



**HAL**  
open science

## **Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières ; Quoi de neuf sur le plan des connaissances ?**

Marie-Hélène Famelart, Fanny Guyomarc'H, Marion Morand, Bruno Novales

### ► **To cite this version:**

Marie-Hélène Famelart, Fanny Guyomarc'H, Marion Morand, Bruno Novales. Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières ; Quoi de neuf sur le plan des connaissances ?. Carrefours de l'innovation agronomique Colloque -Protéines laitières : aspects nutritionnels, Apr 2011, Rennes, France. 162 p., 2011. <hal-01454238>

**HAL Id: hal-01454238**

**<https://hal.science/hal-01454238v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**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.



HAL Authorization

# Carrefours

de l'innovation  
agronomique  
2011



## Protéines lactières

aspects nutritionnels et fonctionnels,  
de la préparation à l'utilisation

Mardi 5 avril 2011



ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT

INRA

# Carrefours

de l'innovation  
agronomique  
2011

**Agrégation protéique et propriétés gélifiantes  
et moussantes des protéines laitières ;  
Quoi de neuf sur le plan des connaissances ?**

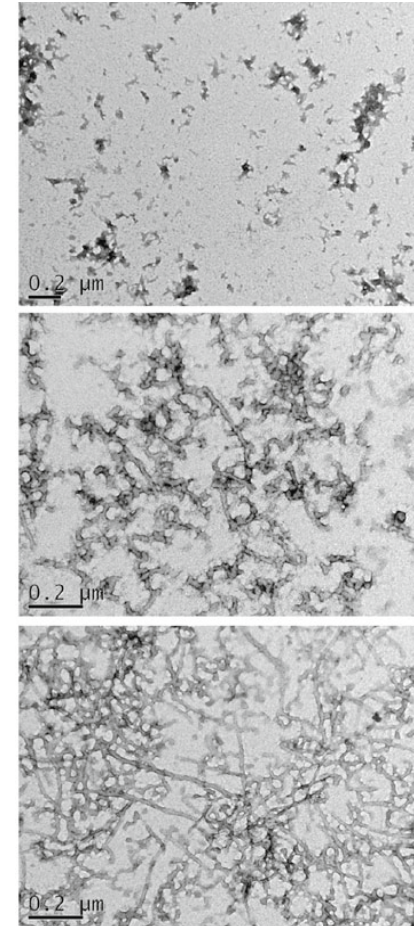
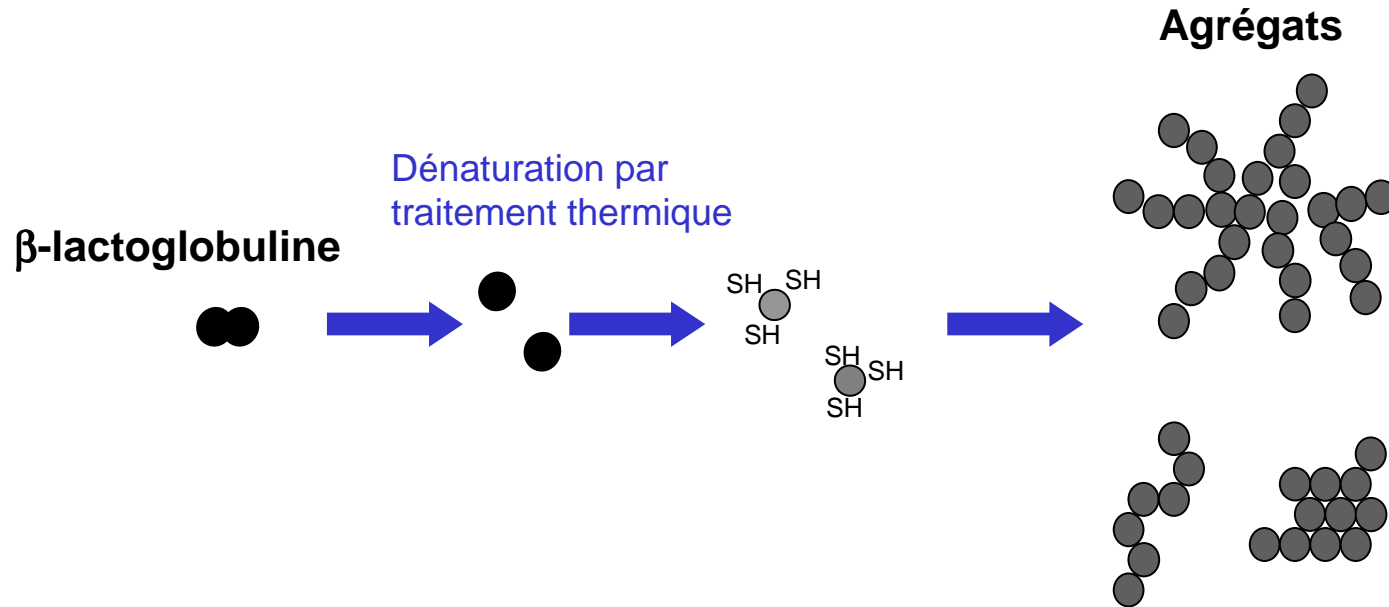
M.H. Famelart, F. Guyomarc'h, M. Morand  
UMR-STLO Rennes / B. Novales BIA Nantes



ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT

INRA

# Les agrégats de protéines laitières



# 4 Les propriétés fonctionnelles des agrégats de protéines laitières



Crèmes dessert



Crème glacée

Mousses



## Propriétés moussantes



Yaourts brassés  
Fromages blancs...



## Propriétés gélifiantes



Angel cakes  
Crème fouettée



Yaourts fermes

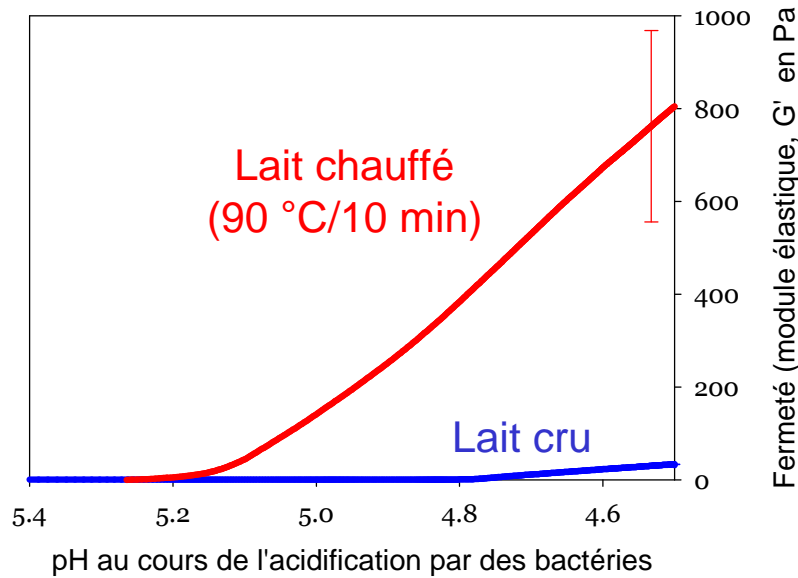




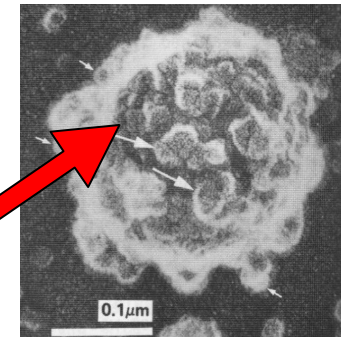
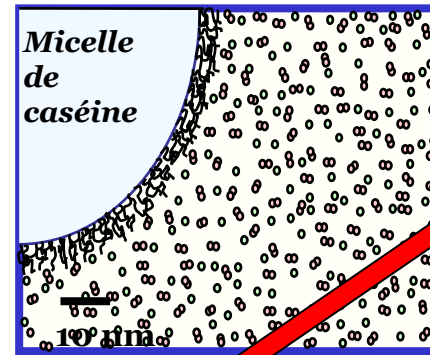
# Agrégats de protéines laitières et propriétés gélifiantes

