

Technofonctionnalités des lipides alimentaires

Sabine BRAIPSON - DANTHINE

ULG, Gembloux Agro Bio Tech, Unité de Technologie des Industries agroalimentaires,
Laboratoire de Biophysique et Ingénierie des Formulations.

Sabine.danthine@ulg.ac.be

Plan de l'exposé

- Introduction générale
- Les lipides
- Polymorphisme et intersolubilité
- Technofonctionnalités des lipides alimentaires : quelques exemples



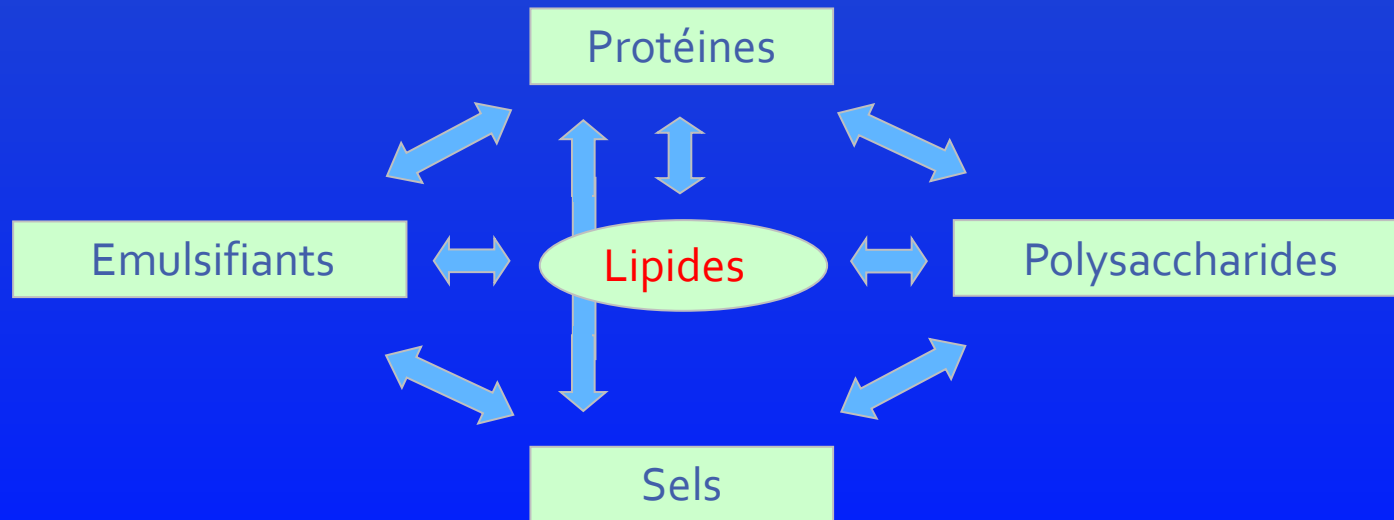


Illustration d'interactions entre les composants
d'une formulation alimentaire (C.Blecker)

« Technofonctionnalité »

Plusieurs définitions pour « propriétés technofonctionnelles » :

- Caractéristiques des ingrédients qui gouvernent le comportement d'un produit alimentaire pendant son procédé de fabrication, son conditionnement et sa mise en œuvre par le consommateur
- Propriétés physico-chimiques qui influencent la structure, l'aspect, la texture, la viscosité, la perception en bouche ou la rétention d'arôme du produit alimentaire
- Propriétés d'une substance qui ont une influence sur son utilisation
- ...

Lipides alimentaires:

Rôle primordial en nutrition :

- Source d'énergie (~ 37 kJ/g)
- Vecteurs de vitamines liposolubles (A, D, E, K)
- Source d'acides gras "essentiels" : précurseurs de nombreuses molécules dotées de propriétés biologiques

Rôle techno-fonctionnel :

Sensoriel : Interviennent dans la sapidité, la perception organoleptique des aliments (rétention d'arômes)..

Structuration : Définissent des propriétés physiques (apparence, texture, plasticité, rhéologie...)

Lipides : ?

« Ensemble d'entités caractérisées par une relative hydrophobicité »

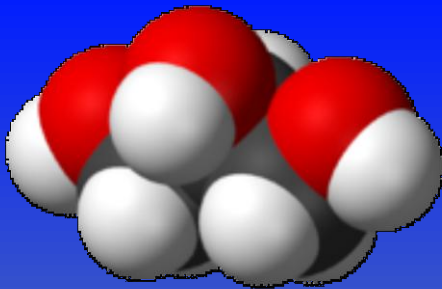
Constituants majeurs (>98-99%) :

Glycérides

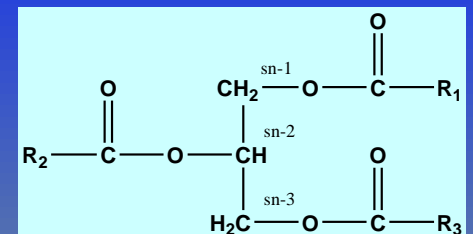
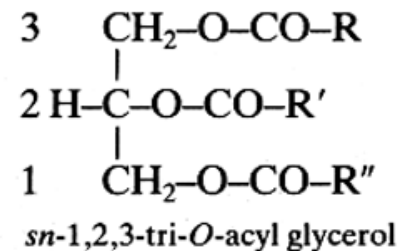
Glycérides : AcylGlycérols :

résultent de l'estérification de 1,2 ou 3 OH du glycérol

Ex :

