

Structure et oxydation des lipides, impact métabolique

Claude Genot, UR BIA, Nantes

Marie-Caroline Michalski, UMR RMND, Lyon

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

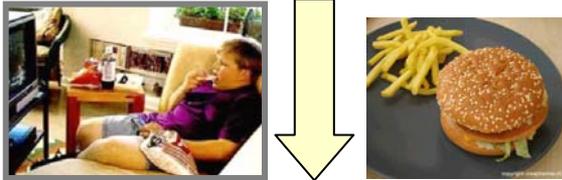


Plan de la présentation

- Introduction : lipides & maladies métaboliques
- Structure et oxydation des lipides
 - Les structures moléculaires de lipides
 - Les acides gras polyinsaturés (AGPI) : des molécules sensibles à l'oxydation
 - Structures et organisations supramoléculaires des lipides dans les aliments : importance pour l'oxydation des AGPI
- Conséquences métaboliques
 - Structures des lipides et métabolisme digestif
 - Structures des lipides et stress oxydant
- Conclusion & perspectives

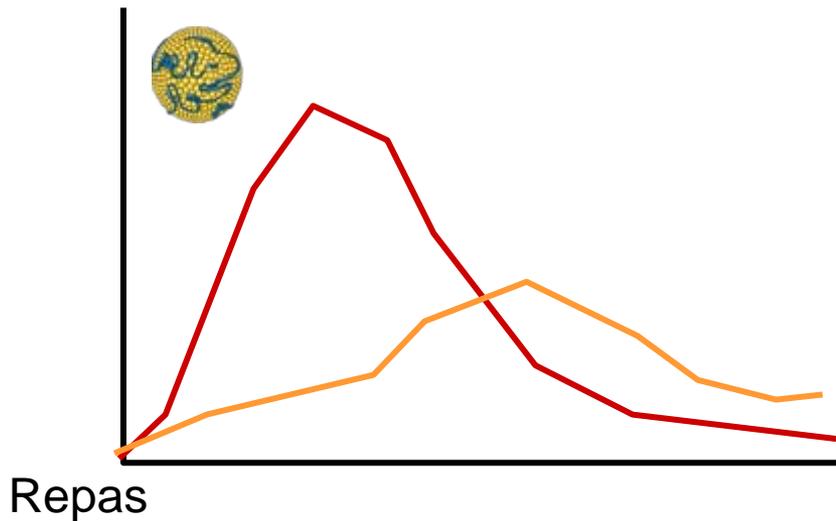
Troubles du métabolisme des lipides

Sédentarité, régime déséquilibré



Obésité
Diabète de type 2

- Lipides sanguins élevés au cours de la digestion et mauvaise utilisation par les tissus = risque métabolique



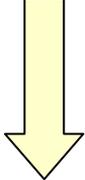
Conséquences / santé :
Oxydation/élimination (sain)
VS
Stockage/toxicité (obèse)

**Risque d'athérosclérose ↗
(maladies cardiovasculaires)**

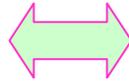
**Risque d'insulinorésistance ↗
(diabète de type 2, dit « gras »)**

Désordres métaboliques associés au métabolisme lipidique

Sédentarité, régime déséquilibré



Obésité
Diabète de type 2



**Stress oxydant
Inflammation à bas bruit**



Rôle des
acides gras
polyinsaturés



Athérosclérose

Résistance à l'insuline

Stratégies de
prévention :

Lipides alimentaires :
modulation de la
lipémie et du stress
oxydant

→ Rôle de la structure
des lipides dans
l'aliment, au-delà du
profil en acides gras

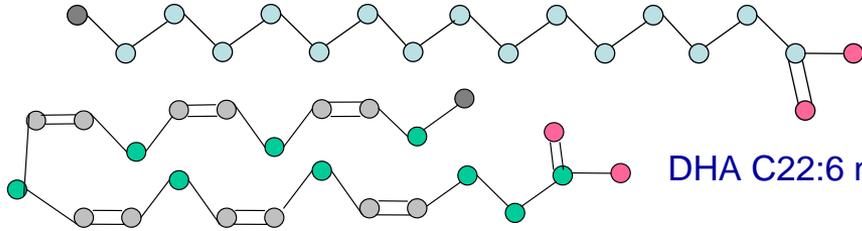
Structure et oxydation des lipides

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



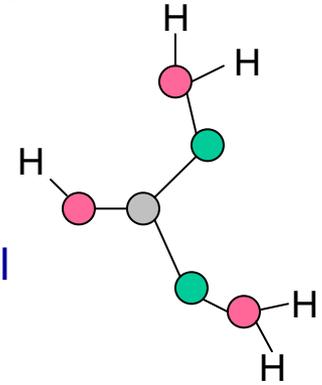
Les structures moléculaires des lipides vectrices d'acides gras