6

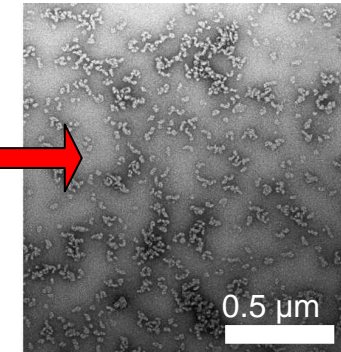
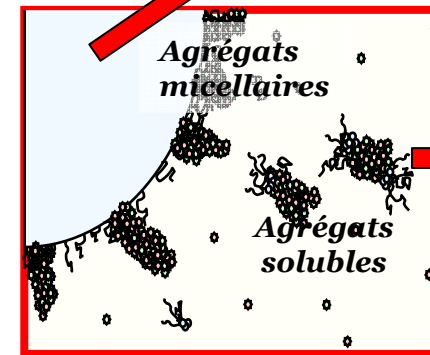
## Les propriétés de gélification acide du lait – le yaourt



La gélification a lieu plus rapidement et à un pH plus haut et le gel est beaucoup plus ferme après un traitement thermique à 90°C pendant 10 min. Ce chauffage est une pratique courante dans la fabrication des yaourts.



Micelle de lait chauffé



Agrégats solubles :  
Nanoparticules protéiques  
Diamètre environ 100 nm,  
Charge de surface -17 mV,  
Point isoélectrique à 4.5

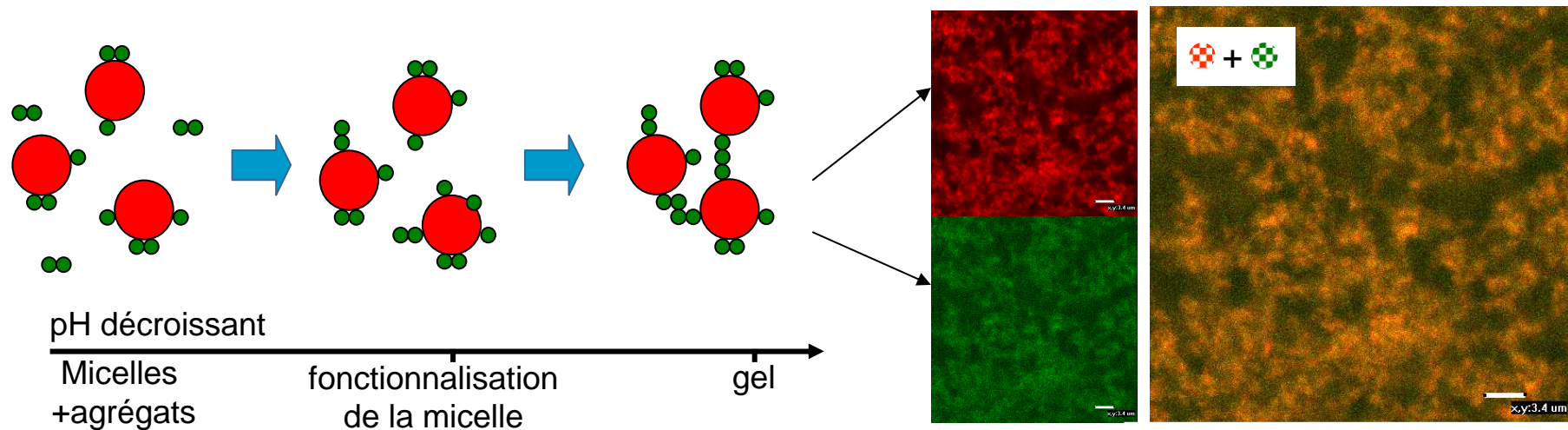
7

## La fonctionnalisation de la micelle de caséine par les agrégats thermo-induits

Les agrégats solubles s'associent aux micelles dès le début de l'acidification (Guyomarc'h et al., 2009; Alexander & Dalgleish, 2005; Donato et al., 2007)