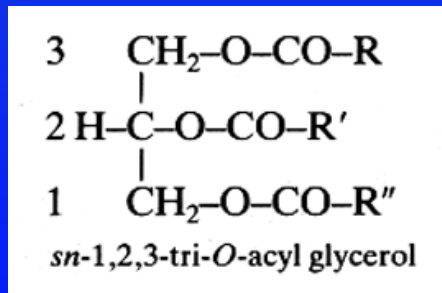


propan-1,2,3-triol

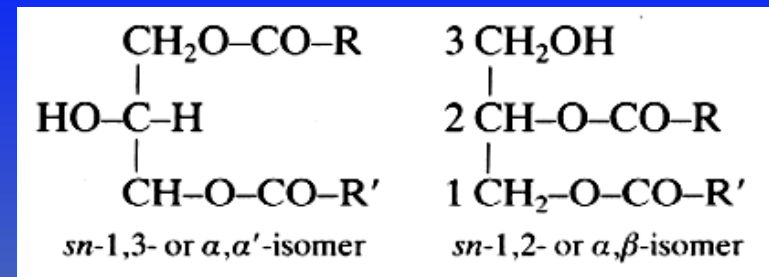
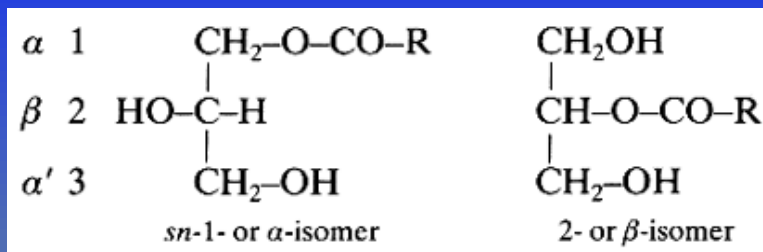


Constituants majeurs (>98-99%) : Glycérides

- Triglycérides (= triacylglycérol (TAG):
tri-esters d'acides gras (C4-C24) et de glycérol)



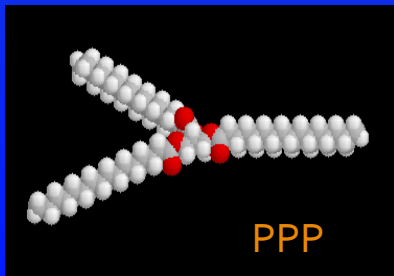
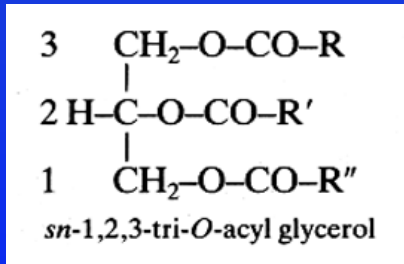
- Mono- et di-glycérides



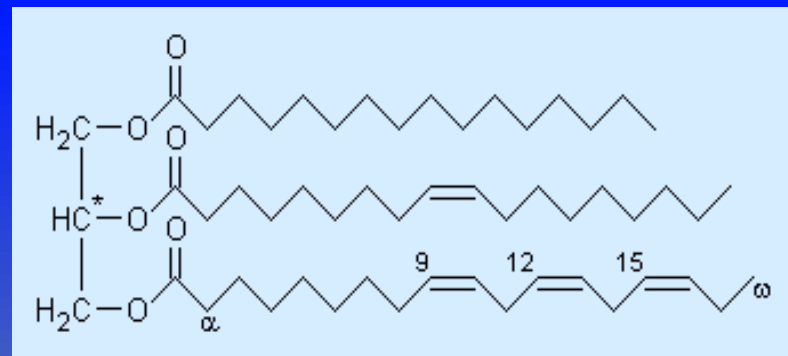
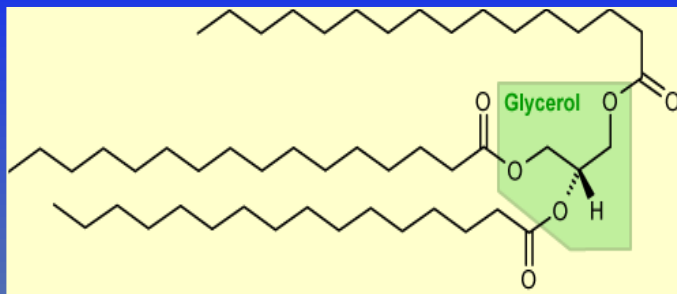
Constituants mineurs (souvent <1-2%) :

- Les **lipides polaires** (phospholipides, émulsifiants naturels)
- L'insaponifiable : stérols et molécules apparentées, tocophérols, squalène, ...
- Les esters à longues chaînes : cérides
- Les substances odoriférantes natives (ex. : arômes beurriers) ou issues d'altérations oxydatives.

