



**HAL**  
open science

## Matière grasse laitière et développement d'arômes

Anne Thierry

► **To cite this version:**

Anne Thierry. Matière grasse laitière et développement d'arômes. LesMardisGrasdu CNIEL, Cniel Paris, Mar 2021, Paris (webinaire), France. hal-03201684

**HAL Id: hal-03201684**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03201684>**

Submitted on 19 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

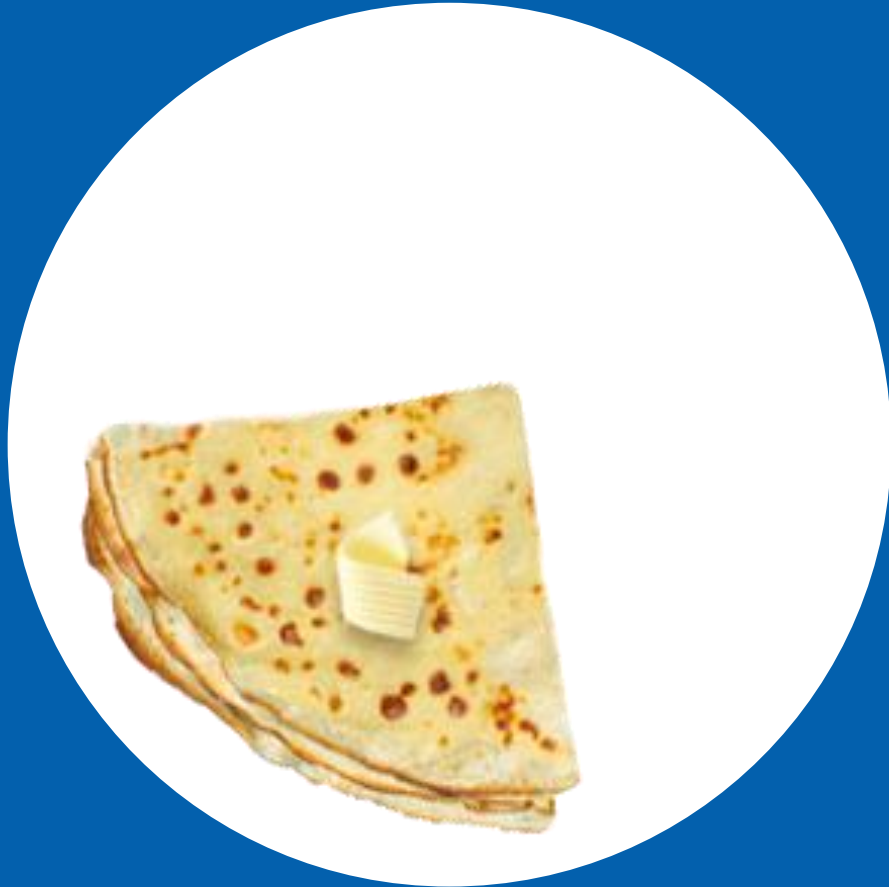
3

30 mars 2021

## SPÉCIFICITÉS DE LA MATIÈRE GRASSE LAITIÈRE QUALITÉS & TECHNOLOGIE

### Matière grasse laitière et développement d'arômes

Anne THIERRY, INRAE STLO Rennes

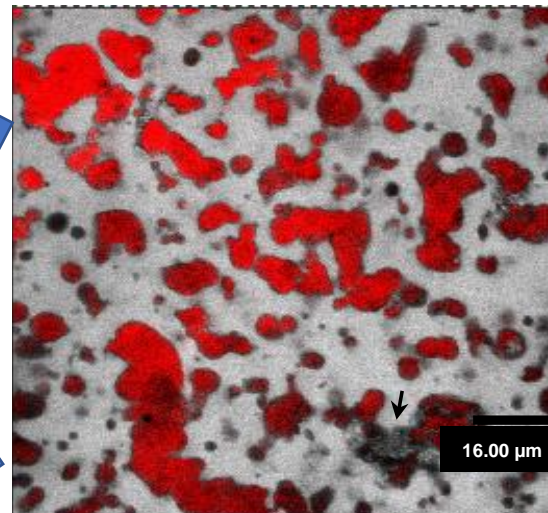


# Matière grasse du lait et arôme

**1-Piège** pour les composés d'arôme



**3-Arômes** et perception de la matière grasse



MG : rouge  
réseau protéique : gris  
sérum : noir

Emmental, microscopie confocale à balayage laser  
(C. Lopez, Reprod Nutr Dev 2005)



**2-Source** de composés d'arôme :  
- acides gras libres  
- composés d'arôme dérivés

# Matière grasse : piège pour les composés d'arôme

## Composés d'arôme, késako ?

- Composés volatils odorants présents à une concentration telle qu'elle soit perçue dans le produit
- Nombreuses fonctions chimiques
- Masse molaire < 400 g/mol
- Gamme de concentration : < 1 à 1 000 000 ppb
- Seuil de perception : < 0,001 à > 1000 ppb

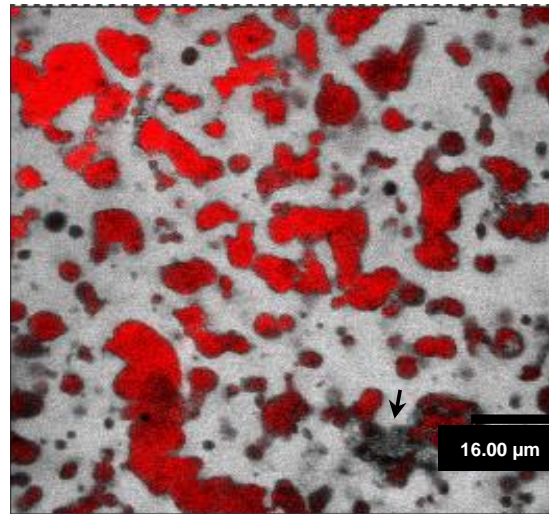
La matière grasse piège les composés d'arôme les plus hydrophobes

→ effet sur leur formation et leur perception

KFO	Odor quality	Threshold conc. [ $\mu\text{g kg}^{-1}$ water] <sup>[a]</sup>
ethanol	alcoholic	99 0000
2-methyl-1-propanol	malty	19 000
acetic acid	vingar-like	5600
1-hexanol	green, grassy	590
(E)-2-hexenal	green, apple-like	110
2-phenylethanol	flowery, wine-like	18
(R)-limonene	citrus-like	13
2-methoxy-4-vinylphenol	smoky	5
3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone	seasoning-like	2
butan-2,3-dione	butter-like	1
3-methylbutanal	malty	0.5
3-(methylthio)propanal	cooked potato-like	0.4
(E)-2-hexenal	green, grassy	0.1
2-acetyl-1-pyrroline	popcorn-like	0.05
(E,E)-2,4-decadienal	fatty, French fries-like	0.03
wine lactone	coconut-like	0.02
(E)- $\beta$ -damascenone	cooked apple-like	0.01
(E,Z)-2,6-nonadienal	cucumber-like	0.005
(Z)-1,5-octadien-3-one	geranium-like	0.0003
1-p-menthene-8-thiol	grapefruit-like	0.0002
2-methyl-3-furanthiol	meaty, bouillon-like	0.00003