Acides Gras 



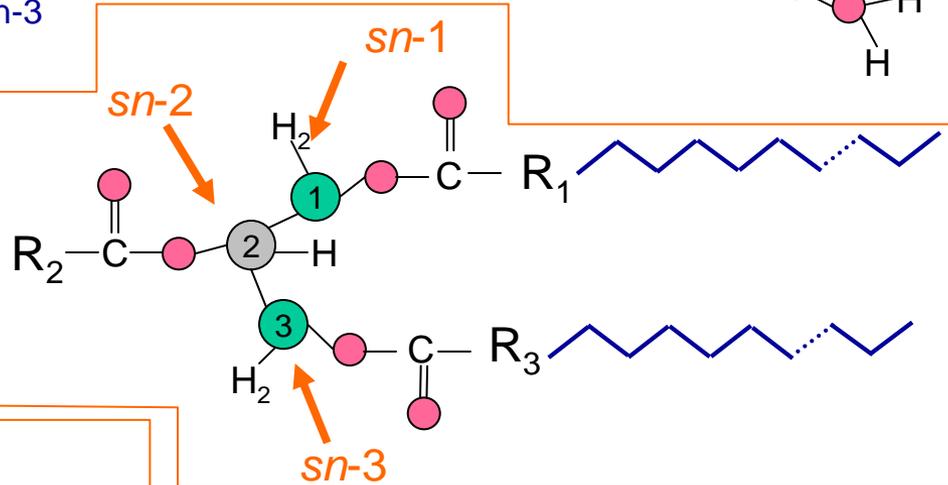
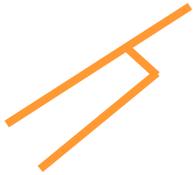
Acide palmitique
C16

DHA C22:6 n-3

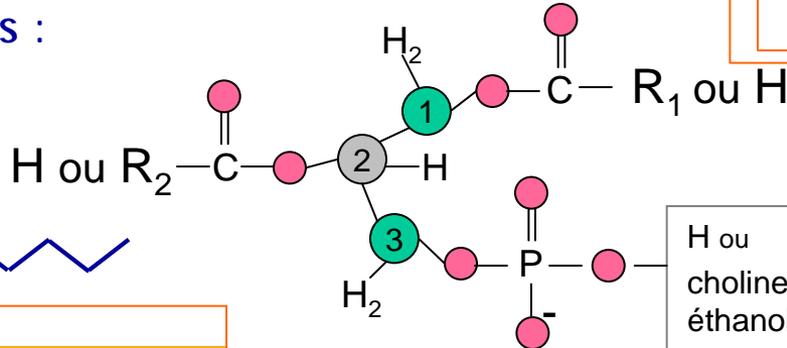


Glycérol

Triglycérade = triacylglycérol (TAG)



Phospholipides :



phosphatidylcholine
phosphatidyléthanolamine
phosphatidylsérine, ...

Lécithines

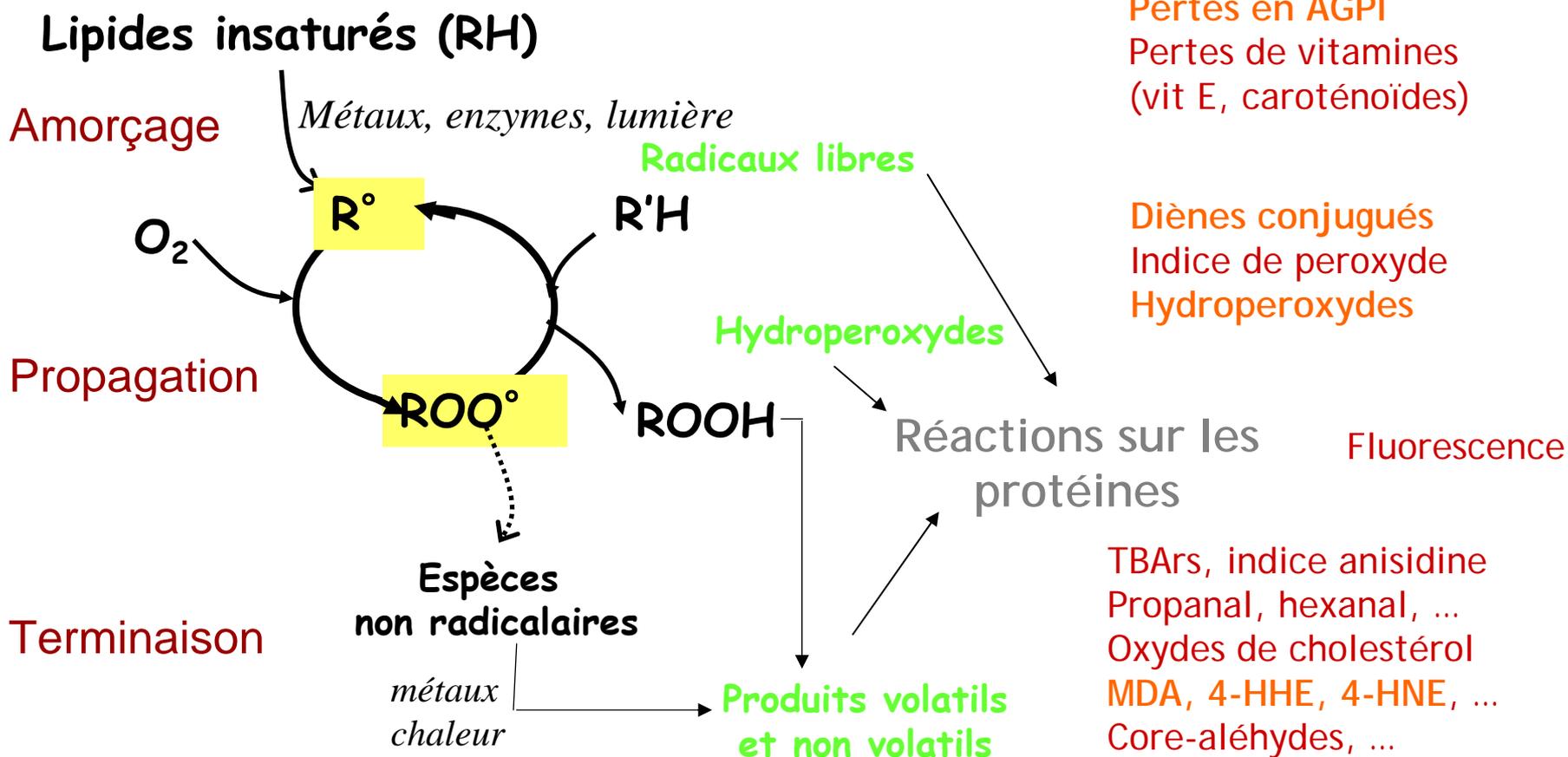
H ou
choline : $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ou
éthanolamine : $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
sérine : $\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
inositol
...

