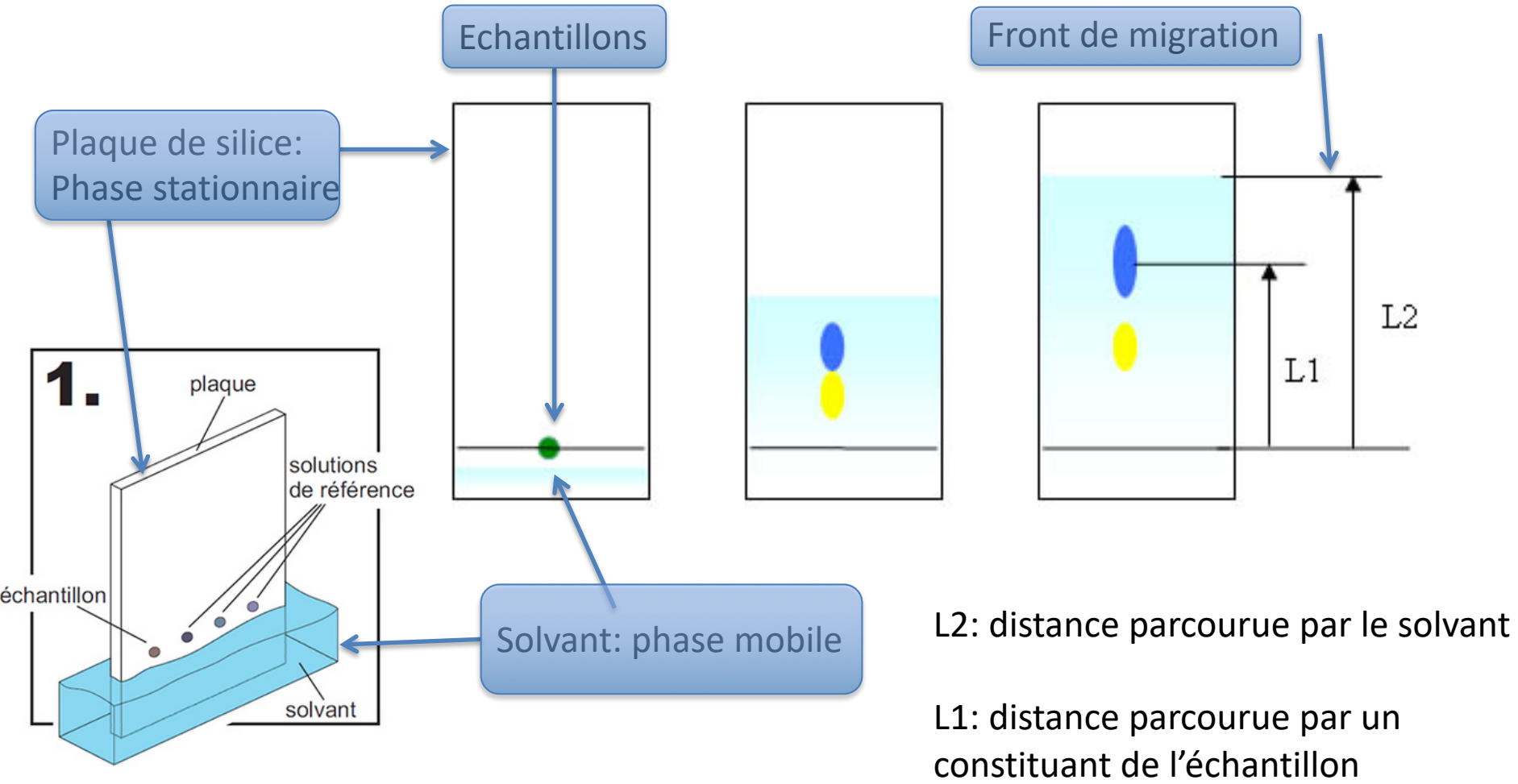
2. Identifier : Par rapport à un standard connu

En spectrométrie de masse

# IV. Techniques d'analyse des lipides

## Principe

Chromatographie sur couche mince=CCM (Thin Layer Chromatography TLC)

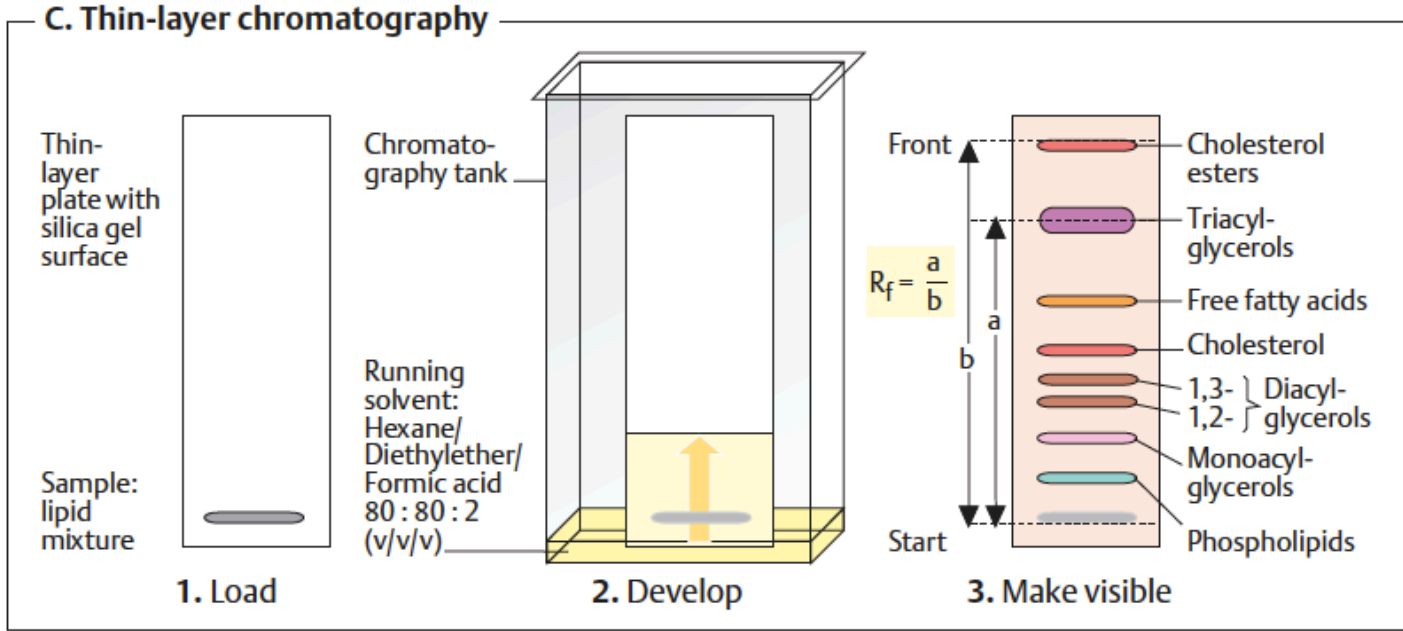


$L_2$ : distance parcourue par le solvant

$L_1$ : distance parcourue par un constituant de l'échantillon

# IV. Techniques d'analyse des lipides 1. CCM

## Chromatographie sur couche mince=CCM (Thin Layer Chromatography TLC)



- Esters de cholesterol
- TAG
- Acide Gras libre
- Cholesterol
- Di-acyl glycérol
- Mono acyl glycerol
- Phospholipides