Lipides alimentaires : majoritairement des triacylglycérols

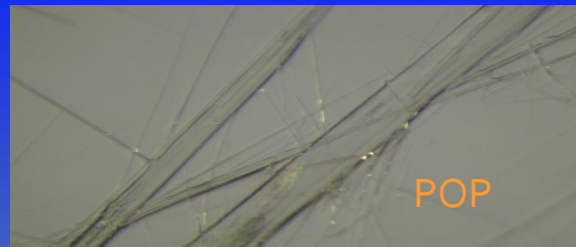


TAG : AG distribués de façon particulière sur le « squelette » glycérol



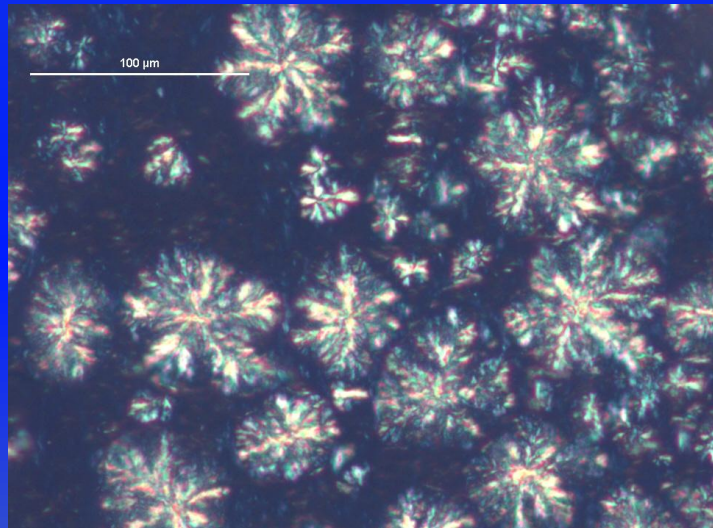
P
O
L

L'une des plus fascinantes propriétés des huiles et graisses alimentaires est leur faculté de former des cristaux



Polymorphisme

- Différents types d'arrangements moléculaires
- Chaque structure possède des propriétés physiques propres



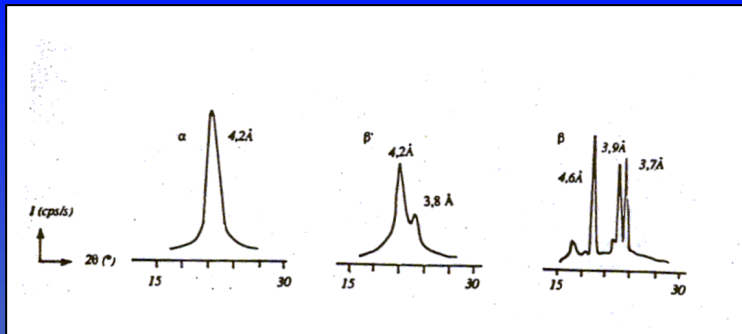
Polymorphisme

Investigation : par DRX de poudres

Loi de Bragg :

Relation entre la λ du rayon X et les dimensions de la maille cristalline.

$$\sin \theta = n \lambda / 2d$$

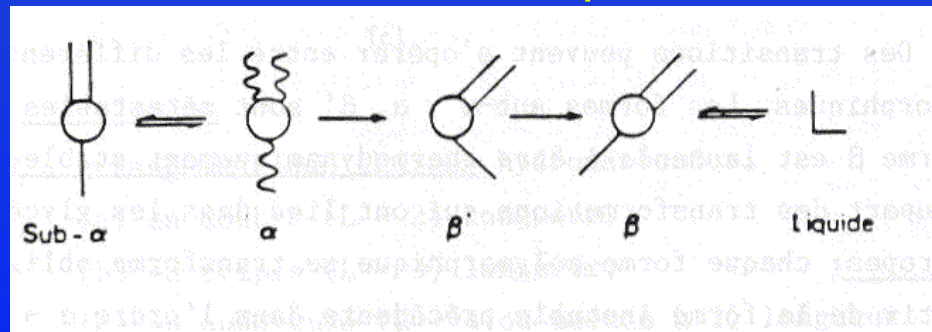


D8 Advance Bruker

Polymorphisme

monotropes

Transitions



α : métastable, arrangement de type hexagonal

β' : plus stable, arrangement de type orthorhombique perpendiculaire

β : forme la plus stable, arrangement de type triclinique parallèle

(Sous-cellule : représente une section transversale du mode d'arrangement des chaînes aliphatiques dans les TAG)

Ex de propriétés physiques en fonction des formes polymorphiques

<u>formes</u>	<u>densité</u>	<u>point de fusion</u>
α (meta-stable)	+faible	+ bas
β' (meta-stable)	intermédiaire	intermédiaire
β (stable)	+haute	+haut

Ex. dans des produits alimentaires : crèmes glacées : forme α
margarines : forme β'
chocolats : forme β

Intersolubilité

en cristallisant, certains TAG's vont former des co-cristaux :
« solutions solides » (=miscibles).
tandis que certains TAG's cristallisent séparément :
« Eutectique » (=non miscibles).

Quels facteurs influencent l'Intersolubilité ?