⇒ Fonctionnalisation de la micelle de caséine

⇒ Déstabilisation précoce de la micelle et formation d'un gel ferme

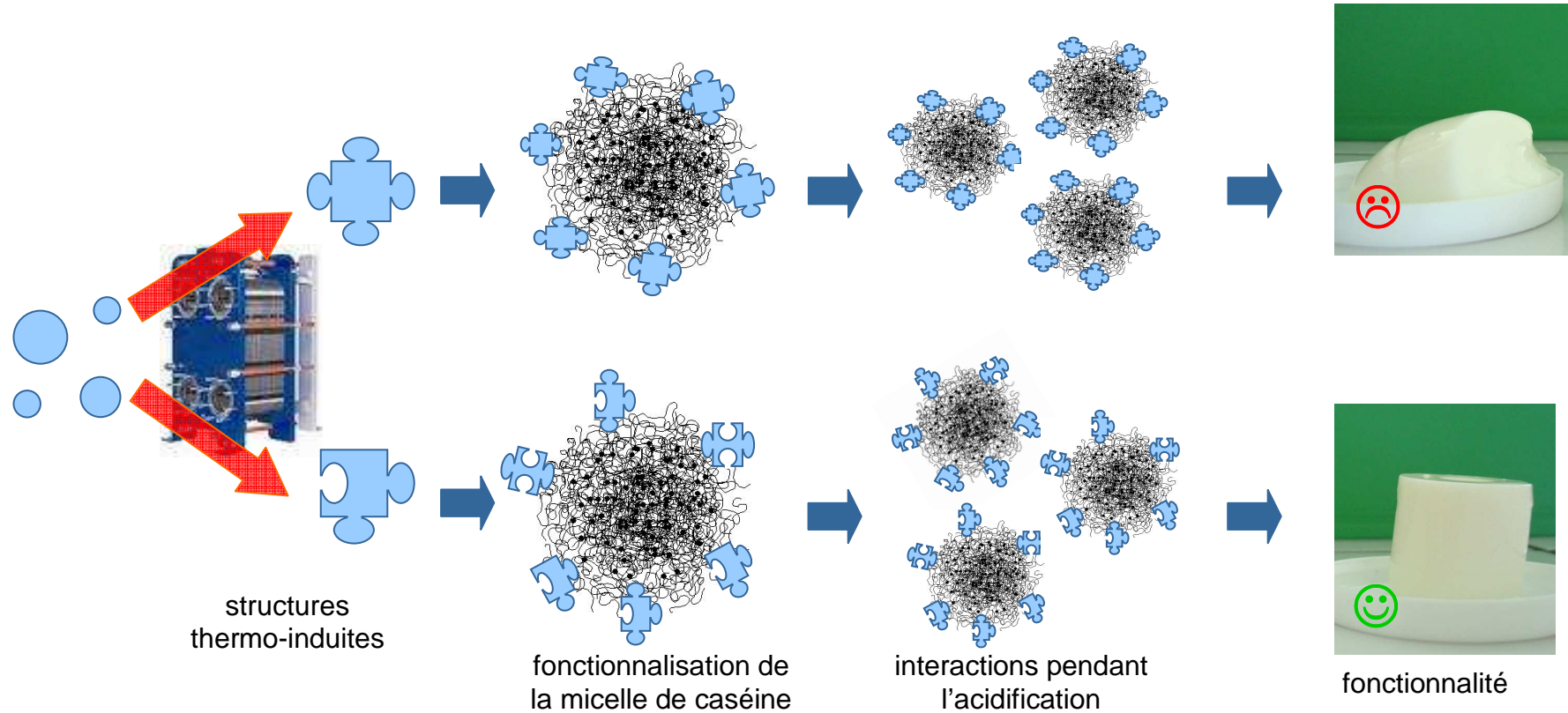


Hypothèse de la séquence des interactions survenant entre les micelles de caséines ● et les complexes de PS/caséine κ ● dans le lait écrémé chauffé