Phase stationnaire: plaque de silice

Phase mobile : mélange de solvants (plus ou moins polaires)

Séparation en fonction de la solubilité différentielle pour les deux phases

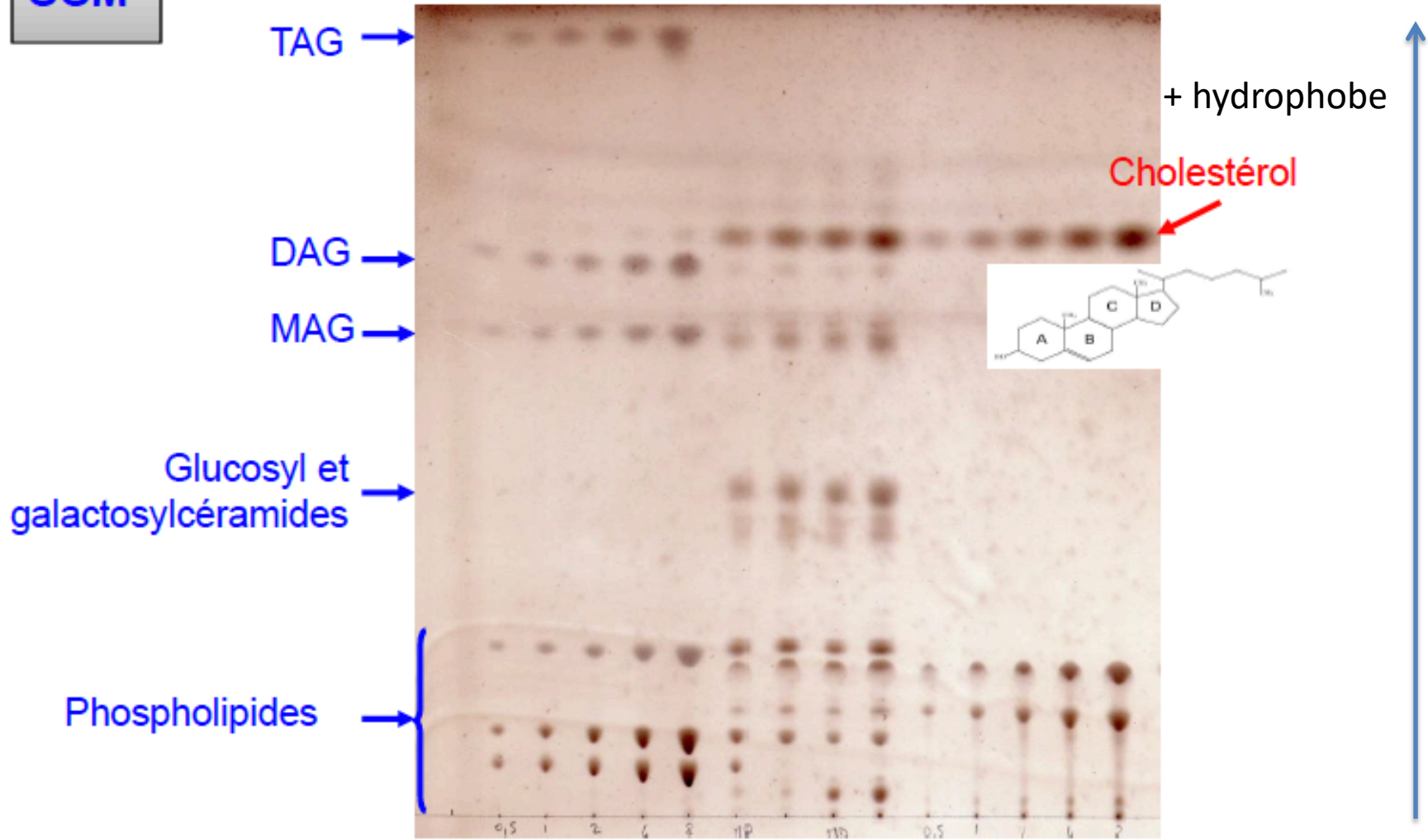
Facteur de rétention ( $R_f$ )=  $\frac{\text{Distance parcourue par le lipide à identifier}}{\text{Distance parcourue par le solvant}}$



# IV. Techniques d'analyse des lipides 1. CCM

Chromatographie sur couche mince=CCM (Thin Layer Chromatography TLC)

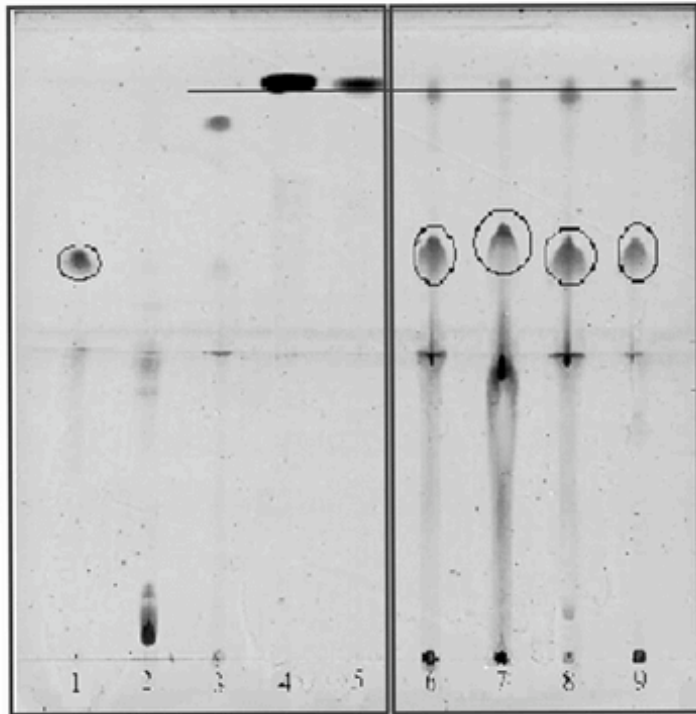
**CCM**



# IV. Techniques d'analyse des lipides 1. CCM

Chromatographie sur couche mince=CCM (Thin Layer Chromatography TLC)