# Matière grasse du lait et arôme

1-Piège pour les composés d'arôme

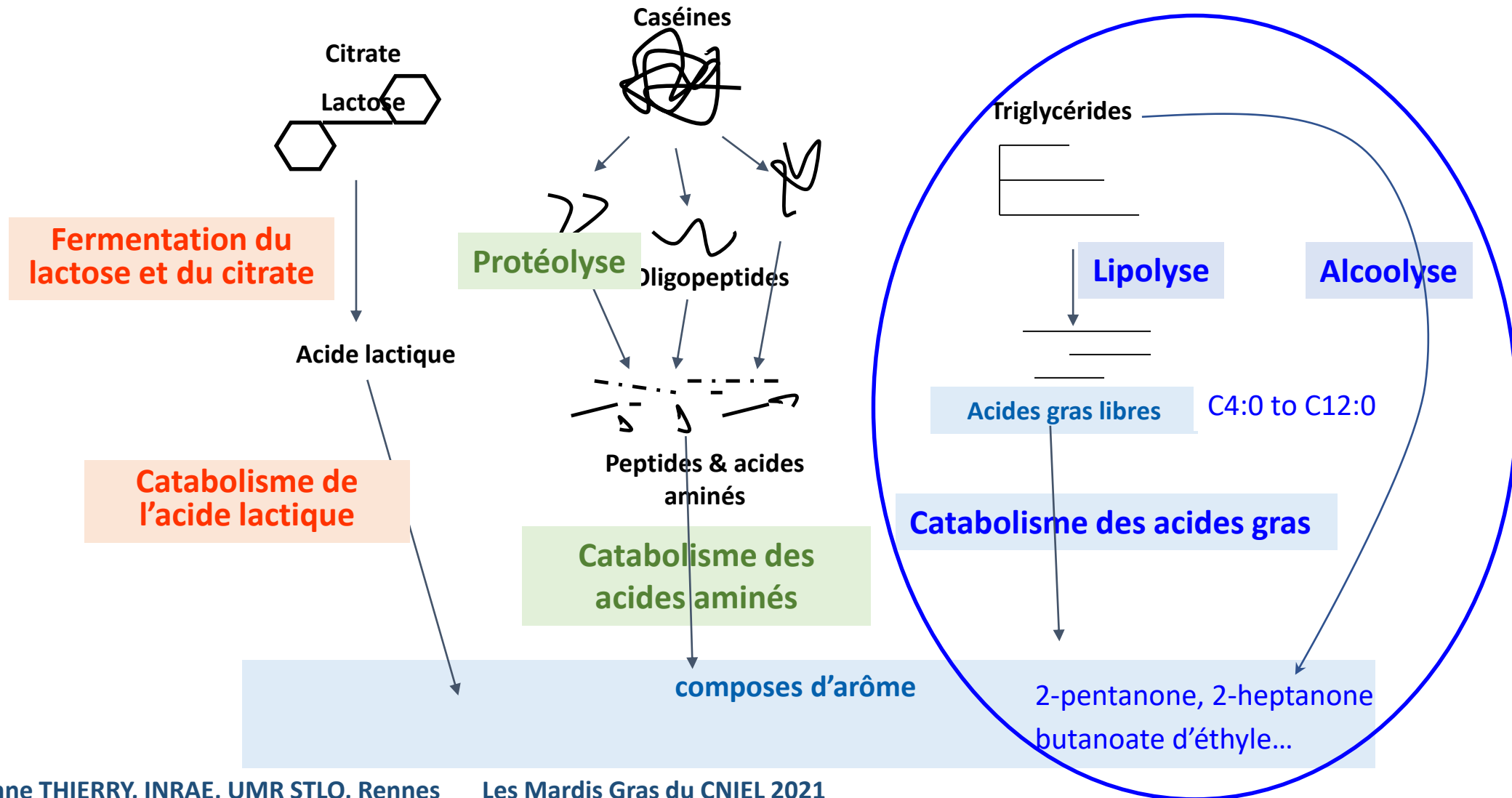


2-Source de composés d'arôme :

- **acides gras libres**
- composés d'arôme dérivés du catabolisme des acides gras

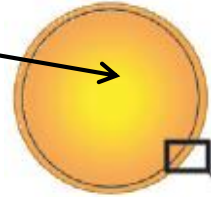
3-Arômes et perception de la matière grasse

# Matière grasse : une source de composés d'arôme

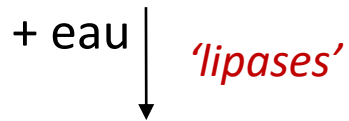


# Lipolyse : action des estérases lipolytiques

MGL : 98% de TG



Triglycérider



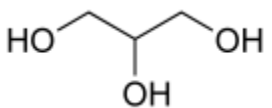
Diglycérider + acide gras libre



Monoglycérider + acide gras libre

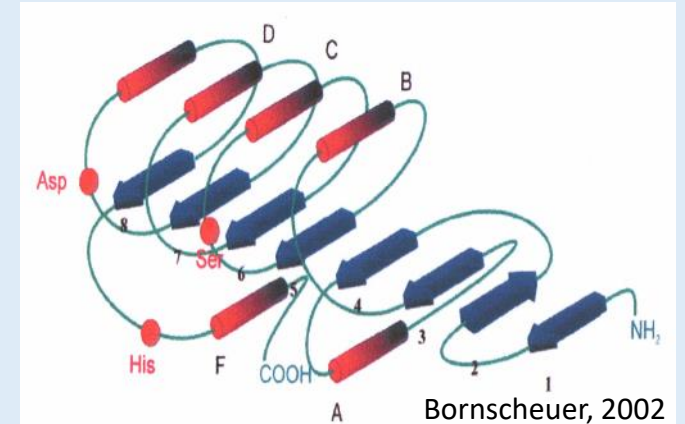


Glycérol + acide gras libre



## Estérases (et lipases) :

- hydrolases à sérine
- catalysent le clivage et la formation des liaisons esters



- triade catalytique : **Ser Asp His**
- séquence consensus autour site actif **Ser**  
Gly-x-Ser-x-Gly  
ou : Gly-Asp-Ser-Leu



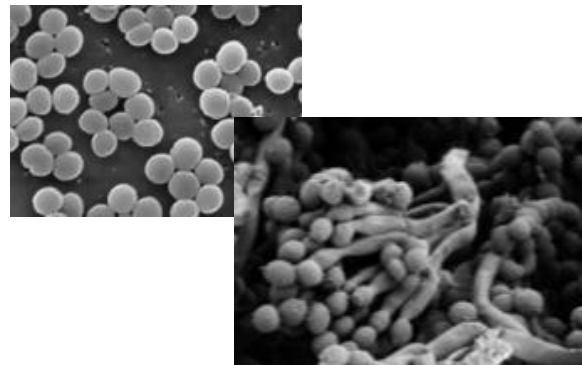
# Enzymes lipolytiques des produits laitiers

- **lipoprotéine lipase** du lait (LPL)



Active sur MGL si globules gras endommagés  
Largement inactivée au cours de la fabrication  
notamment par les traitements thermiques

- **micro-organismes**  
ajoutés comme levains  
ou des micro-  
organismes adventices



Activité lipolytique très variable selon les  
microorganismes

- certaines **coagulants traditionnels**



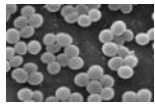
Exemple fromages italiens : présure en pâte  
contenant, de la '*pregastric esterase*' : spécifique  
pour AG courts en position sn-3 sur les triglycérides,  
à l'origine de flaveur '*piccante*'