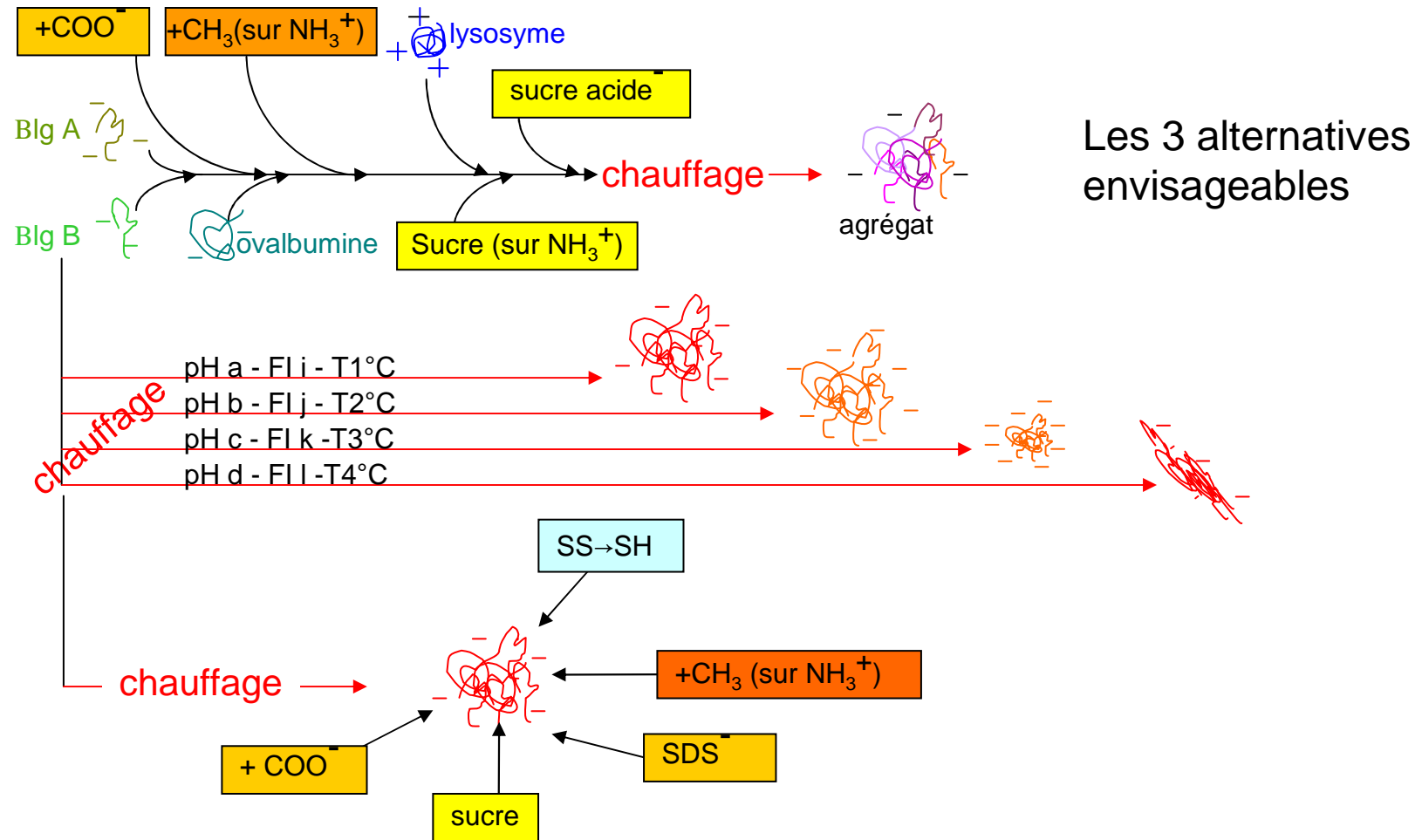
Images en microscopie confocale d'un gel acide de lait écrémé chauffé dans lequel les micelles sont marquées à la RITC (●) et les complexes solubles à la FITC (●). Les zones où les deux éléments sont colocalisés apparaissent à droite en jaune (●).