Utilisation de références



Références

- 1 : acide gras (C22:6)
- 2 : phospholipide (phosphatidylcholine)
- 3 : triglycéride (trioléine)
- 4 : cholestérol (ester de cholestérol)
- 5 : cire (oléate d'oléyle )

Echantillons

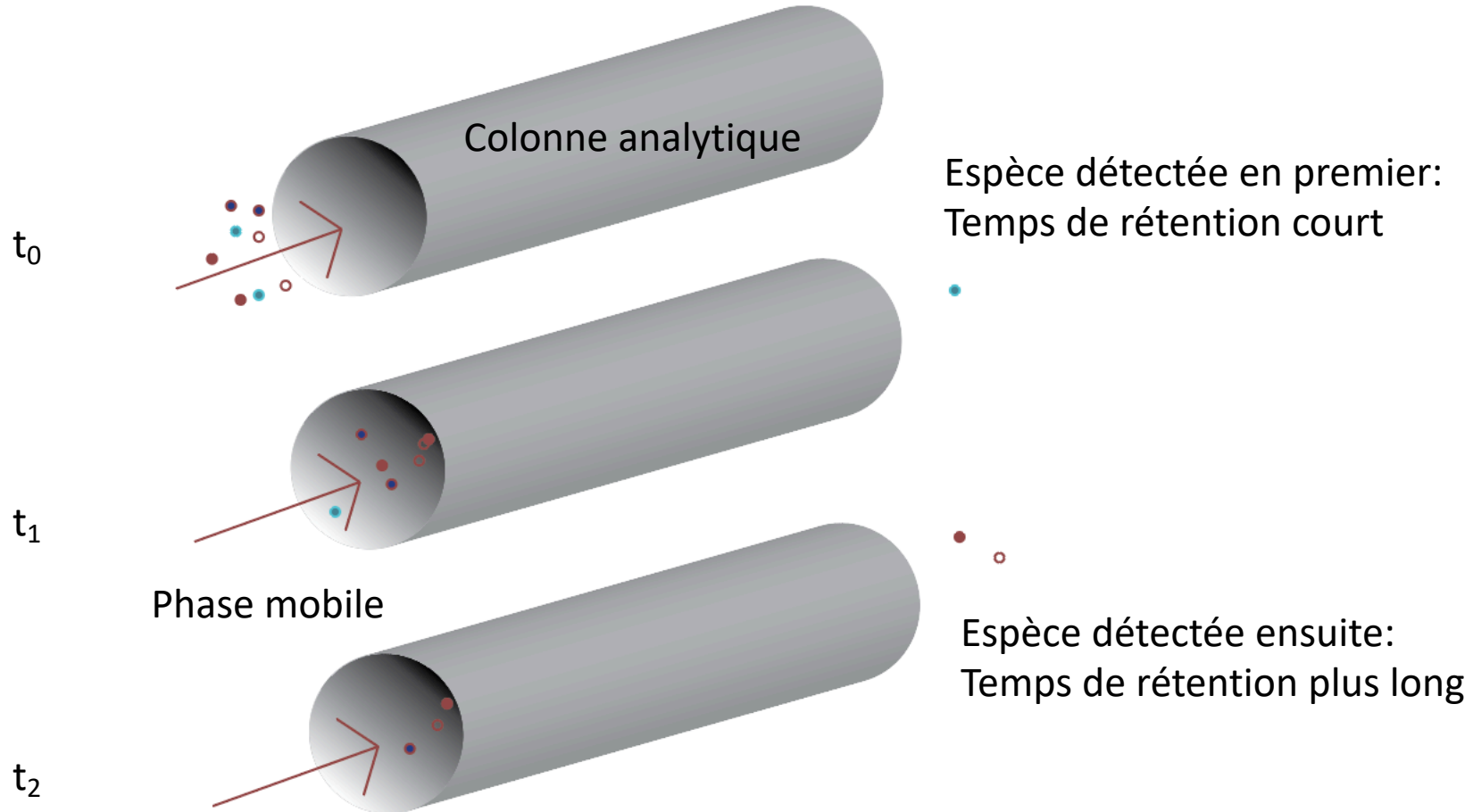
- 6 : graisse de vertèbre CRMM (surface)
- 7 : graisse de roqual Muséum (surface)
- 8 : graisse de vertèbre CRMM (à coeur)
- 9 : graisse de roqual Muséum (à coeur)