AG insaturés



-  : CH
-  : CH_2
-  : CH_3
-  : O

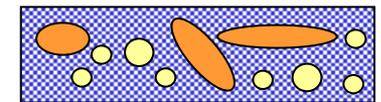
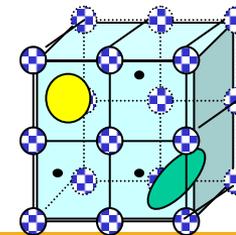
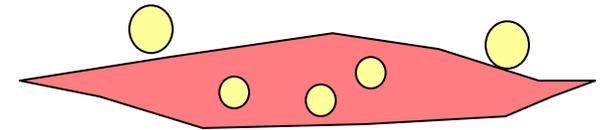
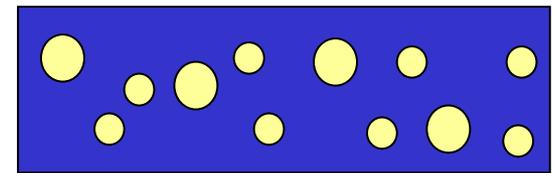
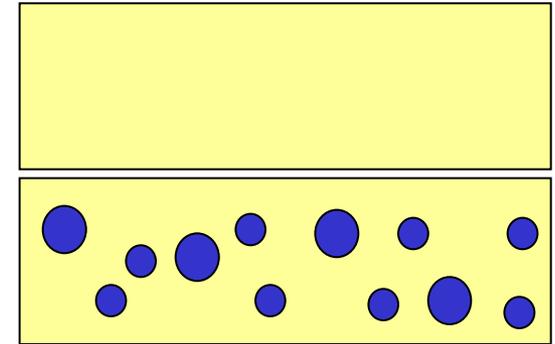
Les acides gras polyinsaturés : molécules essentielles mais sensibles à l'oxydation



Perte de qualités nutritionnelles
et sensorielles
+ effets santé ?

Différentes structures des lipides dans les aliments

- Phase continue lipidique :
 - Matière grasse libre : huile et saindoux
 - Emulsion eau/huile : beurre, margarine
 - Particules dans MG solide : chocolat
- Phase continue aqueuse :
 - Emulsion huile/eau : sauce, lait
 - Gouttelettes lipidiques intracellulaires et structures membranaires (tissus) : viande, jaune d'œuf, végétaux
- Structure solide complexe :
 - Insertions lipidiques dans matrice glucidique ou protéique : produits élaborés (biscuits, fromages)



1-10 μm

Différentes structures des lipides dans les aliments

Triglycérides

Phospholipides

Structures

Structures

Micelles
Vésicules
Liposomes
Membranes

Huile

« Matière grasse libre »,
Cristaux

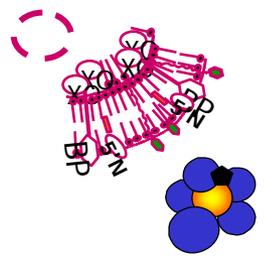
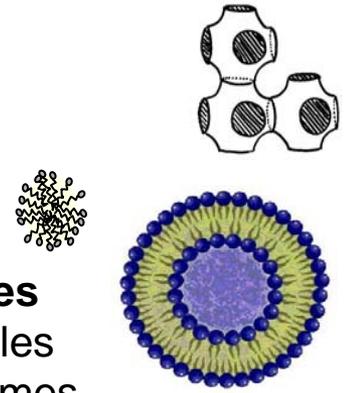
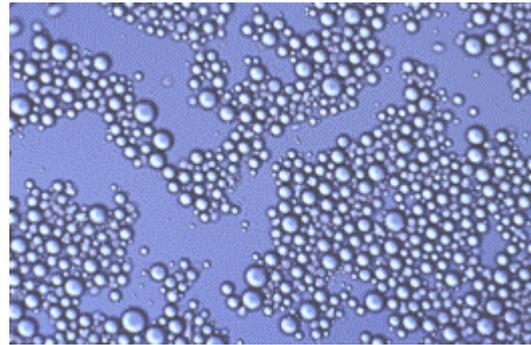
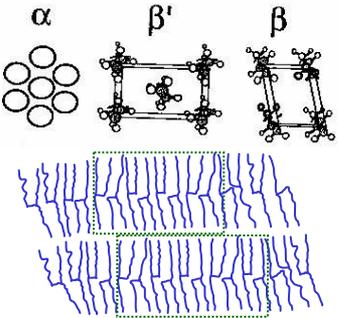
Gouttelettes lipidiques
Globules gras

protéines

Interface :

Monocouche
Tricouche
Membrane biologique

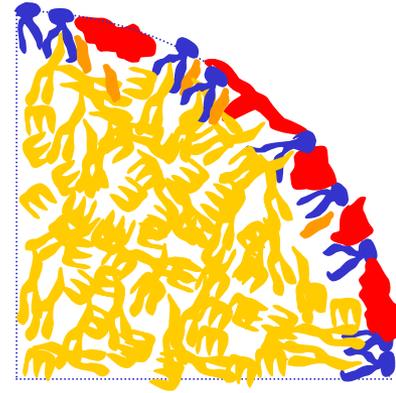
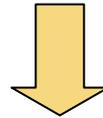
Emulsion : dispersion de gouttelettes
stabilisées par des molécules tensioactives



Importance des structures sur la réactivité des lipides



Diversité moléculaire
+
Caractéristiques physiques



- Réactivité chimique et enzymatique
hydrolyse, oxydation
- Réactivité « physique »
- Réactivité « biologique »

+

Environnement



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Importance de ces structures sur la réactivité des lipides

- Structures moléculaires et oxydation ?
- Structures supramoléculaires et oxydation ?