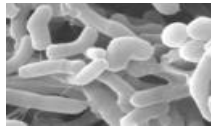
# Lipoprotéine lipase du lait

- LPL synthétisée dans la glande mammaire : rôle dans le métabolisme des TG du plasma
- Dans le lait : 90% associée aux micelles de caséine via interactions électrostatiques
- Spécifique pour AG en position *sn*-1 et *sn*-3 sur les triglycérides (AG courts notamment, active sur DG)
- LPL assez instable (chaleur, UV, acide, congélation longue,...)
  - Inactivation thermique:
    - 50% par thermisation à 63° 30 s
    - inactivation totale par traitement 78° 15 s

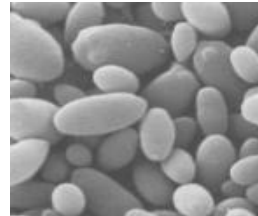
# Activité lipolytique des micro-organismes



Bactéries lactiques



Bactéries propioniques



levures

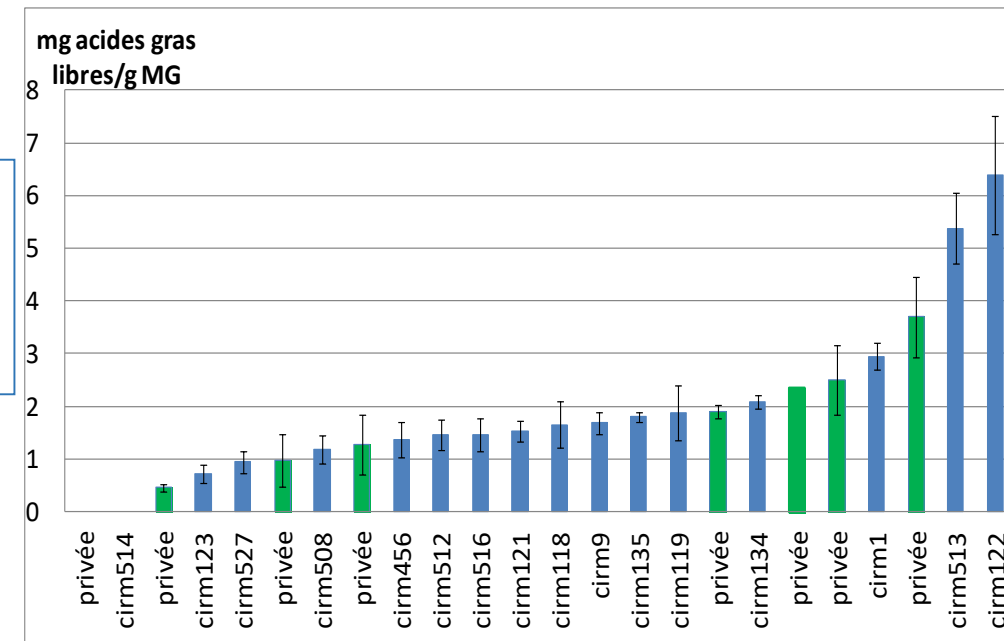


Champignons filamenteux

Mais différences aussi entre espèces et même entre souches d'une même espèce

Acides Gras libres, mg/g MG

Cultures of 24 souches de *P. freudenreichii* en présence de MGL



# Degré de lipolyse des produits laitiers

	Lait « normal »	Lait rance	Cheddar – Emmental	Parmesan, Camembert	Roquefort	Bleus
<b>Degré de lipolyse</b>	<0.25%	0.4-0.5%	~ <b>0.2-1%</b>	~ <b>4-5%</b>	<b>8-10%</b>	<b>18-25%</b>
Acidité de la MG (meq/100 g MG)		1.5-2.0	0.8-16*	20	30-40	60-100
mg AGL /g fromage			0.4-5	12-15	25-30	50

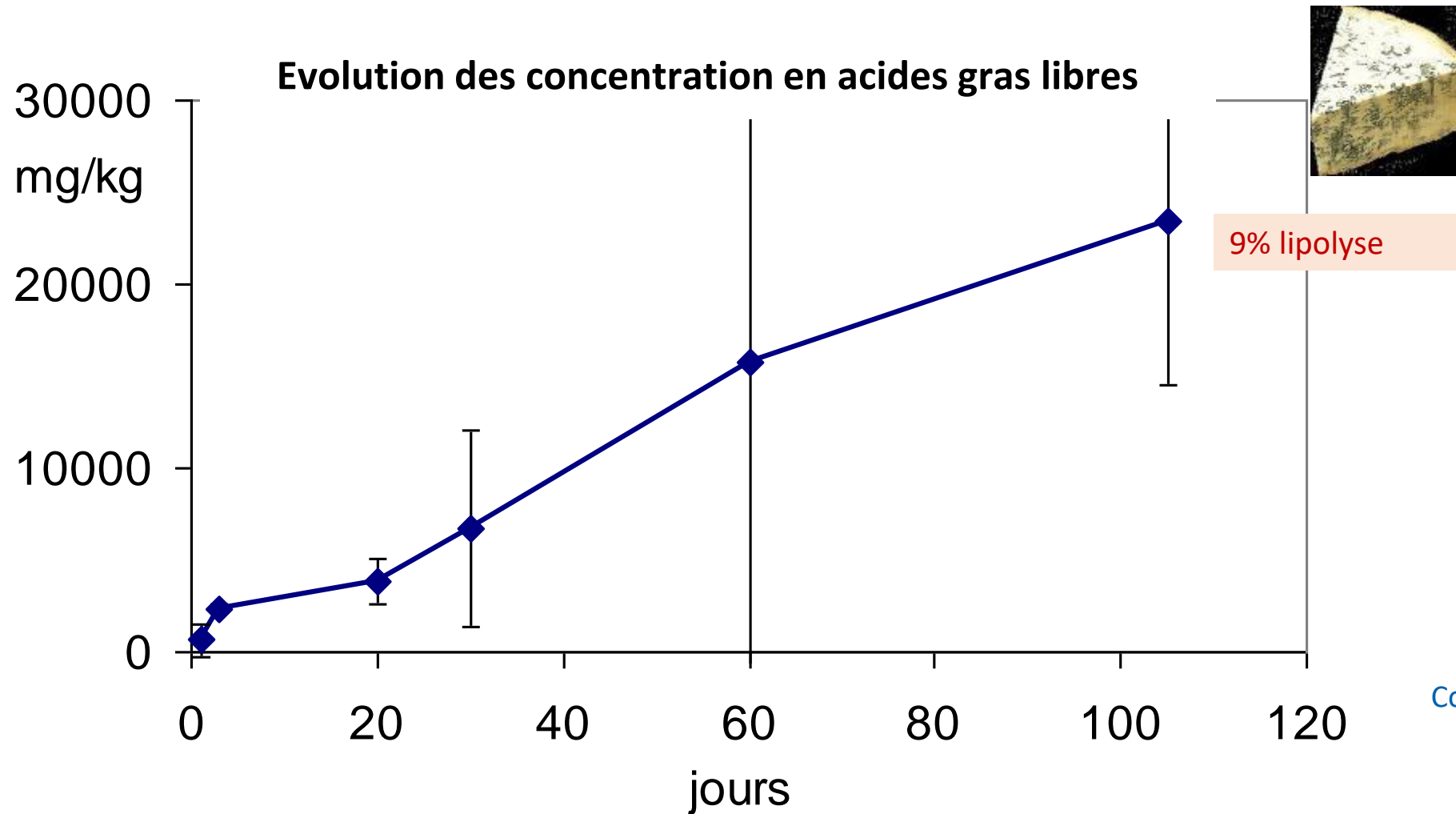
\*Acidité parfois très mauvais indice : ex emmental 16 meq/100 g MG dont ¾ acides venant des fermentations (C2:0, C3:0, voire C4:0)

Mais aussi de grandes variations au sein d'une même variété de fromage !