Echantillons de références

Echantillons à analyser

# Techniques d'analyse des lipides

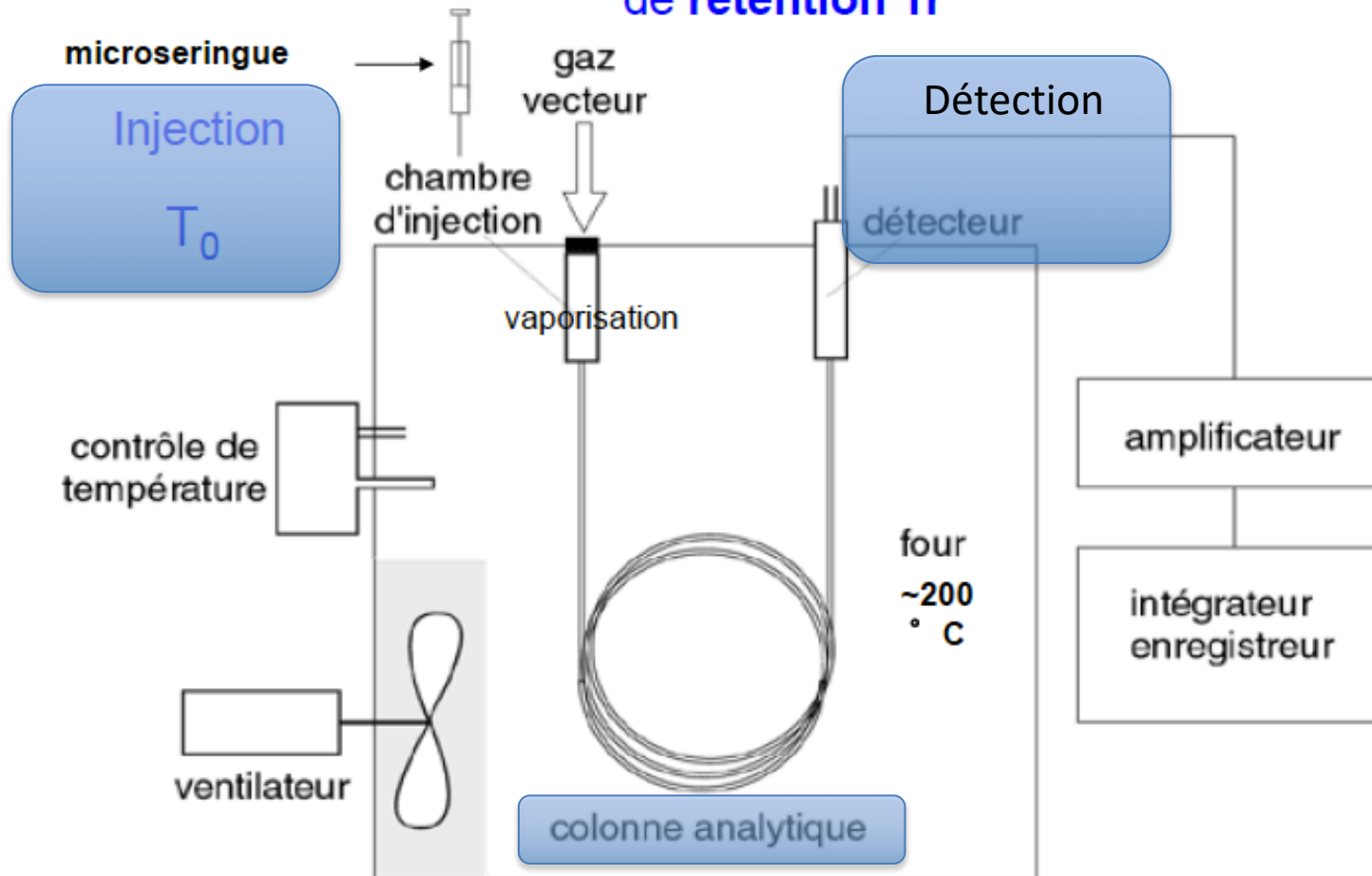
## Chromatographie sur colonne: principe



# Techniques d'analyse des lipides

Chromatographie en phase gazeuse.

Caractérisation des composés par le temps de rétention  $T_r$



Colonne: lieu de séparation en fonction de l'affinité des lipides pour la colonne