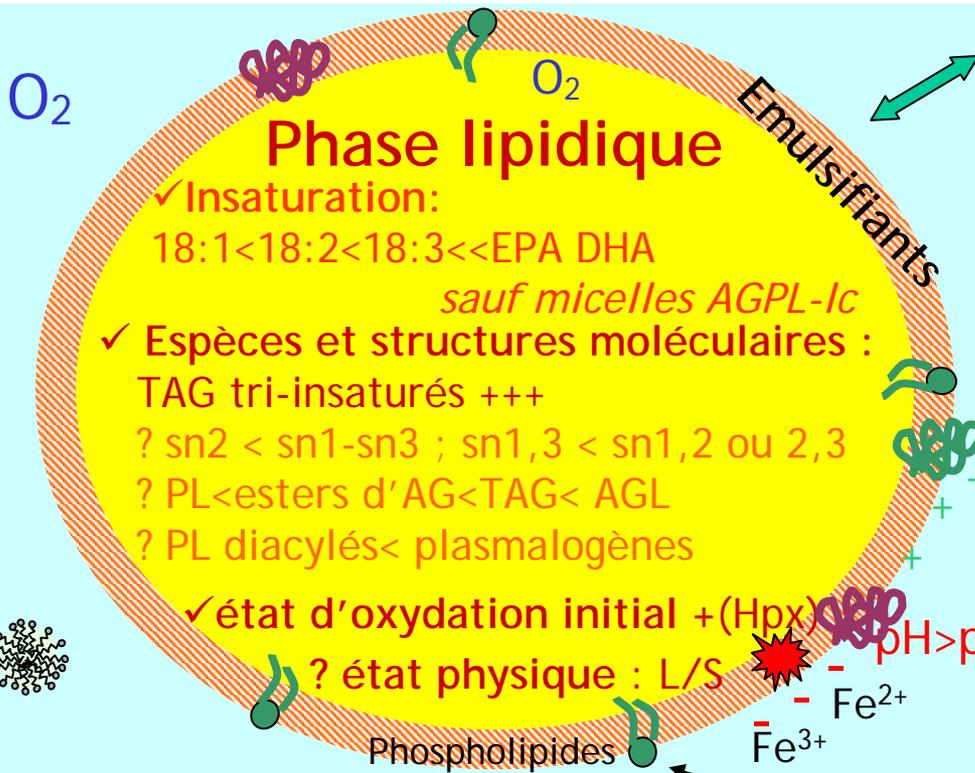
Importance des structures sur l'oxydation des lipides - cas des émulsions

Etat de dispersion
Surface d'interface (+ ou -)
Procédé d'homogénéisation

O₂

O₂

O₂



Interfaces

Charge + < -

Structure, cohésion, perméabilité

Barrière chimique et/ou chimique ?

Phospholipides : antioxydants

Surfactant < protéines (Berton, 2010)

Protéines < surfactants

Émulsifiants non adsorbés

Protéines (-)

Micelles (AGL, surfactants) (+ ou -)

Liposomes (PL) ?

Antioxydants (-, 0 ou +)

localisation - interactions - synergies

✓ Agents épaississants

✓ Sel

✓ Minéraux - métaux

Conditions environnementales

✓ Température (+) / traitements thermiques (+)

✓ Oxygène (+) (atmosphère - emballage)

✓ Agitation (+) / traitements mécaniques (+)

Conséquences métaboliques des structures et de l'oxydation des lipides

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Structure des lipides et digestion

*Importance de la structure des lipides
et de la matrice alimentaire*

1 Emulsification

Dispersion des lipides
Réorganisation

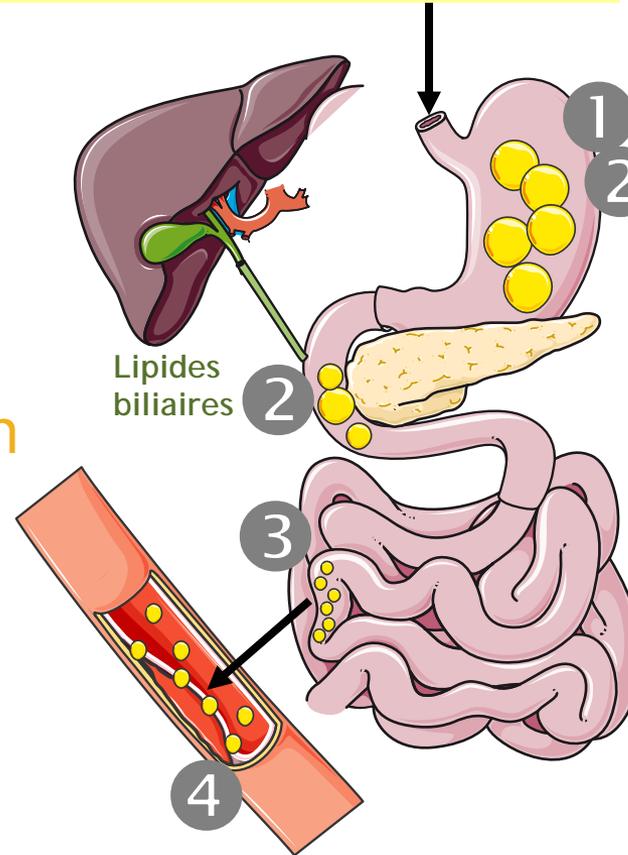
2 Hydrolyse enzymatique

3 Solubilisation, absorption

Micelles, vésicules

4 Transport

Chylomicrons



Etape gastrique
Lipase gastrique
(triglycérides)