Ex Cheddar : de 1 à 9 mg AGL /g fromage

Camembert : de 0,7 à 5 mg AGL /g fromage

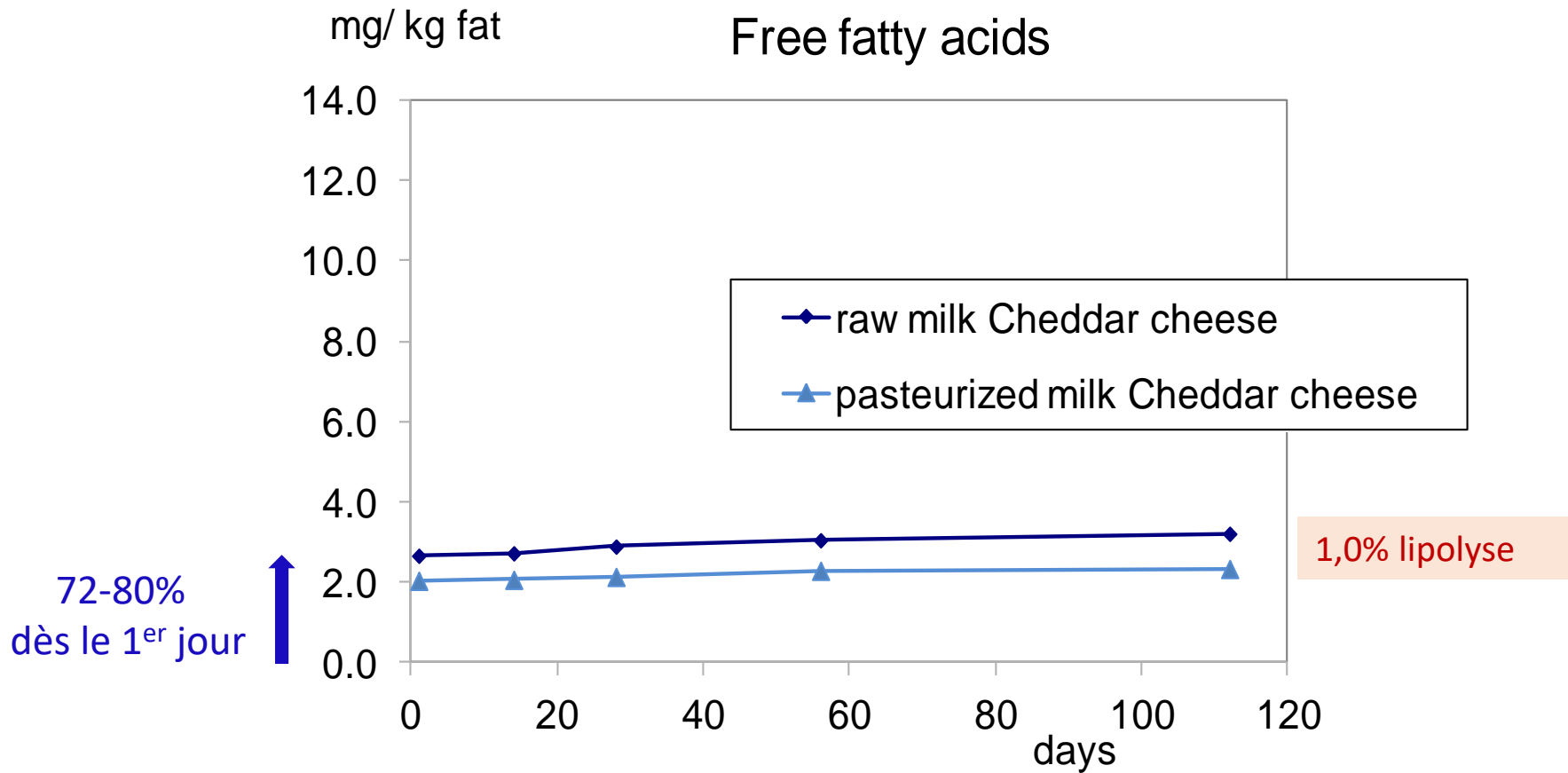
# Cinétiques de lipolyse : exemple Gorgonzola