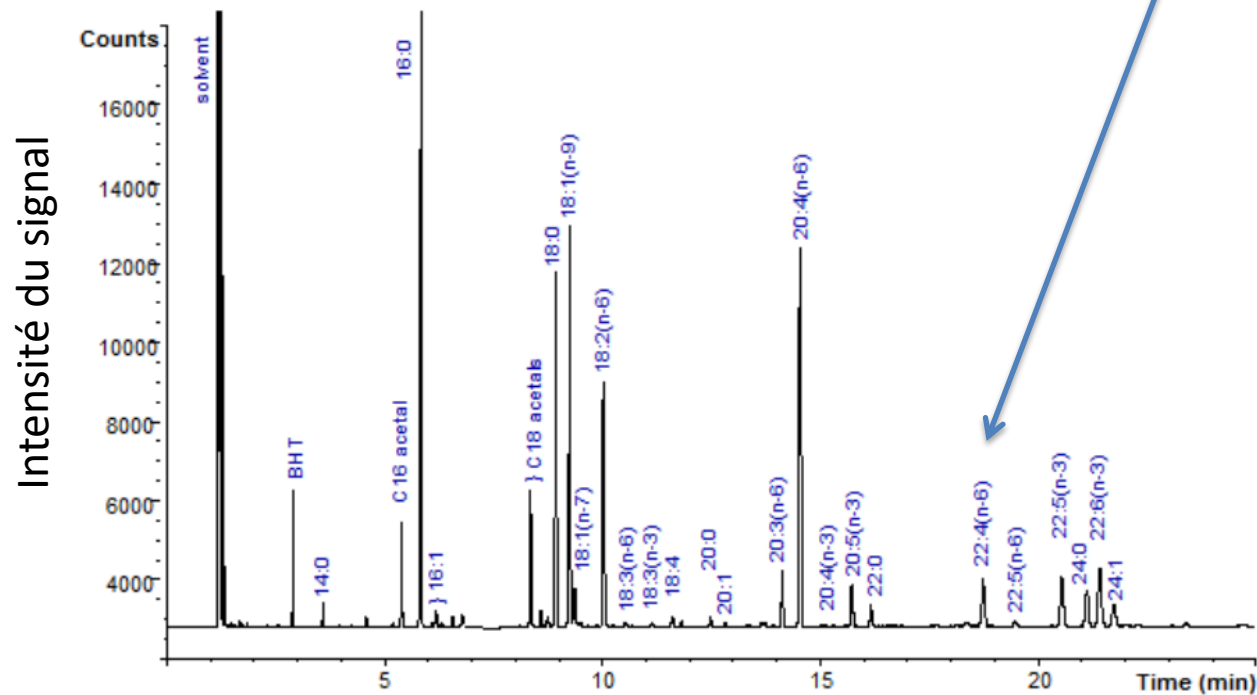
# Techniques d'analyse des lipides

Détection du signal en fonction du temps

Plus une molécule est retenue dans la colonne = Plus le temps est long

Molécule moins retenue dans la colonne

Molécule retenue dans la colonne  
moins entraînée par la phase mobile

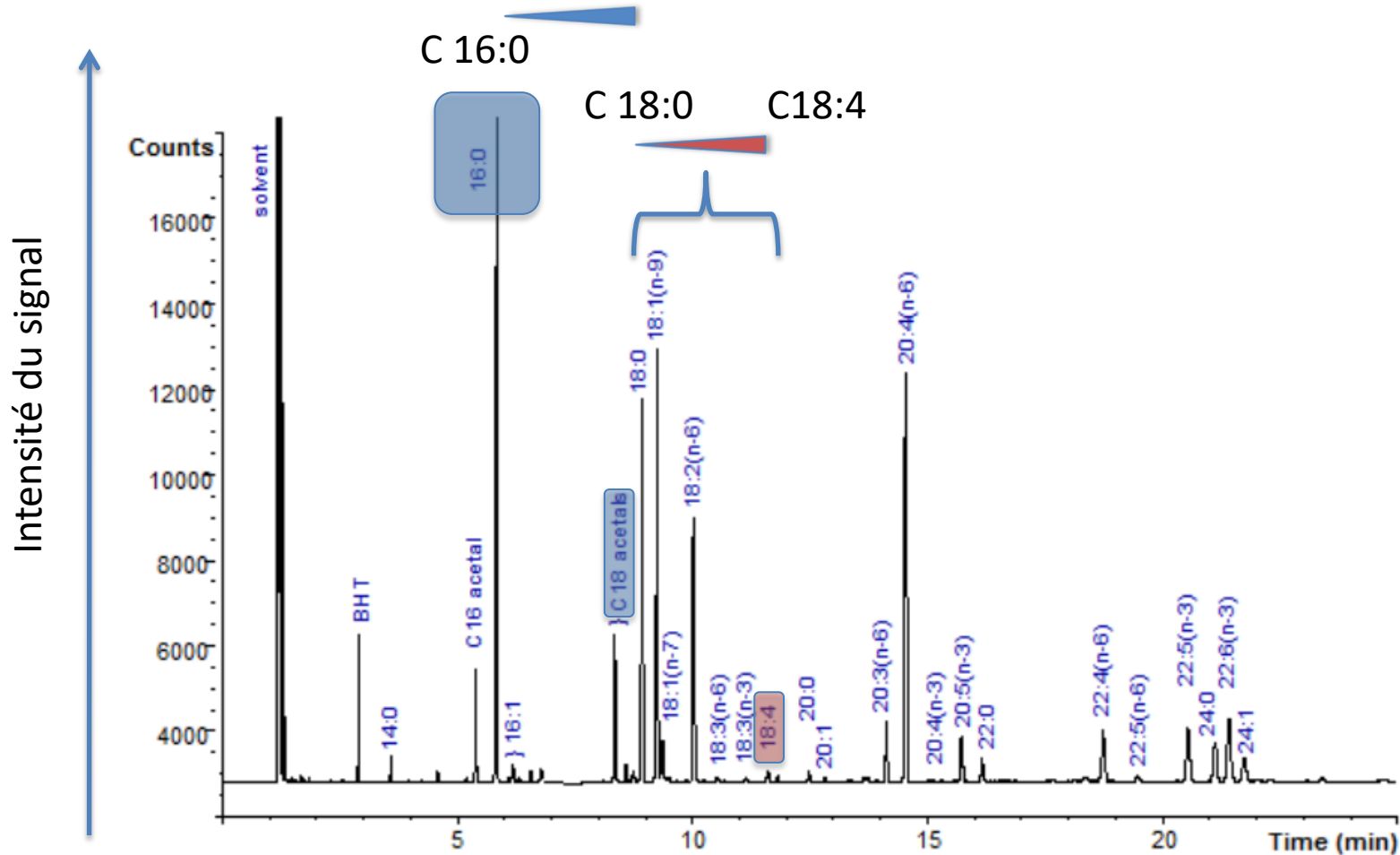


Temps

# Techniques d'analyse des lipides

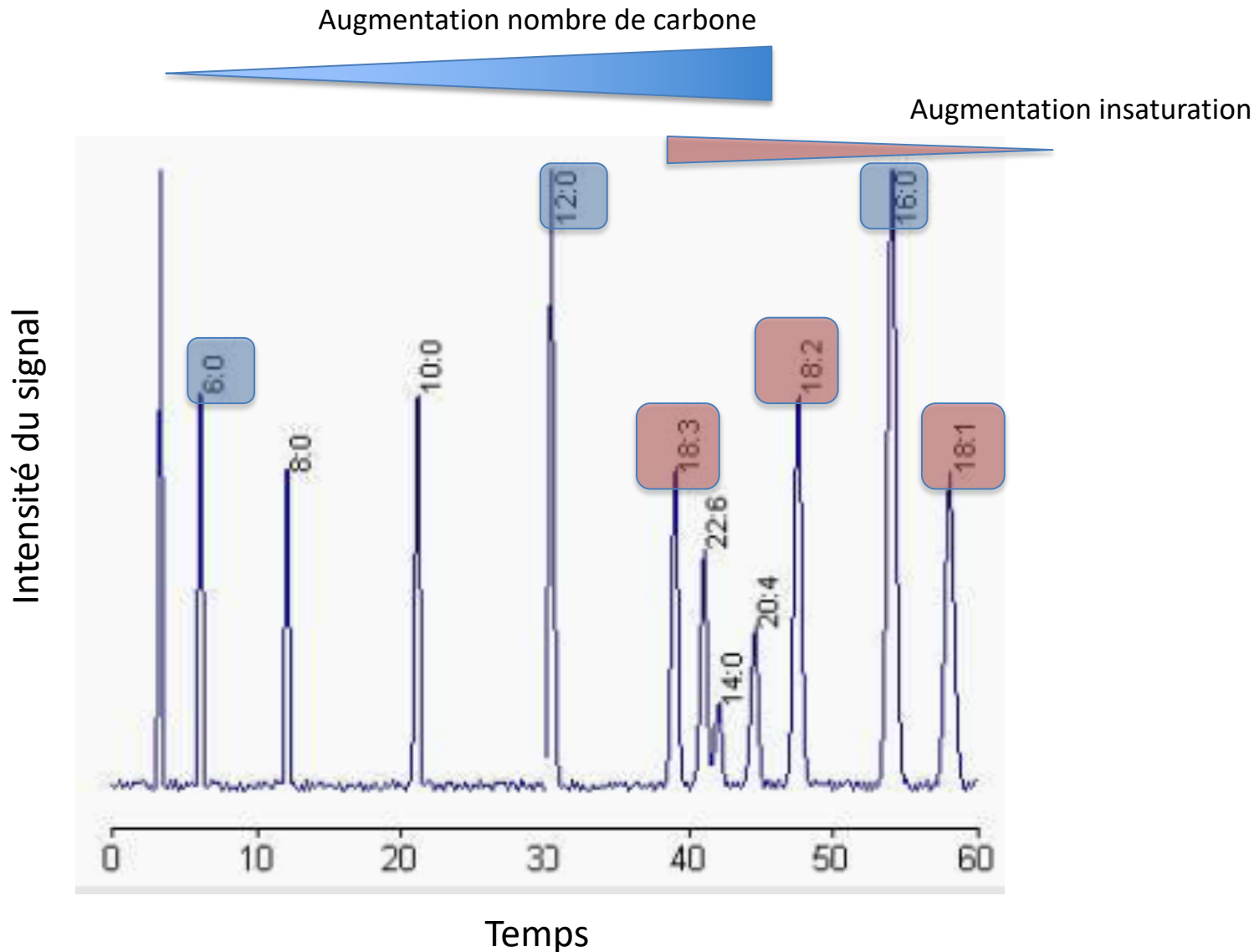
## Chromatographie en phase gazeuse.