- la structure chimique: ex :
 - 1) PPP et PSP co-cristallisent.
 - 2) PPP et OOO tendent à cristalliser séparément.
- l'état polymorphique (lié à la vitesse de refroidissement) : ex :
 - α (refroidissement rapide depuis l'état fondu) : grande tendance à former des co-cristaux
 - β' ou β (en solvant ou refroidissement lent ou très lent depuis l'état fondu) : tendance à cristalliser séparément



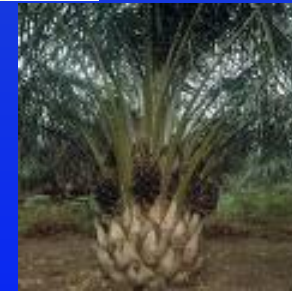
Maïs



Palme (Palmiste)



Coco



Tournesol

Olive



Lait



Colza



Soya



Formulation de produits alimentaires « gras » :

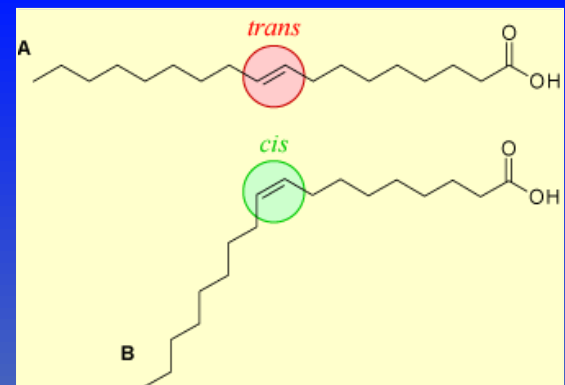
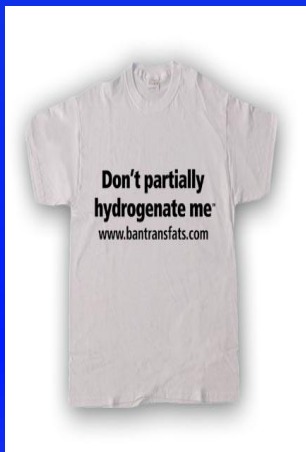
Graisses naturelles en l'état : limitées à des applications particulières

- **Mélanges**
- **Techniques de modification**



Diversification
des applications :





Technofonctionnalités des lipides alimentaires –

Quelques exemples

Perception par les consommateurs

Dureté : propriété macroscopique importante des corps gras

Propriétés macroscopiques

Stockage,
Fluctuations de t°

Microstructure

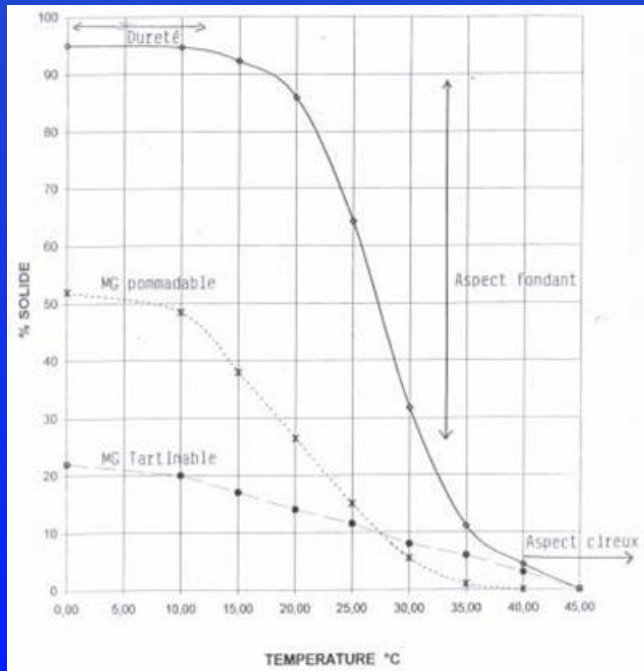
Process

SFC (%)

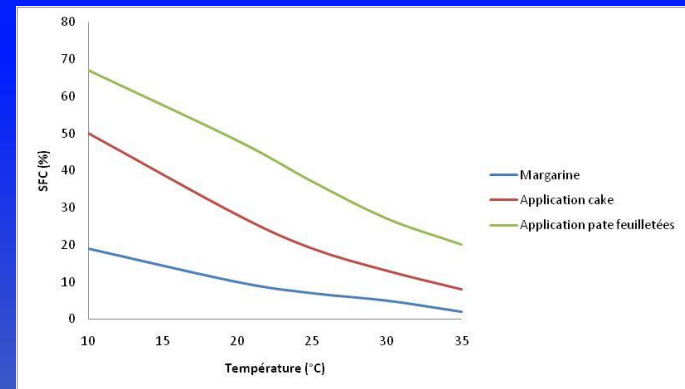
Polymorphisme

Composition

contraintes
- nutrition
- marketing



Profils de fusion (SFC/température)



Formation d'un réseau gras

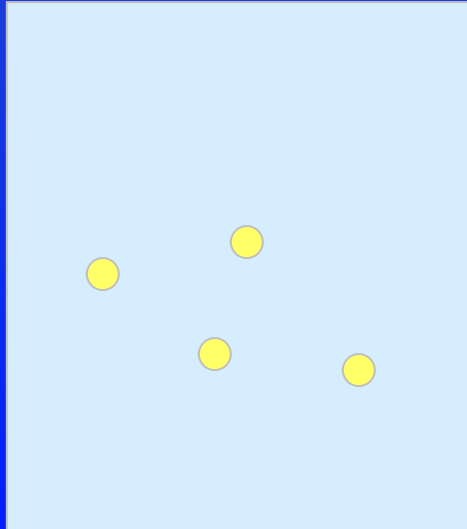
<u>Échelle de temps</u>	<u>Procédé</u>	<u>Type de structure</u>
~ sec	supercooling	liquide
~ min	Cristallisation (nucléation+croissance)	Particules laires
~ h	aggrégation	réseau
~ j	recristallisations	Structure macroscopique