Etape intestinale

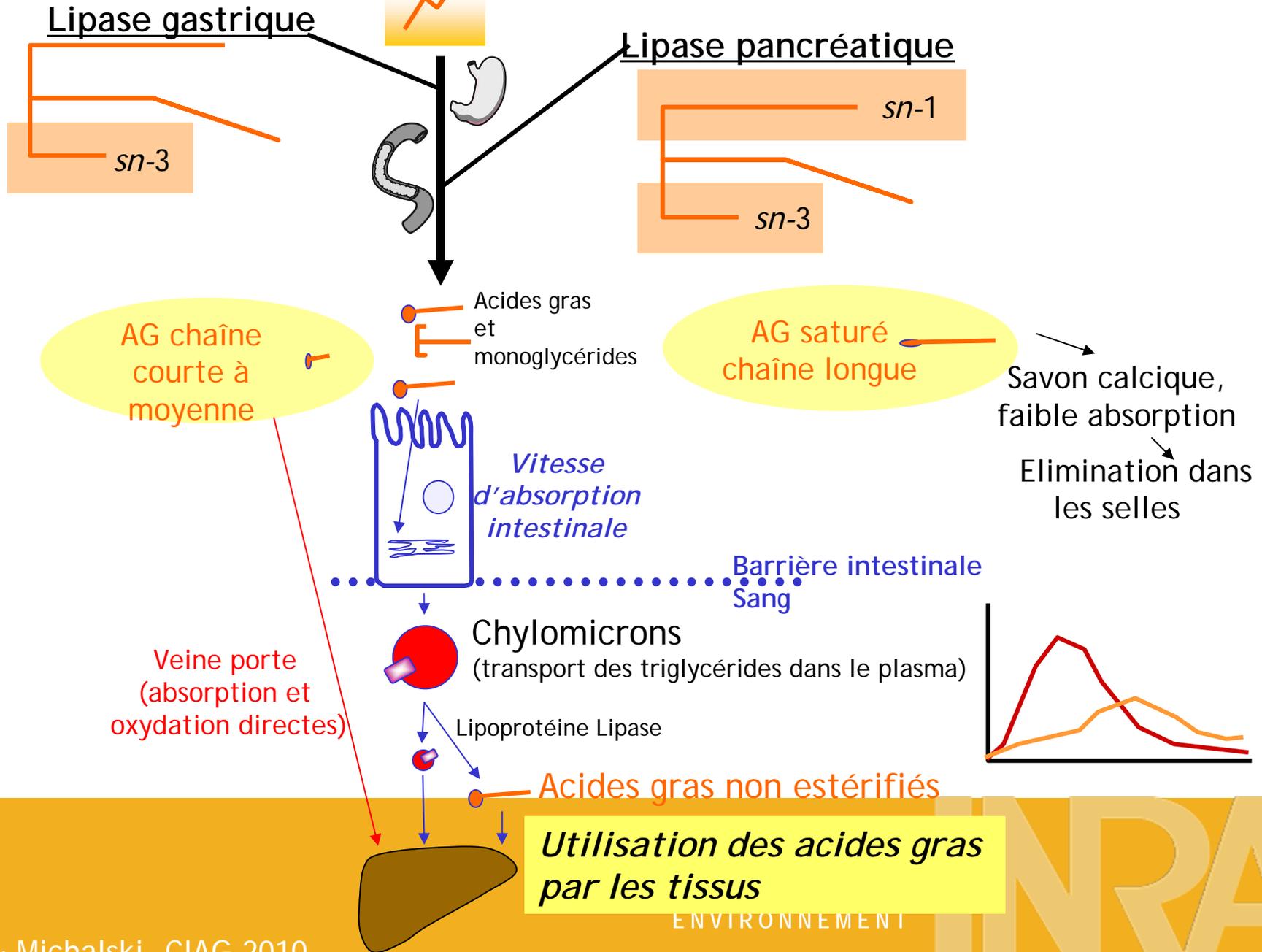
- Lipase/colipase pancréatique (triglycérides)
- Phospholipase A2 (phospholipides)
- CEH/BSSL (TG, PL, esters de cholestérol & vit...)