Ex: Séparation d'acides gras



# IV. Techniques d'analyse des lipides

Chromatographie liquide par HPLC (High Performance Liquid Chromatography)



# IV. Techniques d'analyse des lipides

---

## Bilan lipidiques: Dosage des lipides plasmatiques

Important pour détecter trouble métabolique des lipides, hypercholestérolémie, risque de CVDD

## Dosage du cholestérol et des triglycérides

Technique de dosage :

- Production de  $H_2O_2$  en quantité proportionnelle à l'élément à doser

L'  $H_2O_2$  est utilisé pour produire un chromophore mesurable en spectrophotométrie.

Dosages des lipoprotéines par électrophorèse (cf transport des lipides dans l'organisme)



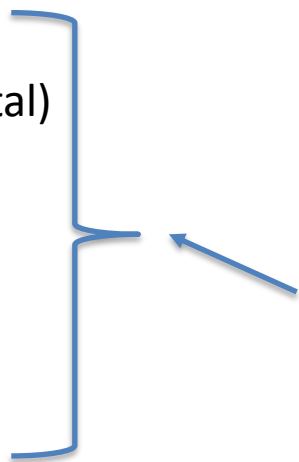
# IV. Techniques d'analyse des lipides

dosage colorimétrique

du cholestérol (total)

et

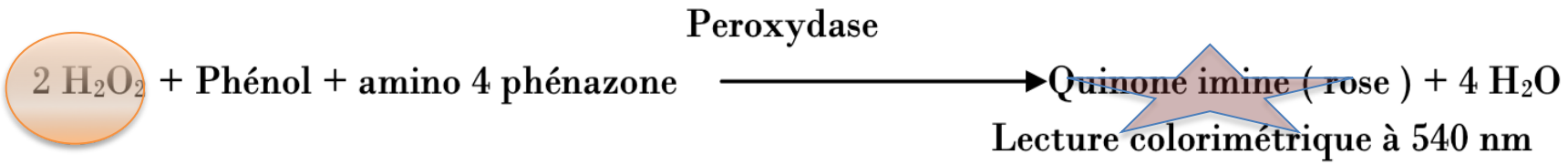
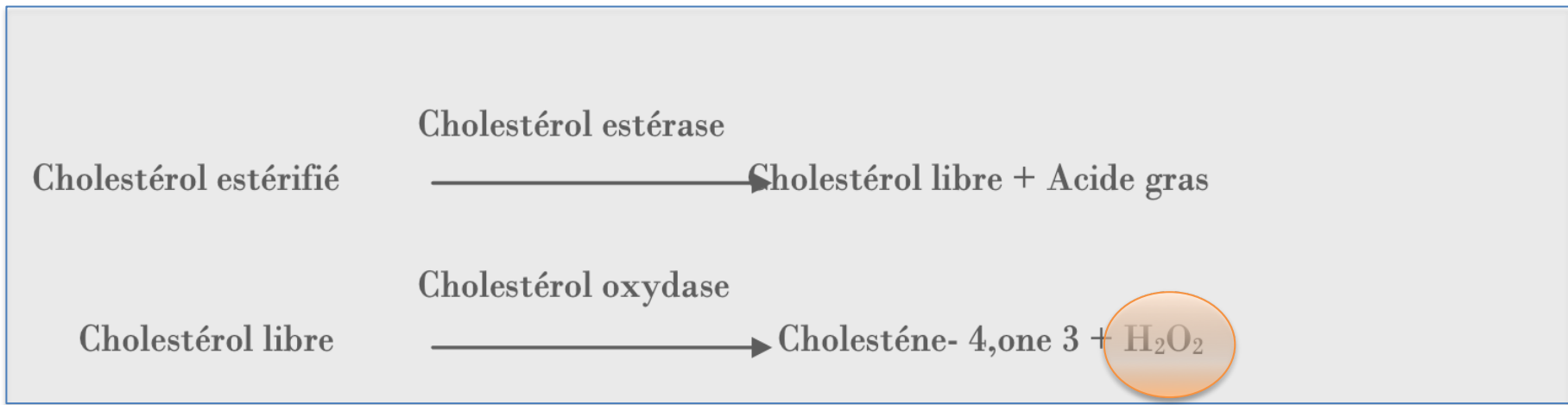
des triglycérides



HEMOGRAMME			
lu-NUMERATION GLOBULAIRE			
Leucocytes	5.000 /mm3		4.000 à 10.000
Hématies	4.390.000 /mm3		3800000 à 5500000
Hémoglobine	13,4 g%		11,5 à 16,0
Hématocrite	39,2 %		37,0 à 47,0
V.G.M.	89 u3		80 à 100
C.C.M.H.	34,2 %		30,0 à 36,0
T.C.M.H.	30,5 uug		27,0 à 32,0
FORMULE SANGUINE			
Polynucléaires neutrophiles	56.0 %	2800 /mm3	1500 à 7500
Polynucléaires éosinophiles	2.7 %	135 /mm3	40 à 500
Polynucléaires basophiles	0.3 %	15 /mm3	10 à 100
Lymphocytes	34.2 %	1710 /mm3	1500 à 4000
Monocytes	6.8 %	340 /mm3	20 à 1300
FROTTIS SANGUIN			
NUMERATION DES PLAQUETTES 190.000 /mm3 150.000 à 500.000			
VITESSE DE SEDIMENTATION			
1ère heure	6 mm		
2ème heure	14 mm		inf. à 30
<b>BIOCHIMIE</b>			
		Valeurs de référence	Antérieurs
GLYCEMIE à jeun	0,89 g/l	0,74 à 1,06	
(Technique enzymatique AU2700)	4,94 mmol/l	4,11 à 5,88	
CHOLESTEROL TOTAL	2,35- g/l	inf. à 2,00	
(Technique colorimétrique-AU2700)	6,06 mmol/l	inf. à 5,16	
TRIGLYCERIDES	0,69 g/l	inf. à 1,50	
(Technique colorimétrique-AU2700)	0,79 mmol/l	inf. à 1,71	
POTASSIUM	4,4 mmol/l	3,5 à 5,2	
BILIRUBINE TOTALE	5,9 mg/l	3,0 à 12,0	
(Technique colorimétrique-AU2700)	10,1 umol/l	5,1 à 20,5	
<b>ENZYMOLOGIE</b>			
		Valeurs de référence	Antérieurs
TRANSAMINASES S.G.O.T.	16 UI/l	inf. à 31	
(Technique cinétique UV-AU2700)			
TRANSAMINASES S.G.P.T.	17 UI/l		