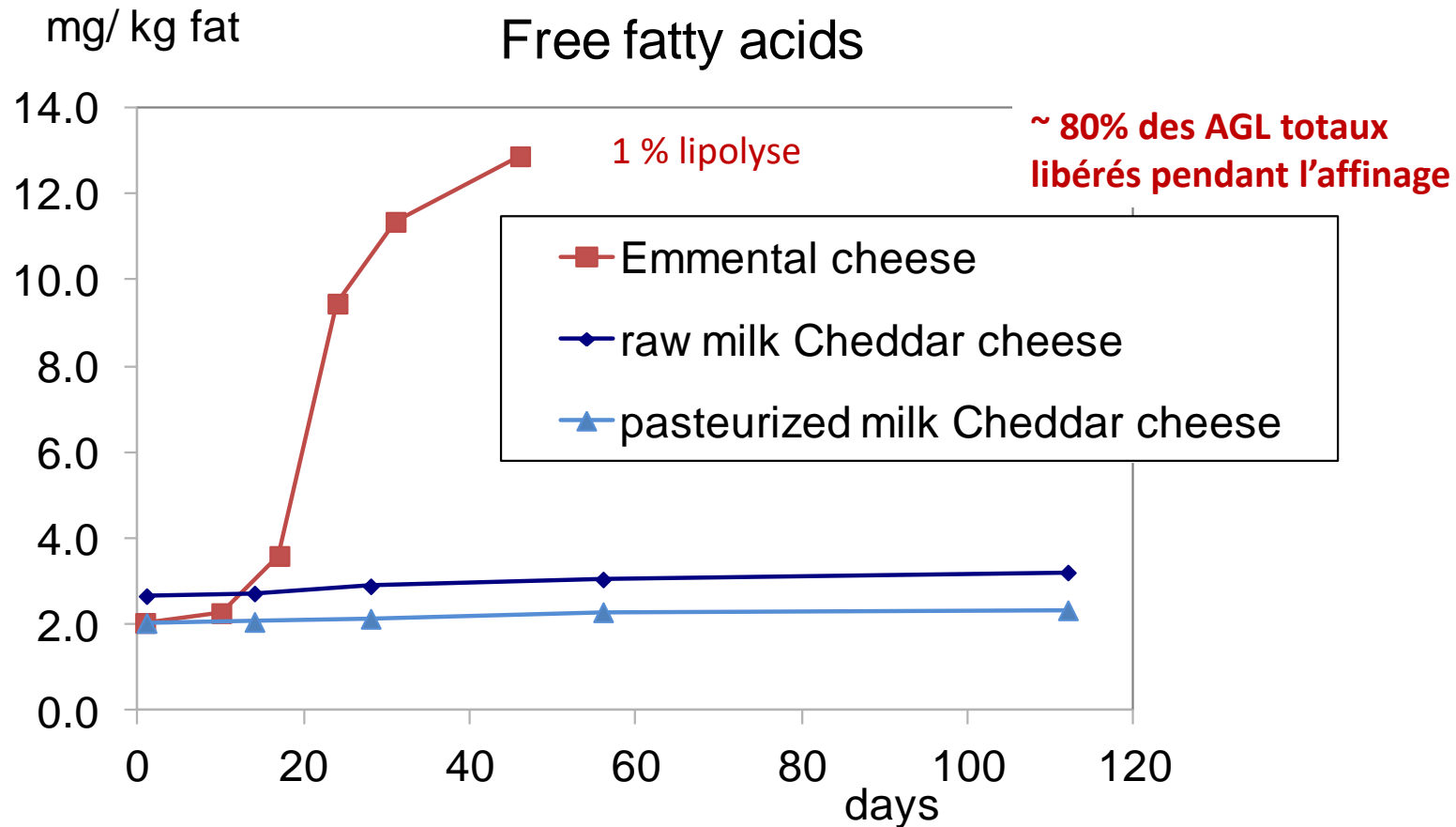
Contarini et al, 1995

# Cinétiques de lipolyse : exemple Cheddar

Hickey, 2007

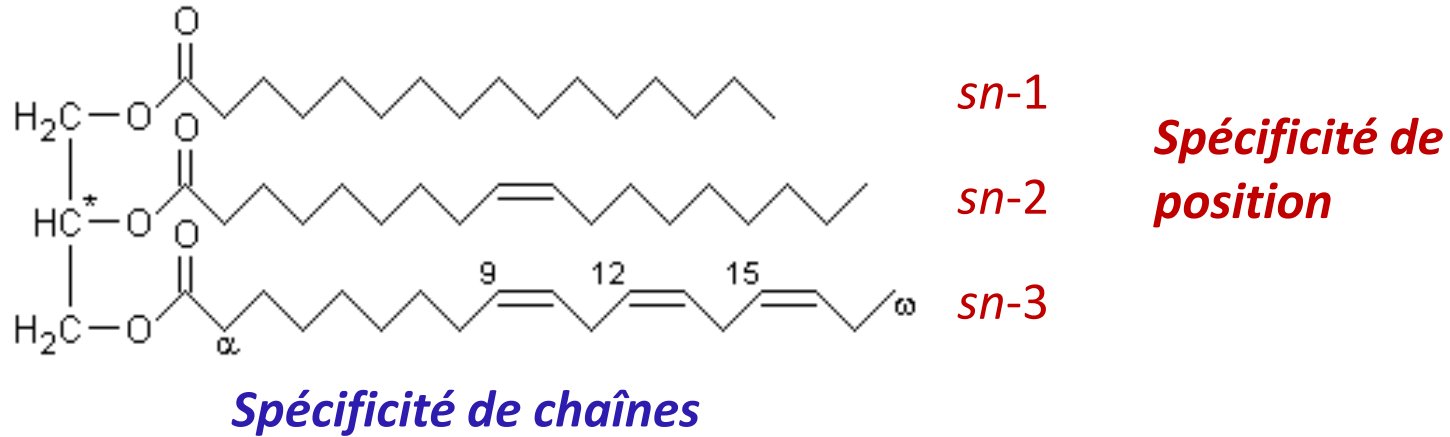


# Cinétiques de lipolyse : exemple Emmental



Hickey, 2007  
Dherbécourt, 2010

# Spécificité de l'hydrolyse de la matière grasse laitière



Seule la spécificité apparente de lipolyse peut être déterminée dans un fromage

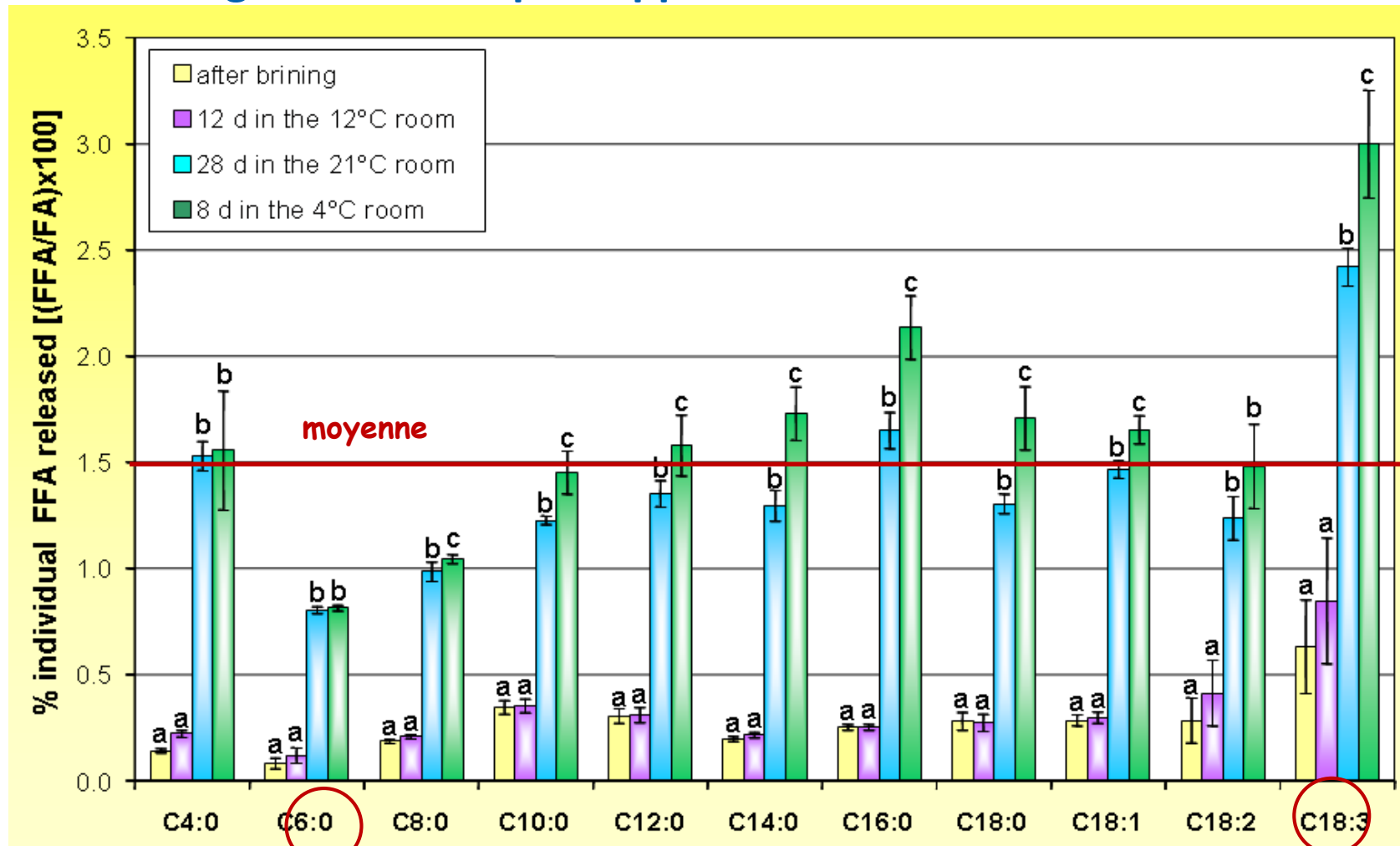


# Spécificité de lipolyse : exemple emmental

## Pourcentage d'AG libres par rapport aux AG totaux au cours de l'affinage

Lopez et al, 2000

Dherbécourt, *JAF*C, 2010



Anne THIERRY, INRAE, UMR STLO, Rennes

Les Mardis Gras du CNIEL 2021

### Lipolyse :

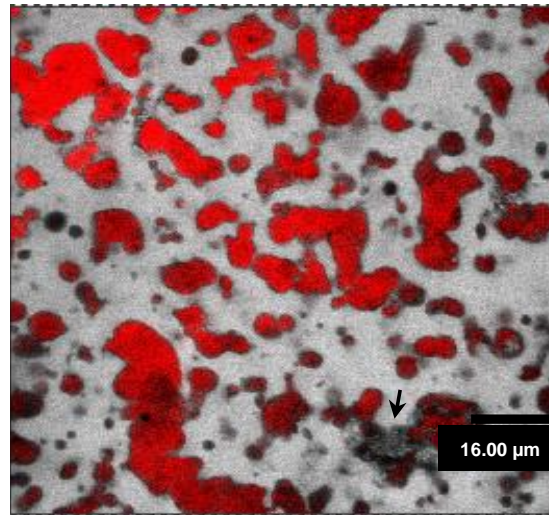
- s'effectue de manière assez peu spécifique,
- libère l'ensemble des acides gras des triglycérides