8

# L'ingénierie des agrégats thermo-induits pour la gélification acide du lait



# L'ingénierie des agrégats thermo-induits



## Quelles propriétés modifier et quels moyens ?

Morand, Guyomarc'h, Famelart dans Dairy Science and Technology, 2011  
 DOI 10.1007/s13594-011-0013-x  
<http://springerlink.metapress.com/content/041w0859t6714428/fulltext.pdf>

### pH de déstabilisation de la micelle de caséine

| Propriété  | Moyens scientifiques                          | Moyens alimentaires  |
|--|---|--|
| Présence de caséine $\kappa$ comme point d'ancrage | - protéines purifiées                         | - cracking du lait   |
| Point isoélectrique                                | - greffage chimique<br>- ligands ioniques     | - addition de protéines globulaires de pI variables<br>- provoquer la réaction de Maillard<br>- déglycosylation de la caséine $\kappa$ |
| Hydrophobie de surface                             | - greffage chimique<br>- ligands non-ioniques | - contrôle de la dénaturation<br>- emprésurage   |

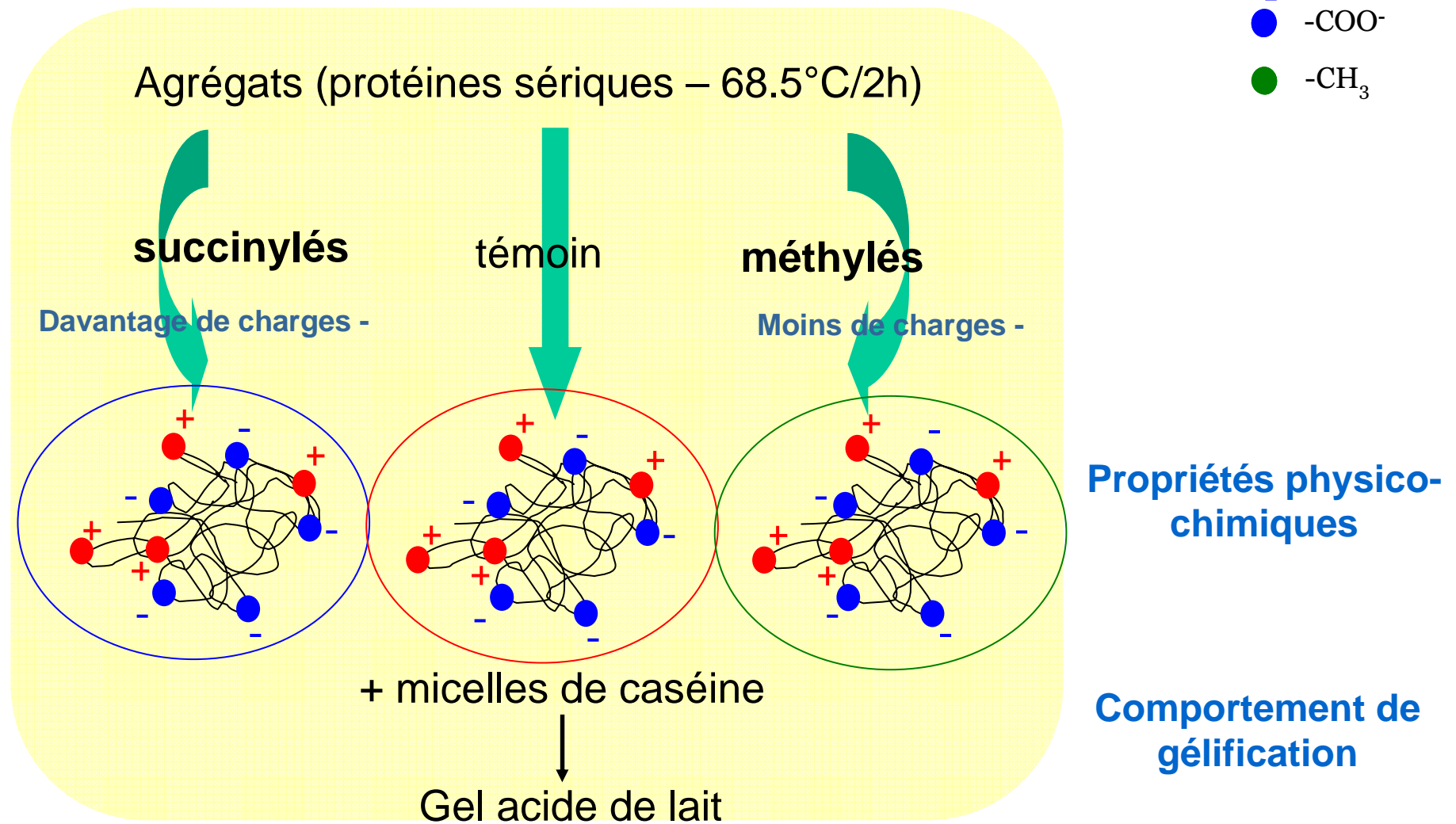
## Quelles propriétés modifier et quels moyens ?