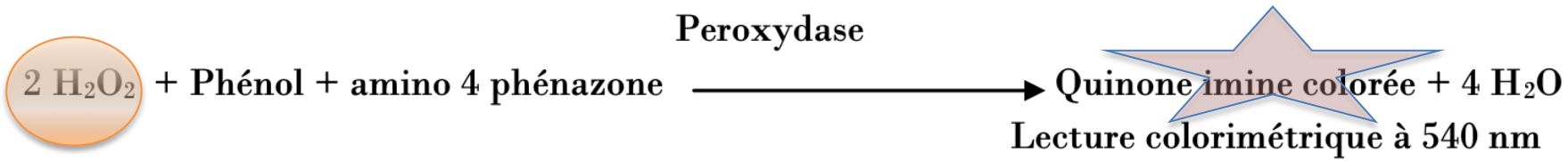
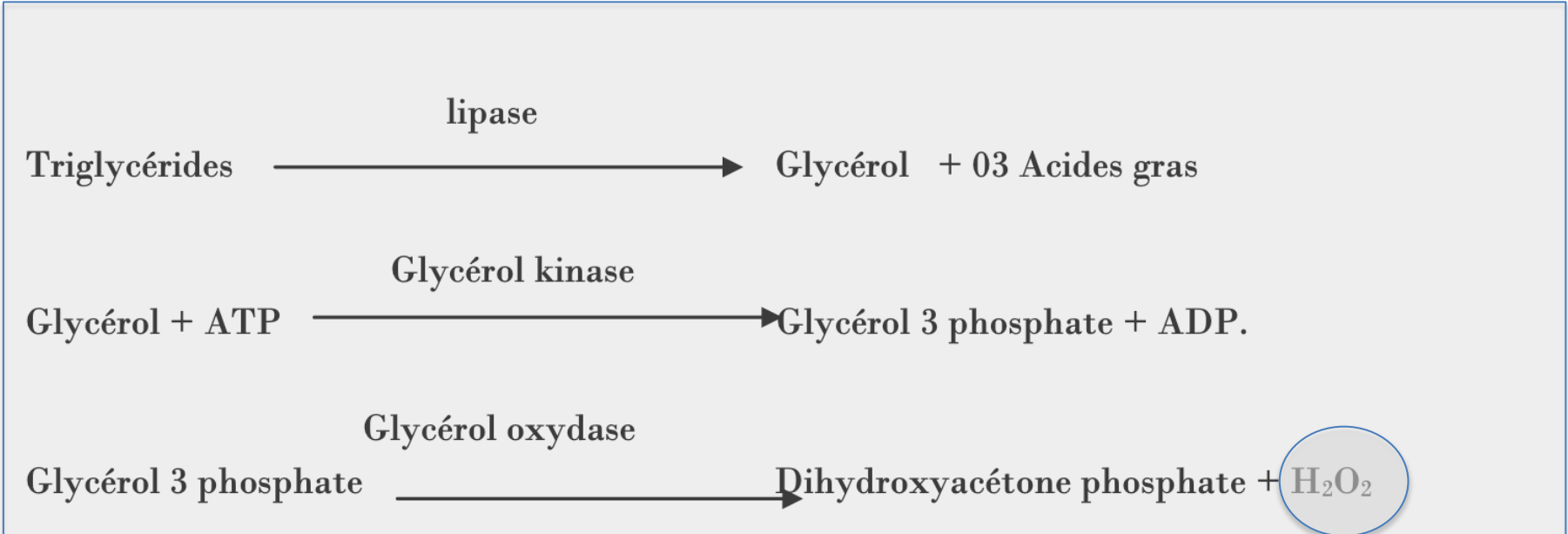
# IV. Techniques d'analyse des lipides

## Dosage du cholestérol total (ester de cholestérol et cholestérol)



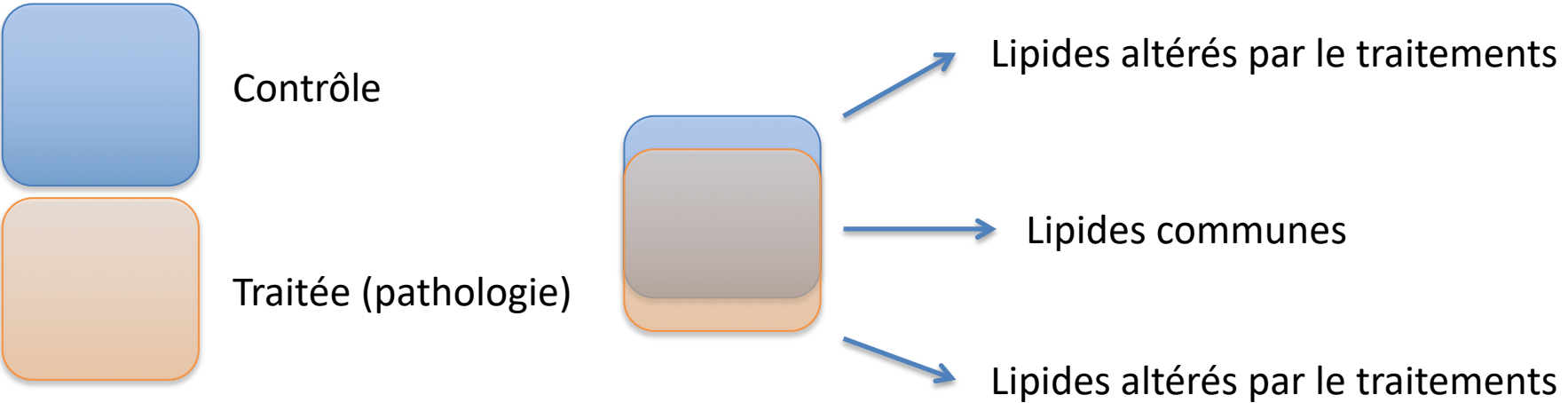
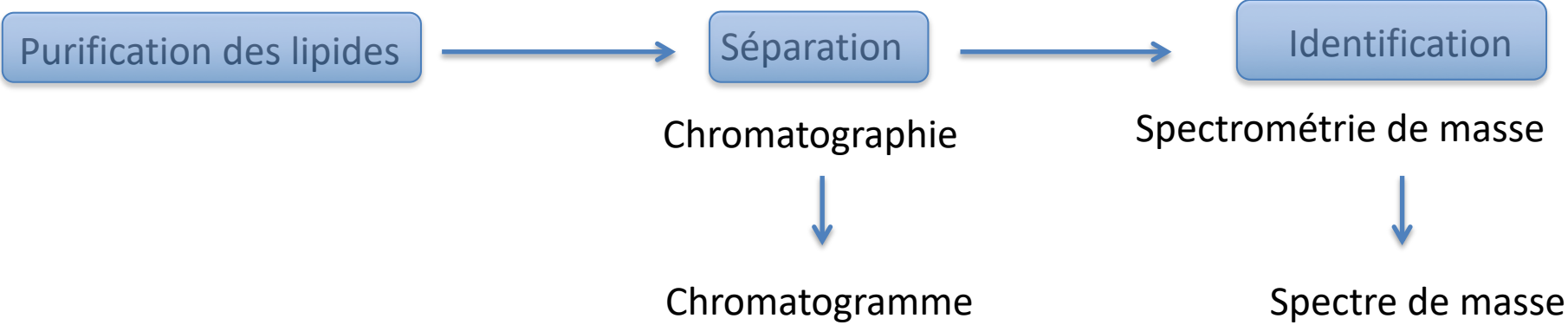
# IV. Techniques d'analyse des lipides