Lipides et émulsions :



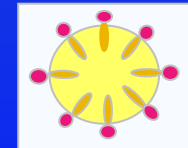
Phase continue : eau

Phase dispersée : huile



Émulsions huile dans eau

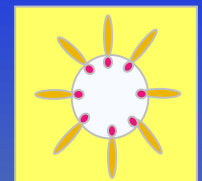
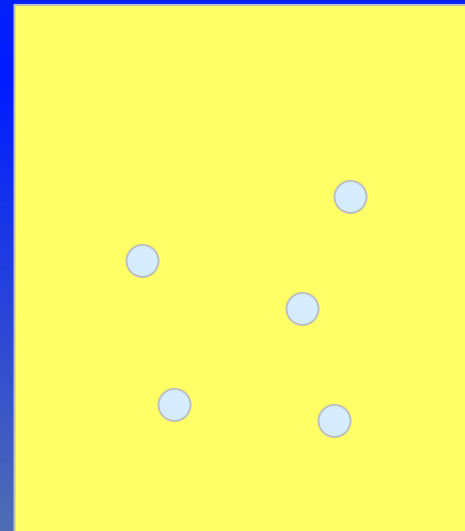
émulsifiant 



Phase continue : huile

Phase dispersée : eau

Émulsions eau dans huile



Mayonnaise & sauces :

= émulsions huile dans eau

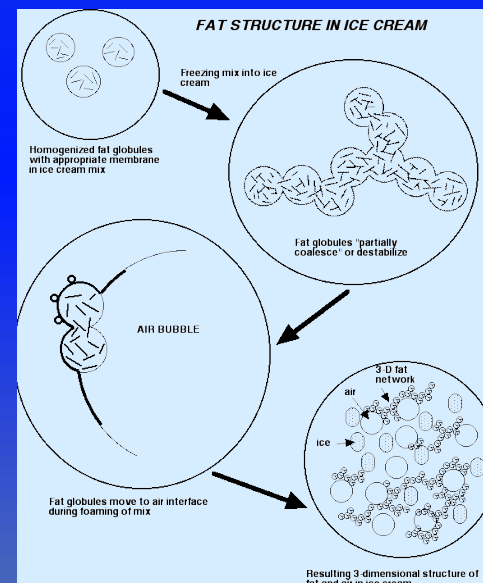
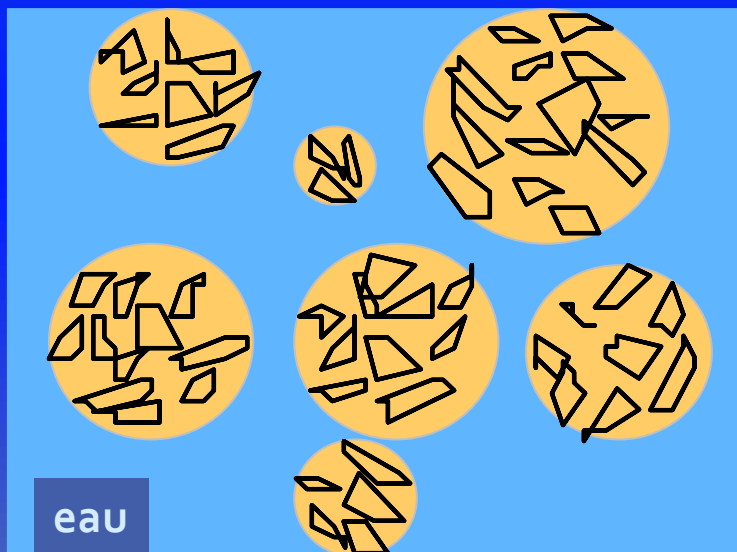
Propriétés influencées par :

- Distribution de la phase dispersée
- Taille des globules
- Quantité de cristaux gras
- Interactions entre les gouttelettes

Contrôle de la cristallisation dans des émulsions de type O/W

Intérêt pour des applications alimentaires :

- * crèmes fouettées
- * crèmes glacées
- * relargage du matériel lipophile (présent dans les gouttelletes)



Margarines - beurres - shortenings :

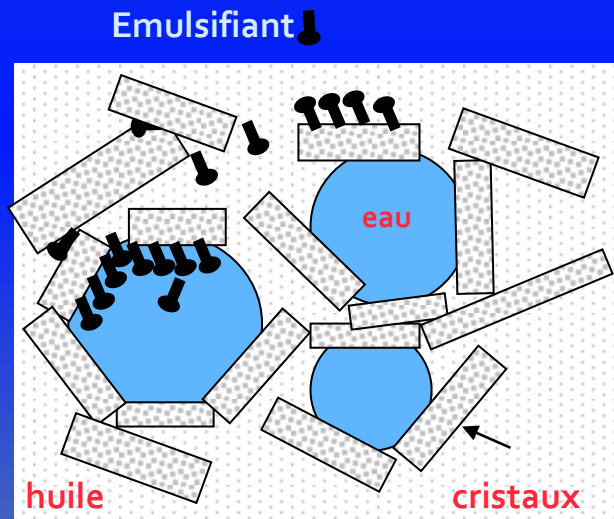
= émulsions eau dans huile



Cristallisation dans des émulsions de type W/O

Fonctionnalité:

- Plasticité
- tartinabilité
- texture
- sensation en bouche



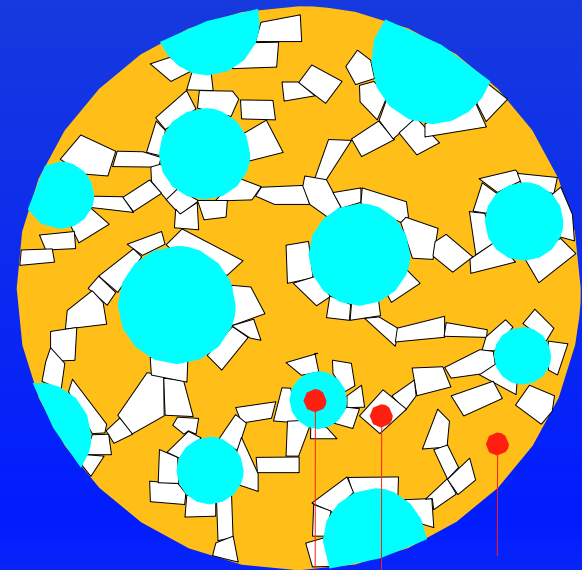
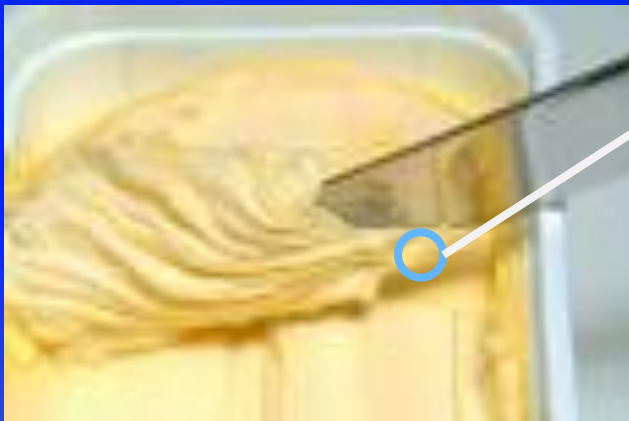
Technofonctionnalité des graisses solides dans les « spreads »

= émulsions w/o :

Structuration du produit

Liaison d'huile liquide

Stabilité de l'émulsion



liquid oil
fat crystals
water droplets

SFC, types de cristaux, nature du réseau cristallin,...

Produits « de boulangerie »

Fonctionnalités requises : dépendent des applications

ex : pâtes laminées (pâtes feuilletées, croissants, viennoiseries,...)

cakes

tartes

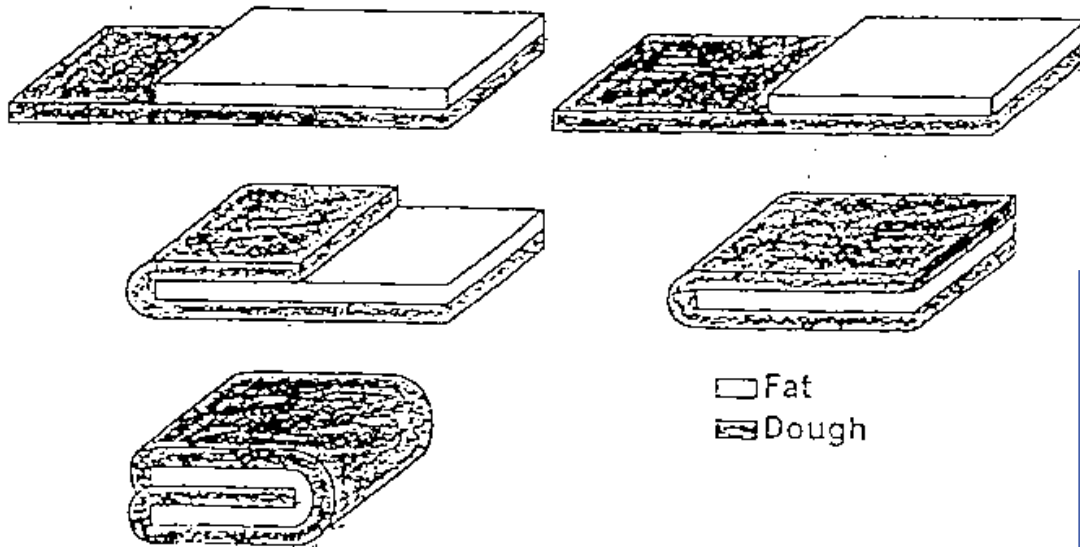
...