# Enzymes lipolytiques des bactéries du fromage

- Optimum d'activité à 37°C, voire 40-50°C mais les lipases peuvent avoir de très larges plages d'activité (1°C, voire -10°C pour lipases de *Pseudomonas*)
- Certaines sont thermostables : lipases de *Pseudomonas* actives après pasteurisation et même traitement UHT
- La plupart des lipases caractérisées sont plus spécifiques en sn-1, ou sn-1 et sn-3.
- Attention aux conditions de caractérisation !  
L'activité (niveau et spécificité) dépendent de la nature de l'interface et de son évolution au cours de la lipolyse

# Matière grasse du lait et arôme

1-Piège pour les composés d'arôme



2-Source de composés d'arôme :  
- acides gras libres  
- composés d'arôme dérivés

3-Arômes et perception de la matière grasse

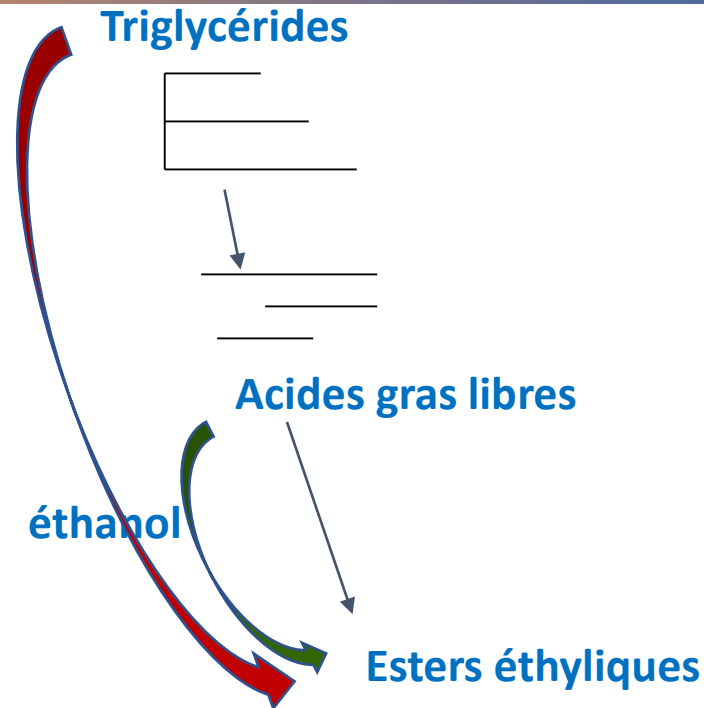
# Synthèse d'esters dans les produits laitiers

Cheddar et Emmental



*Urbach, 1993*  
*Liu et al., 2004*  
*Thierry et al., 2006*

[ethanol] limite  
la formation des  
esters éthyliques



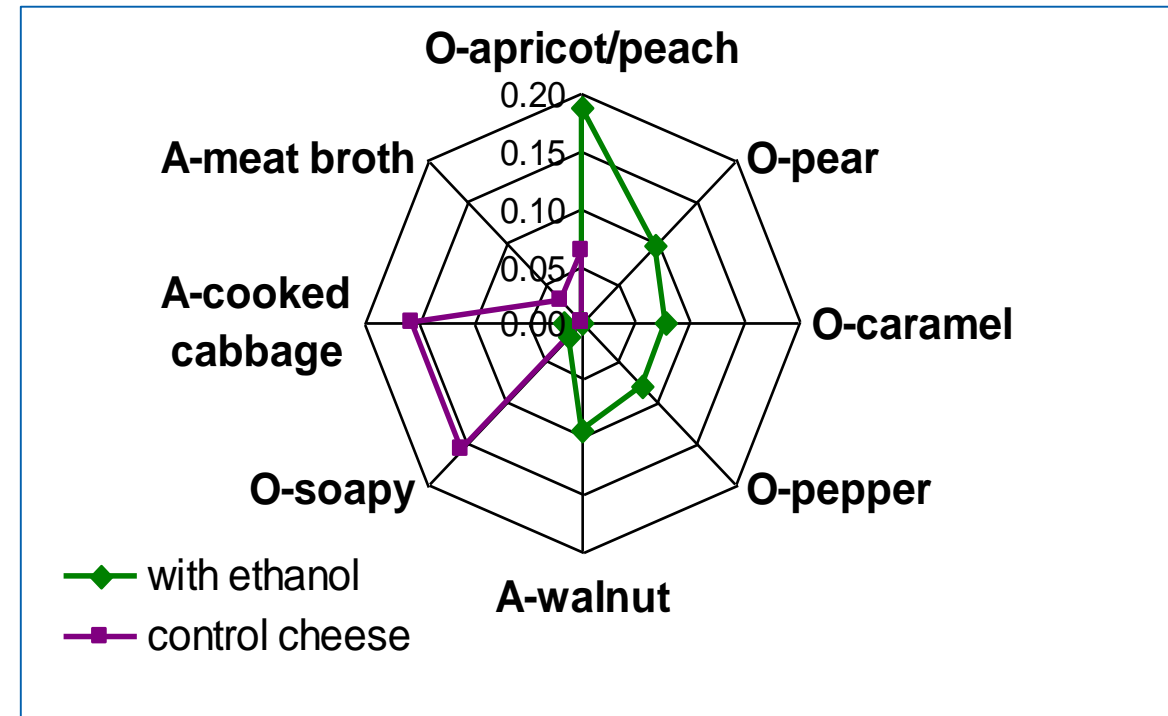
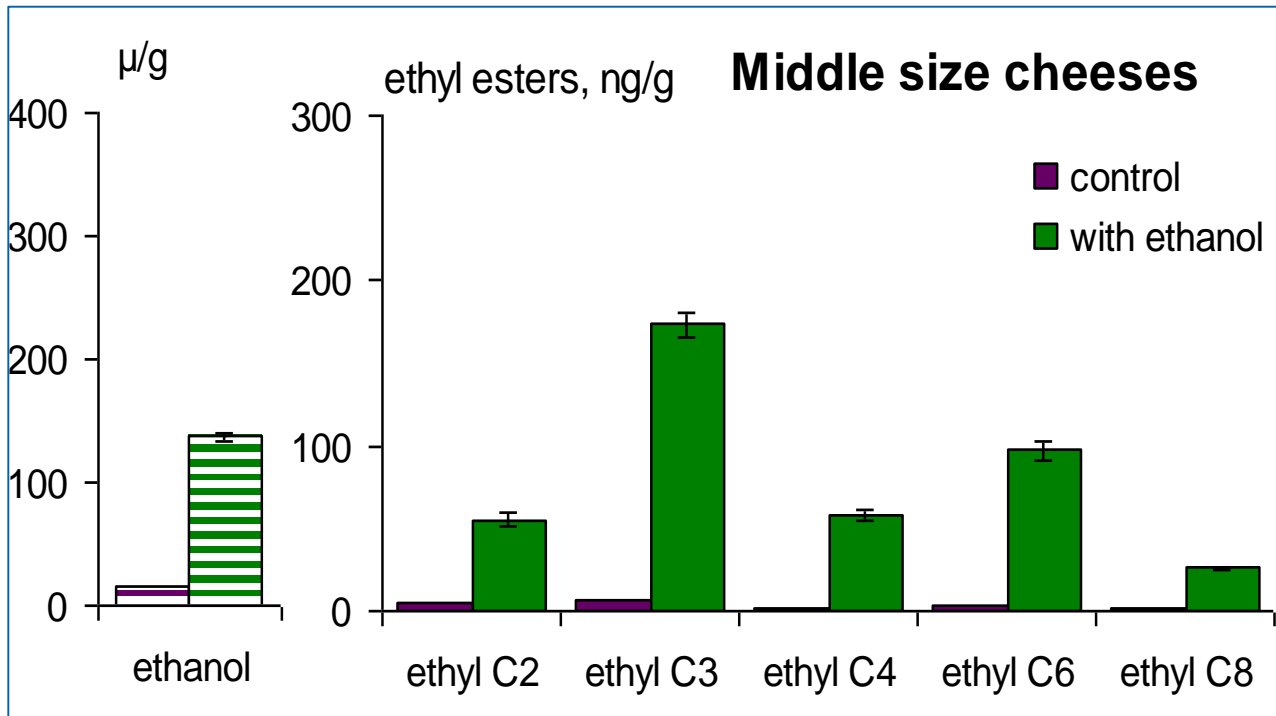
Réactions de formation des esters éthyliques :