### Aptitude de la micelle de caséine à former un gel ferme

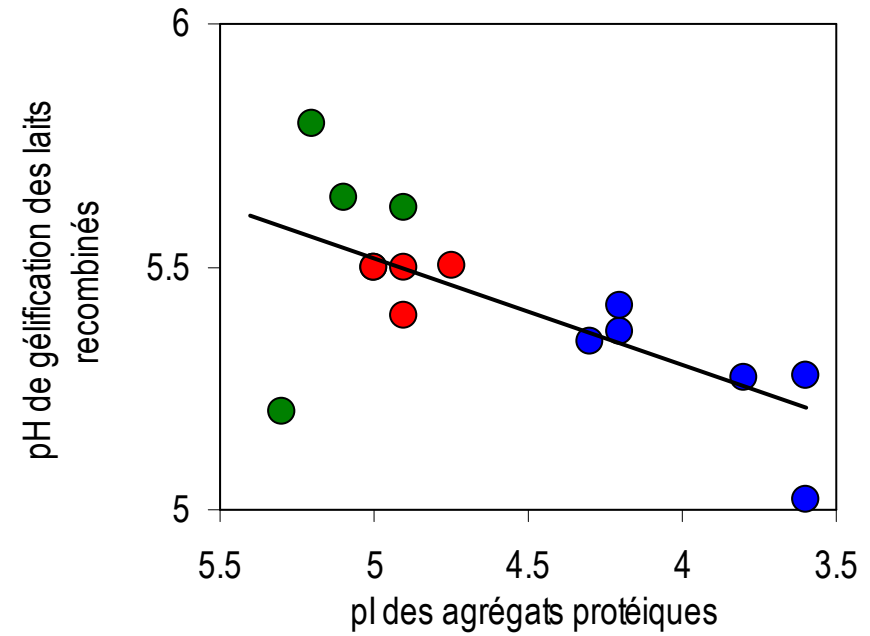
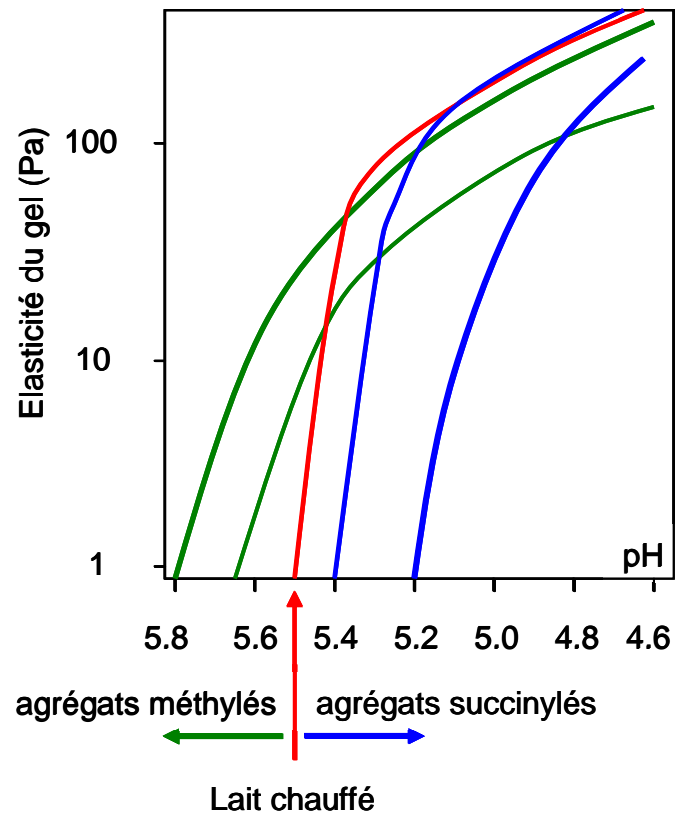
| Propriété                          | Moyens scientifiques  | Moyens alimentaires  |
|------------------------------------|---|--|
| Pontages disulfures inter et intra | <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduction/oxydation chimique du thiol</li> <li>- greffage ou masquage chimique de thiols</li> <li>- génie génétique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- conditions redox</li> <li>- électroréduction</li> <li>- pH</li> <li>- addition de protéines riches en SH et/ou en SS</li> </ul> |
| Taille                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- minéraux et force ionique</li> <li>- ligands</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- ratio caséine/protéines de lactosérum</li> <li>- concentration en protéines</li> <li>- lactose et ions</li> </ul> |
| Forme                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- protéines purifiées</li> <li>- greffage (carboxymethylation des caséines <math>\kappa</math>)</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- ratio caséine/ protéines de lactosérum</li> </ul>   |