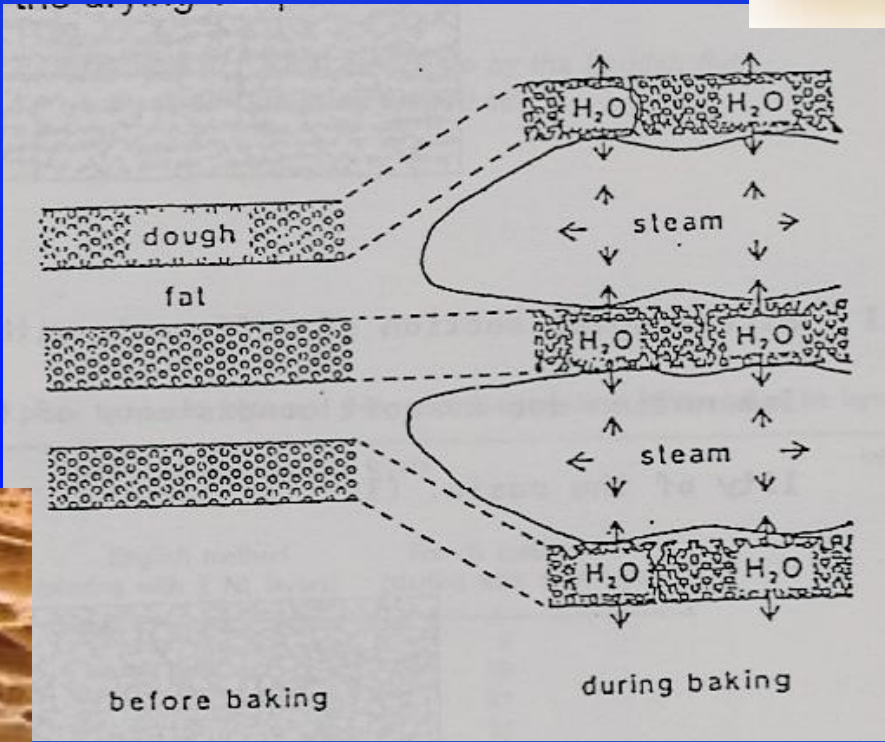


Technofonctionnalité des « margarines dites de feuilletage » :

Propriétés requises :

- fermeté
- plasticité
- aptitude à former des fines couches





Avec TFA



Sans TFA



Technofonctionnalité des margarines entrant dans la formulation de pâtes à tartes, cookies, biscuits,...

Fonctionnalités:

« effet raccourcissant »

plasticité

caractère lubrifiant

flaveur

...



Technofonctionnalité des margarines pour cakes

Fonctionnalités:

aération →
plasticité
émulsification et stabilisation de la pâte
structuration
tendreté de la croute
flaveur
Augmentation de la durée de vie
...

Profil de fusion et
Types de cristaux!



Maitrise de la qualité du chocolat :

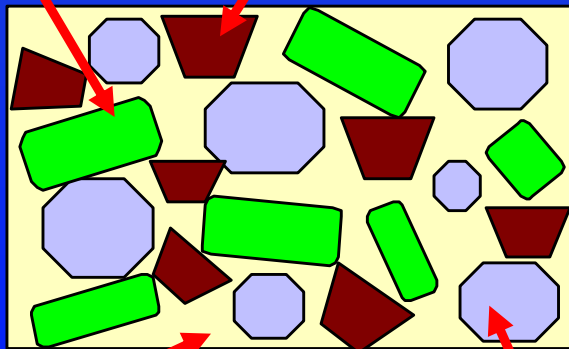
Table I: Typical Chocolate Formulations.

Component	Typical Percentage of Component in		
	Milk Chocolate	Dark Chocolate	Bittersweet Chocolate
Cocoa mass (cocoa solids and cocoa butter)	11.8	39.6	60.7
Added cocoa butter	20.0	11.8	2.6
Sugar	48.7	48.1	36.3
Lecithin	0.4	0.4	0.3
Flavor compounds (e.g., salt and vanillin)	0.1	0.1	0.2
Whole milk powder	19.1		
Total fats	31.5	36.4	35.4



Poudre de lait

Masse de cacao



Cristaux de BDC

sucre

“Suspension” de particules solides dispersées dans une phase solide continue

Apparence, brillant

Caractère “cassant”

Fusion abrupte

Résistance à la chaleur

Ex. de concentrations en TAG dans du BDC (%)