**Esterification:** acide + éthanol  $\leftrightarrow$  ester éthylique + H<sub>2</sub>O

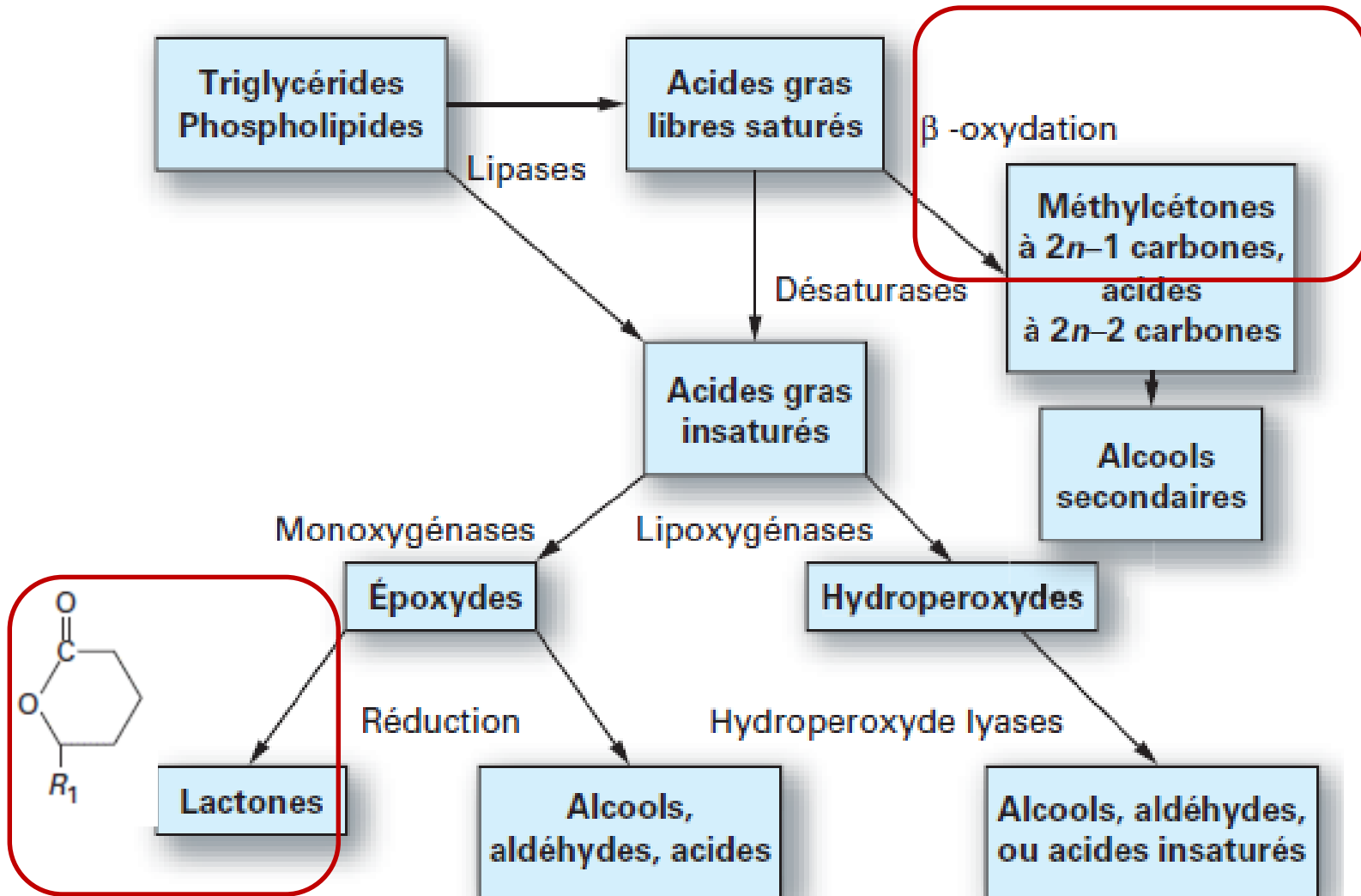
**Alcoololyse:** triglycéride + éthanol  $\leftrightarrow$  diglycéride + ester éthylique

# Ethanol : élément limitant la formation des esters

Emmental expérimentaux (12 kg) fabriqués  
avec et sans addition d'éthanol au lait



# Formation des méthylcétones et des lactones



Voies surtout étudiées chez les champignons comme *Penicillium roqueforti*

# Composés d'arôme clés issus de la matière grasse

Zellner et al, 2008

( <i>E,E</i> )-2,4-Nonadienal	Fatty, floral	
( <i>Z</i> )-4-Heptenal	Fatty, oily, creamy	
1-Nonen-3-one	Pungent, mushroom-like	
1-Octen-3-ol	Mushroom-like	
1-Octen-3-one	Mushroom-like, metallic	
2,3-Butanedione	Buttery, creamy	<b>méthylcétones</b>
2-Heptanone	Fruity, spicy, cinnamon	
2-Nonanone	Floral, fruity, green, oily	
2-Undecanone	Floral, rosy, citric	
3-Methylbutanal	Malt-like, green	
6-Dodecen- $\gamma$ -lactone	Fatty	
Acetaldehyde	Ethereal, pungent	
Acetic acid	Pungent, vinegar-like	<b>ac. gras libres</b>
Butyric acid	Sharp, cheesy, rancid, sour, sweaty	
Diacetyl	Buttery	