Armand 2007, Favé 2004, Phan 2001

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Triglycéride : 1 molécule lipidique dans une structure alimentaire complexe



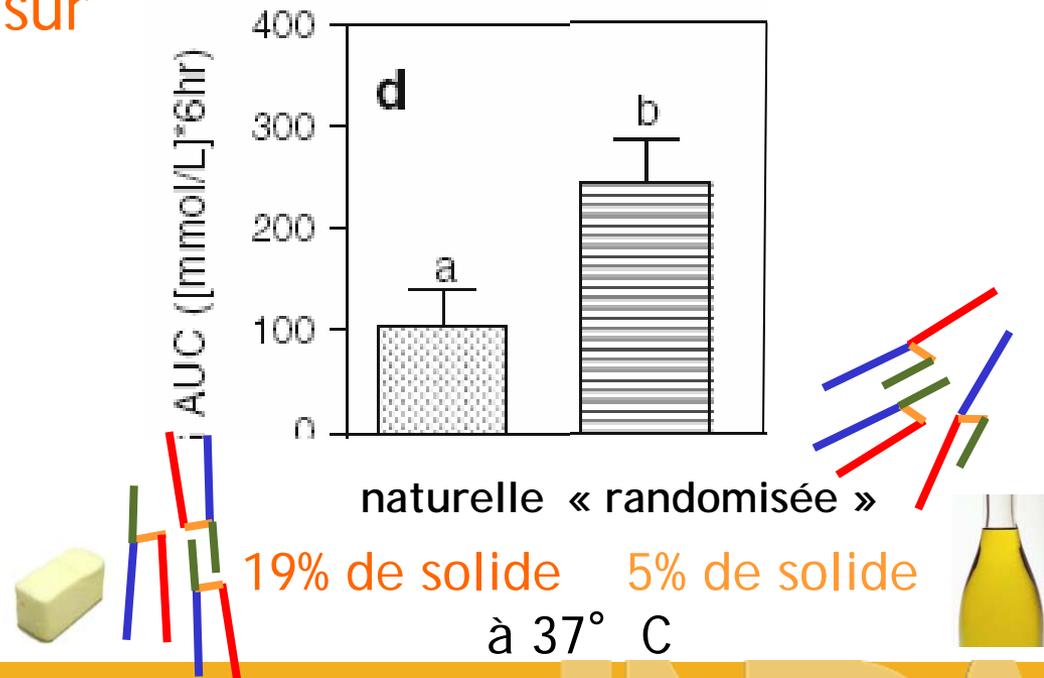
Importance de la structure des TG et de l'état solide de la matière grasse

- Chez les obèses, la matière grasse est plus absorbée quand les acides gras sont redistribués aléatoirement sur les TG, par rapport à la configuration naturelle des acides gras sur ces TG :

importance de la teneur en MG solide

(Robinson et al. Lipids 2008)

Accumulation des lipides dans le sang durant la digestion :



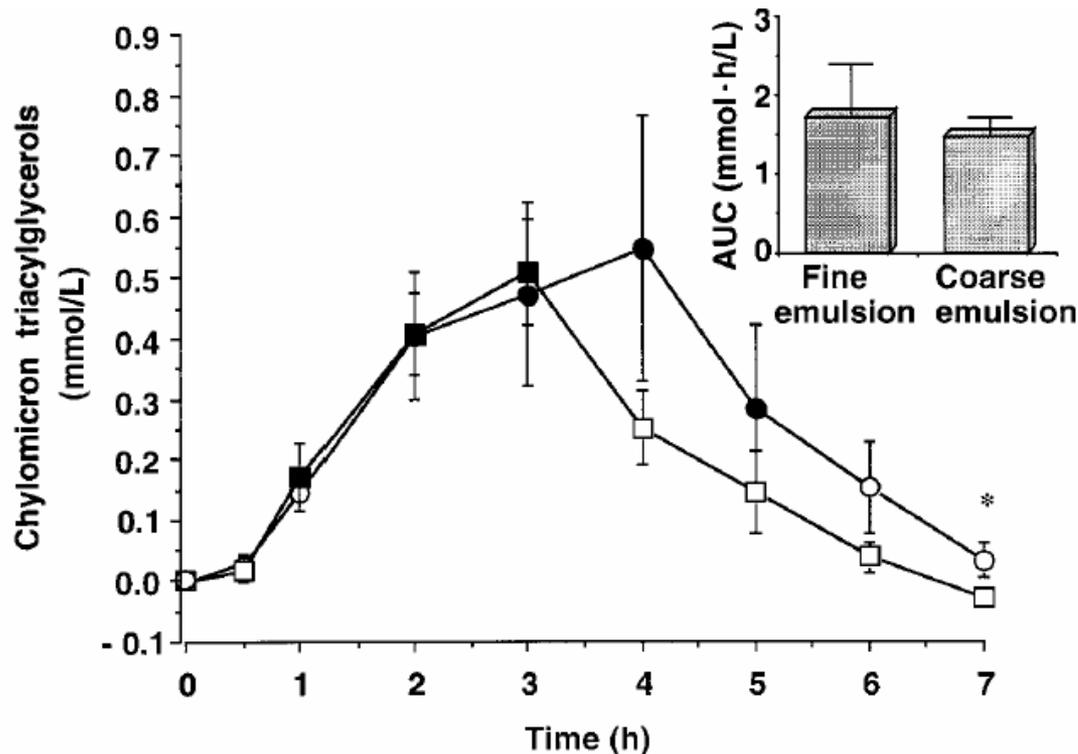
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Digestion des lipides selon leur structure émulsionnée

- Digestion d'émulsions de tailles de gouttelettes différentes (1 vs 10 μm) *Armand et al., 1999*

- Lipolyse digestive plus élevée avec les petites gouttelettes



Digestion des lipides selon structure émulsionnée

- Acides gras ω -3 mieux absorbés à partir d'émulsion que d'huile chez l'homme

Garaiova et al., Nutr. Res. 2007

- Acides gras plus vite métabolisés avec gouttes d'émulsions couvertes de PL que de protéines, chez le rat
- Michalski et al., Eur J Nutr. 2005*