## Dosage des triglycérides

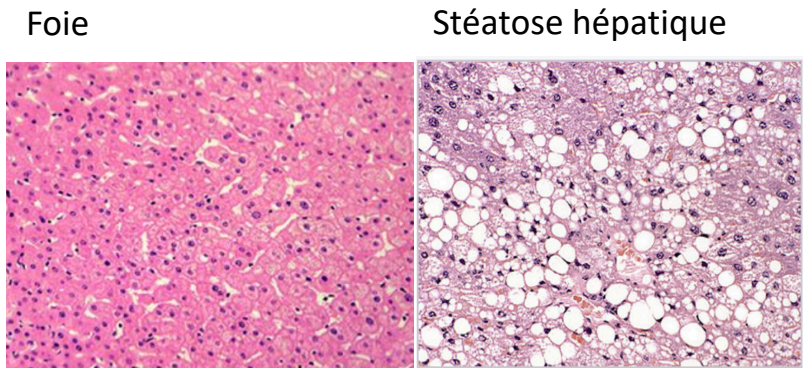


# IV. Techniques d'analyse des lipides Analyse lipidomique

Analyse exhaustive de l'ensemble des lipides composant un échantillon biologique  
Couplage chromatographie/spectrométrie de masse



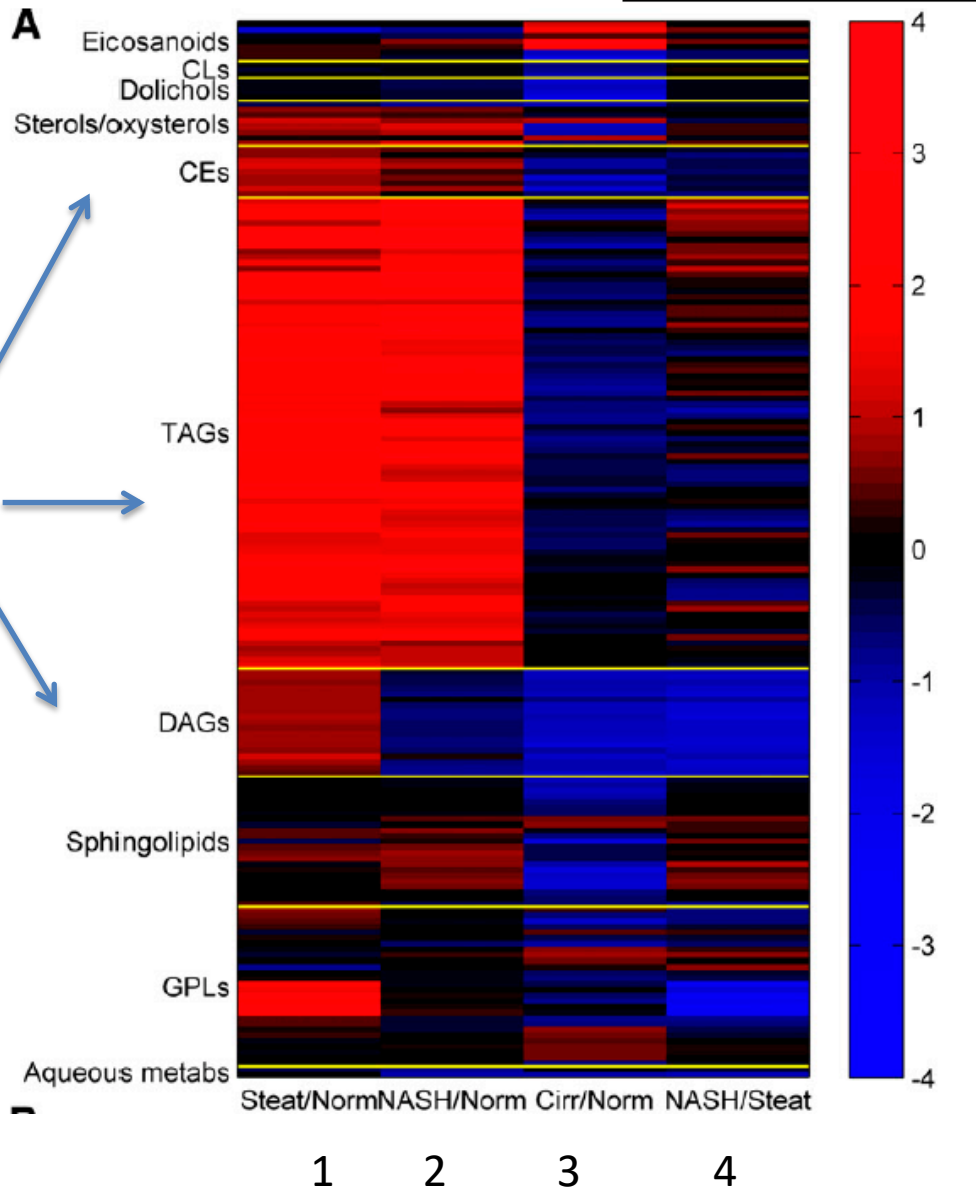
# IV. Techniques d'analyse des lipides Analyse lipidomique




Différentes espèces analysées

Rapports des conditions

1. Stéatose/Foie normal
2. Stéatose Non alcoolique/Normal
3. Cirrhose/Normal
4. Stéatose non alcoolique/stéatose



How to participate?



Copy participation link

- 1 Go to [wooclap.com](https://wooclap.com)
- 2 Enter the event code in the top banner

Event code  
**HFXQQF**

- 1 Send **@HFXQQF** to **06 44 60 96 62**
- 2 You can participate

Le lipide X a une masse molaire de 300 g/mole, 2 insaturations et un indice d'iode d'environ 170.

Le lipide Y a trois insaturations et une masse molaire de 300 g/mole

Quel est l'indice d'iode du lipide Y ?