Dimethyl sulphide	Sulphurous, boiled-cabbage
Dimethylsulphone	Sulphurous
Ethyl butanoate	Fruity, sweet
Ethyl butyrate	Ethereal, fruity, banana, pineapple
Ethyl caproate	Fruity, winy, pineapple, banana
DMHF	Sweet, caramel, fruity, strawberry-like
Heptanal	Oily, fatty, sweet, nutty
Hexanal	Green, grassy
Homofuraneol	Sweet, caramel
Indole	Fecal, putrid, musty, floral on high dilution
Isovaleric acid	Rancid, cheesy, sweaty, fecal, putrid
Methional	Boiled potato-like
Nonanal	Floral, green, waxy
Propionic acid	Pungent, rancid
$\delta$ -Decalactone	Coconut, creamy, peach,

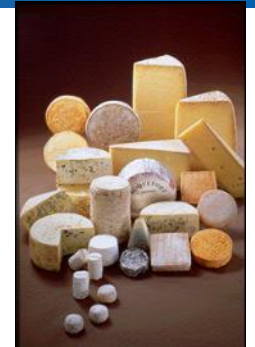
esters



# Exemples de composés d'arôme issus de la MGL

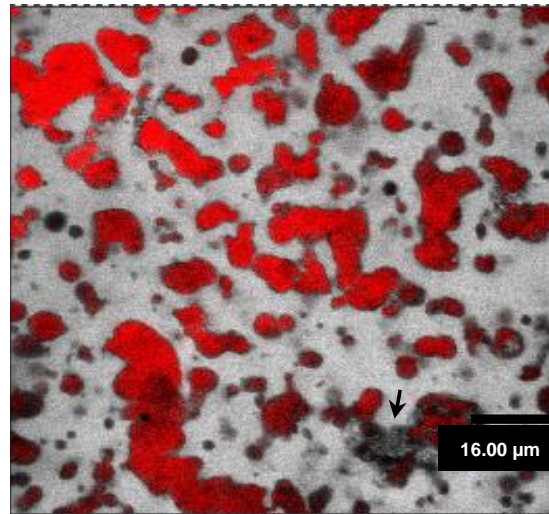
Composés d'arôme	Origine	notes typiques
<b>acides gras libres</b> à 4 à 10 atomes de carbone	MG toutes espèces laitières	Fromage piquant, bleu,
acide 4-méthyl-octanoïque acide 4-éthyl-octanoïque	matière grasse	
<b>esters</b>	alcool glycérides et alcool	fruité
<b>méthylcétones</b>	B-oxydation des acides gras	bleu
<b>lactones</b>	Oxydation des AG insaturés	fruité, "gras"

**contribution positive ou négative selon la concentration  
des composés d'arôme et selon le produit**



# Matière grasse du lait et arôme

1-Piège pour les composés d'arôme



3-Arômes et perception de la matière grasse

2-Source de composés d'arôme :

- acides gras libres
- composés d'arôme dérivés

# Interactions entre arômes et perception de la matière grasse

- Perception de la texture et de l'arôme en interaction
- L'arôme joue dans la détection de la matière grasse et la discrimination de sa concentration
- Sensation de perception de matière grasse renforcée par ajout d'arôme de beurre, dans des produits allégés en particulier

texture crémeuse plus perçue si arômes ajoutés dans yaourts maigres



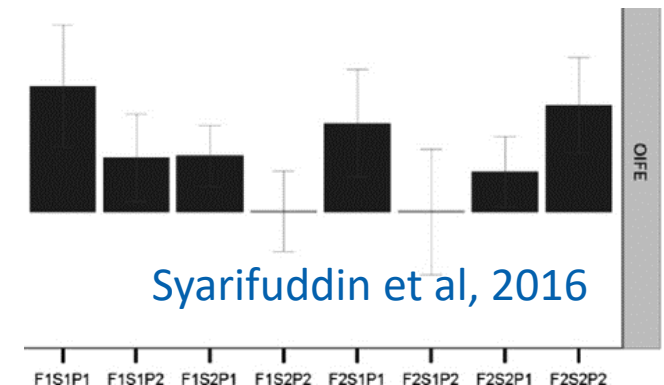
Saint-Eve et al. 2004

essais sur cottage cheese de 1% à 8% MG  
Différences en matière grasse mieux perçues sans pince-nez



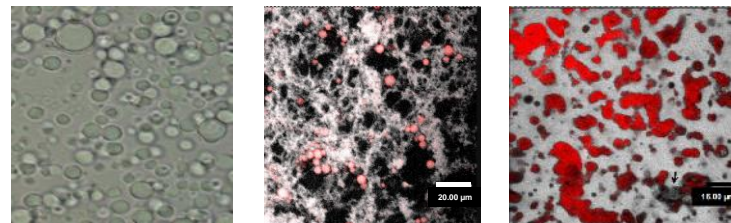
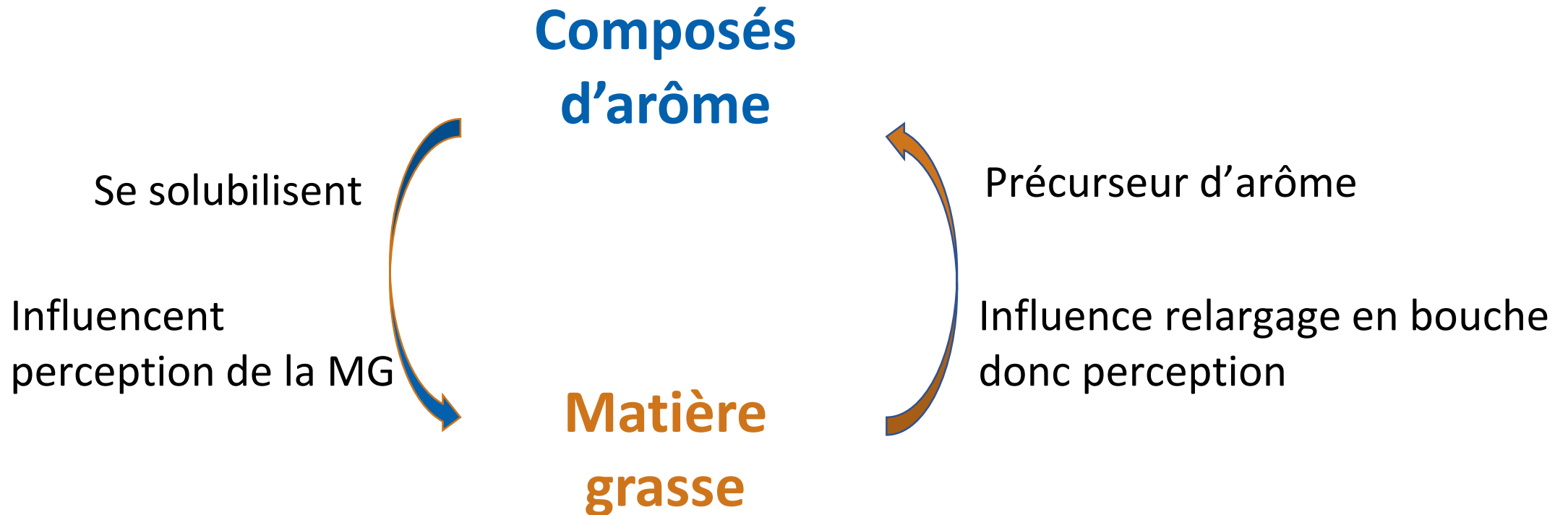
Schoumacker et al. 2017

Fromages modèles à 20 et 40% MG/mat sèche



Syarifuddin et al, 2016

# Conclusions



Rôle ?

structure de la matière grasse : distribution et nature de l'interface