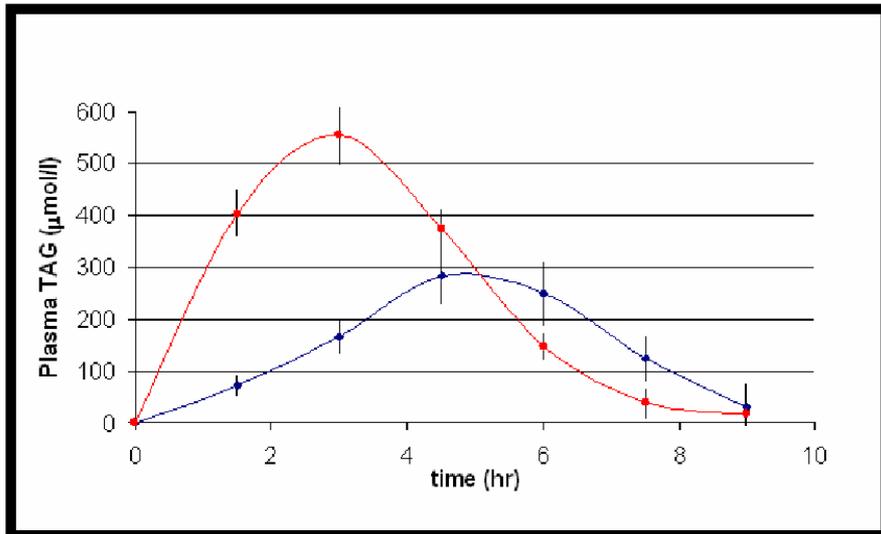
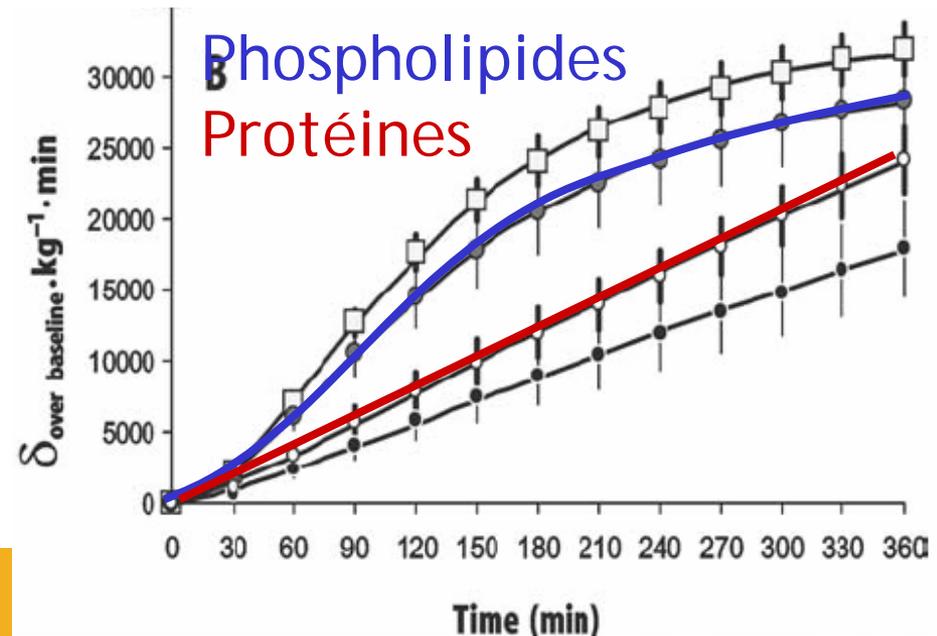


Figure 1
Comparison of the concentration of plasma triacylglycerols for oil and emulsion groups. Values represent Mean \pm SEM of individuals (n = 23) at each time point. \blacklozenge (blue) oil group; \blacksquare (red) emulsion group; SEM – standard error of the mean; n – number of subjects.

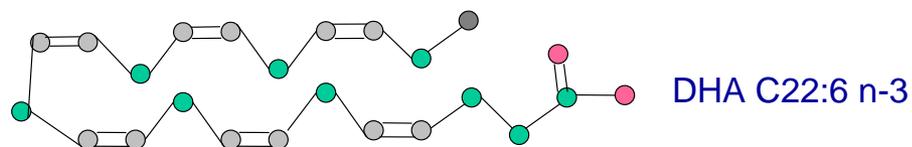


AGRICULTURE

ENVIRONNEMENT

Structure des lipides et stress oxydant

- Recommandation : consommer + d'oméga-3

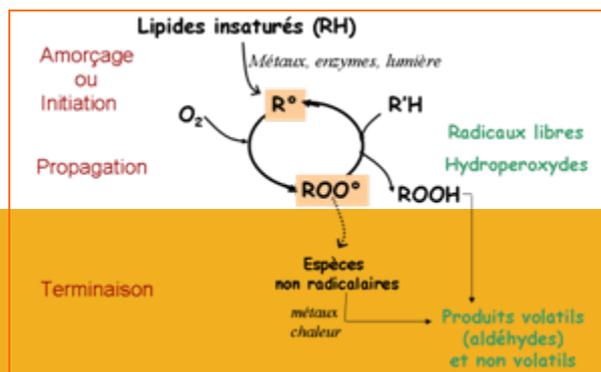


→ LNA : 2,2 g/j

→ **DHA** + EPA : 500 mg

Rôle spécifique du DHA : Vision, fonctions cognitives, inflammation, stress oxydant, ...

- Conception d'aliments enrichis en ...
- Augmentation des risques d'oxydation de la production à la consommation [et la digestion ?]



?? Consommation de produits oxydés ??

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Risques liés à l'oxydation

Pendant la digestion

Estomac : bioréacteur

Kanner & Lapidot *Free Radical Biol. Med.* 2001,
Gorelik et al., *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56,
5002-5007.