POP	POS	SOS	autres
15	40	27	18

+ Composés mineurs : phospholipides

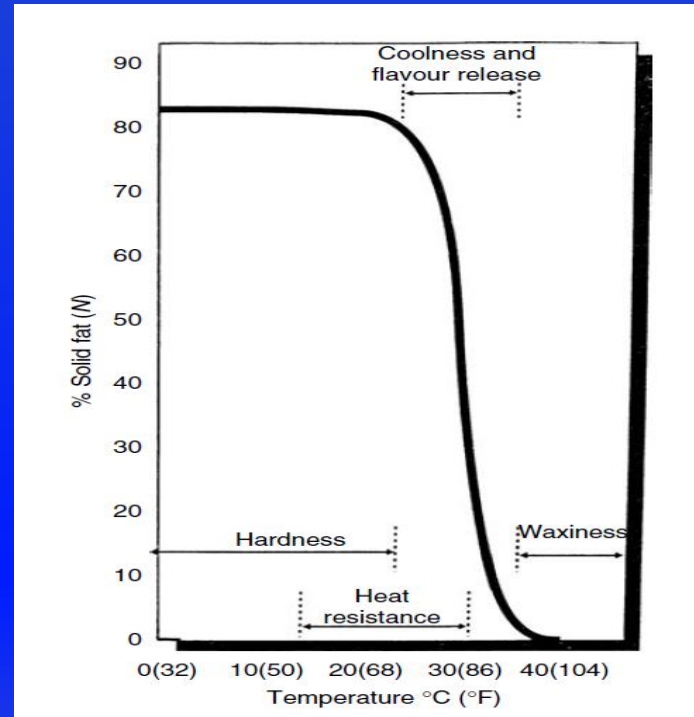
% Variables selon origine

Apparence, brillant

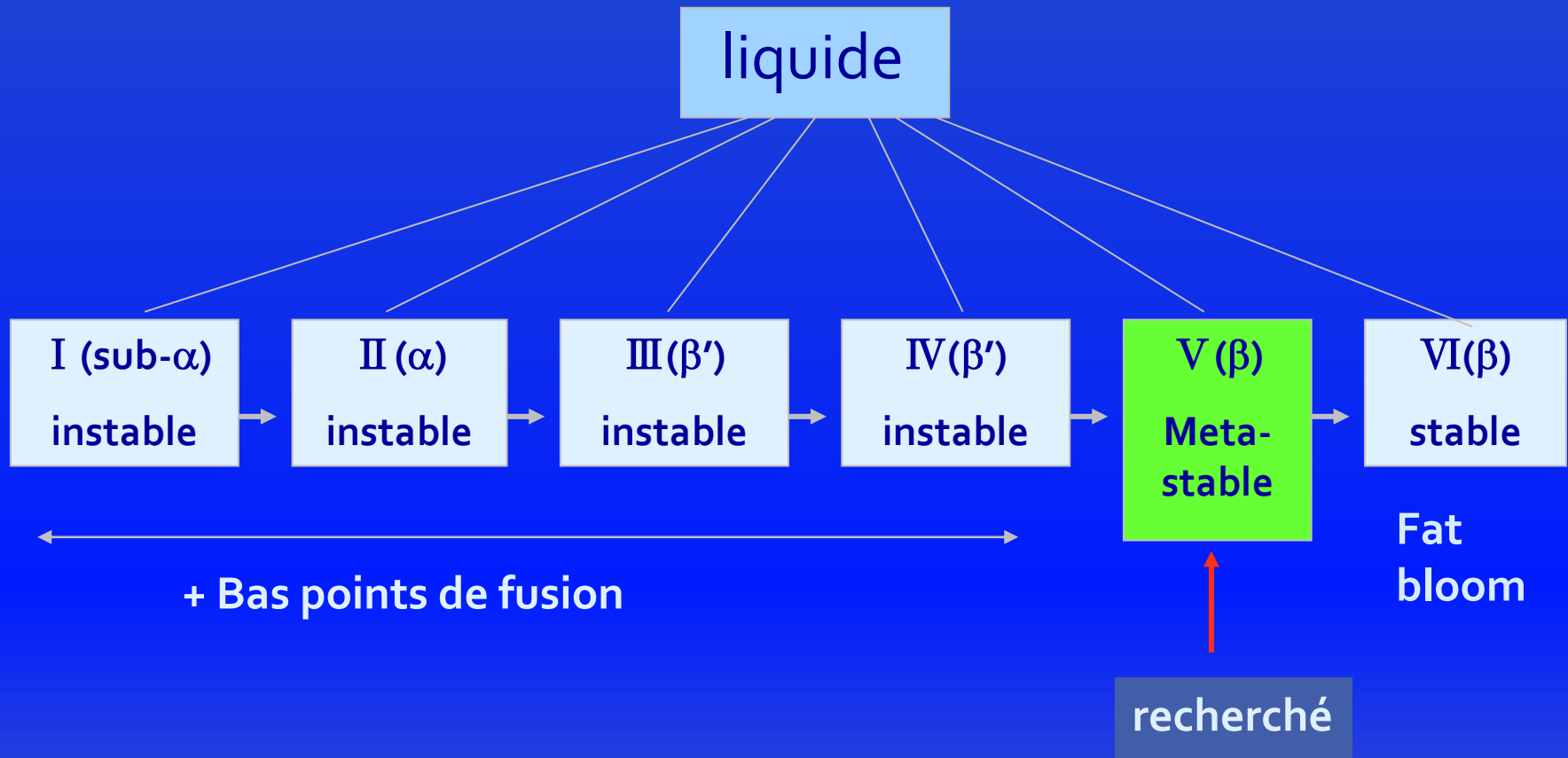
Caractère "cassant"

Fusion abrupte

Résistance à la chaleur



Polymorphisme du BDC



Fourrages :



Propriétés organoleptiques et physico-chimiques :

goût,
texture plastique aux températures de travail,
point de fusion élevé
stabilité à l'oxydation

...

Friture

Nutrition : taux élevé de PUFA

! Dégradation lors du chauffage

Une haute stabilité est requise

Flaveurs des aliments frits : fonction de la composition en AG des huiles utilisées
(olive ↔ beurre)

Conclusions