Lorrain et al., *J. Agric. Food Chem.*, 2010, ...

Viande rouge et
cancer colorectal

Absorption de composés
d'oxydation des lipides

Wilson et al., *Free Radical Biol. Med.*
2002, 32, 162

Kanazawa & Ashida, *BBA*
1998, 1393, 336-348

Stress oxydant, inflammation ?

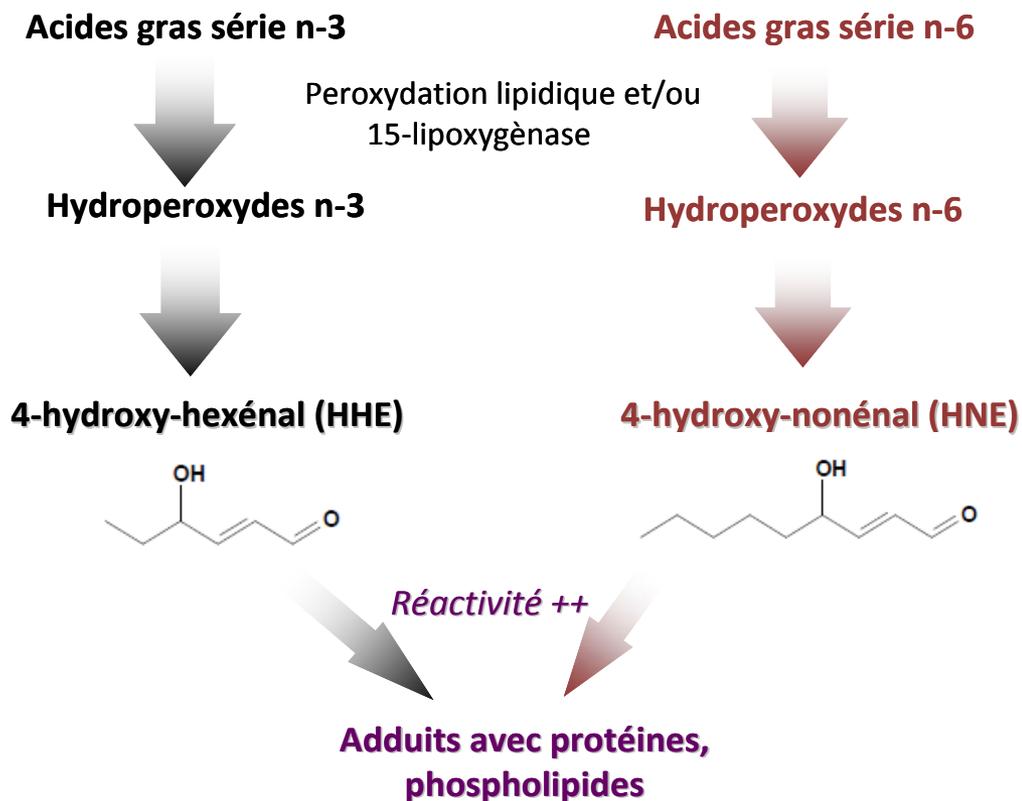
Santé ??

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Structure des lipides et stress oxydant

- Les 4-hydroxyalkénals :
des produits d'oxydation très réactifs



Structure des lipides et stress oxydant

- Consommation de DHA à dose élevée : augmentation de la teneur plasmatique en 4-HHE.
 - Stress oxydant in vivo ou généré par l'absorption de produits d'oxydation ??

Plasma 4-hydroxy-nonenal (4-HNE) and 4-hydroxy-hexenal (4-HHE) concentrations.

DHA (mg/day)	4-HNE (ng/ml)	4-HHE (ng/ml)
0	1.11 ± 0.34	1.01 ± 0.44
200	1.00 ± 0.31	1.73 ± 0.60
400	1.04 ± 0.32	3.25 ± 1.69
800	1.24 ± 0.48	7.25 ± 2.41*
1600	0.91 ± 0.36	10.57 ± 3.68*
0 (WO)	0.73 ± 0.27	0.56 ± 0.12

Calzada et al. Atherosclerosis 2009

ALIMENTATION

AGRICULTURE

ENVIRONNEMENT



Conclusion & perspectives

- Stratégies de prévention nutritionnelle des maladies métaboliques :
 - Composition en acides gras
vs structuration et formulation des lipides
 - Vigilance par rapport à l'oxydation des AG polyinsaturés
- Recherches en cours :
 - Structure des lipides et métabolisme digestif
 - Effet santé de la consommation de produits d'oxydation

Remerciements

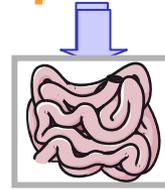
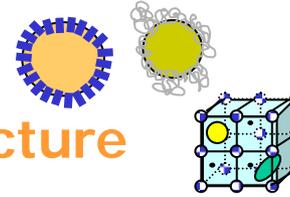
- ANR projet AGEKANINOX
- RMT LISTRAL
- Transversalité INRA-Cépia

- ... et tous les collègues 'lipidistes' pour nos fructueux échanges et discussions.



Pratiques d'élevage/de culture
Procédés industriels, formulations

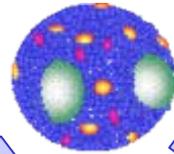
■ ● Matières grasses
quantité, composition, structure



Tractus digestif

Absorption

Lipoprotéines



Transport des lipides
et devenir métabolique

Stress oxydant
Inflammation

Obésité – Insulinorésistance – Diabète – Maladies cardiovasculaires

*Ingénierie
réverse*

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