# 12 Un exemple, la charge électrique des agrégats

- <sup>+</sup> -NH<sub>3</sub><sup>+</sup>
- <sup>-</sup> -COO<sup>-</sup>
- -CH<sub>3</sub>



## Un résultat : l'effet de la charge électrique des agrégats



## Perspectives

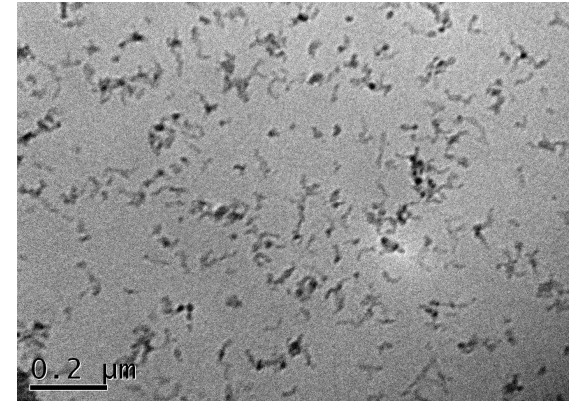
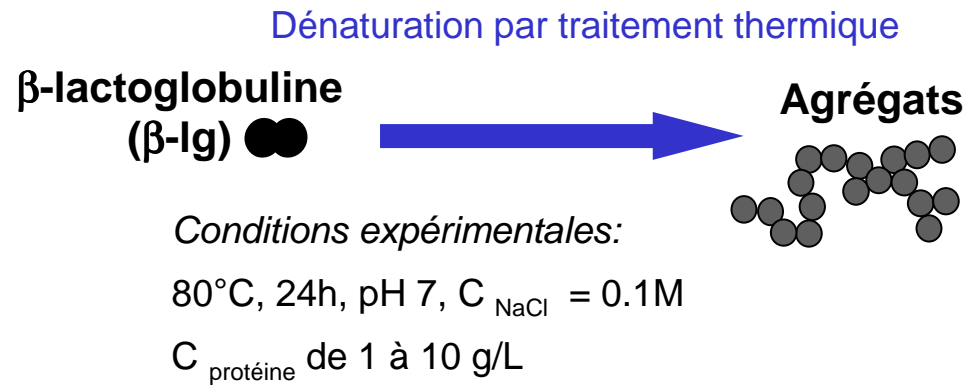
- à court-terme : Le volet consacré à l'étude du rôle des propriétés hydrophobes de surface des agrégats est en cours d'étude
- à moyen-terme : Thèse Marion Morand (financements Région Bretagne) qui finit 2011. Marion Morand est disponible pour poursuivre cette thématique. Par ailleurs, un profil de thèse a été déposé à l'Ecole Doctorale de Rennes (VAS)
- à plus long-terme : lorsque les propriétés physico-chimiques et structurales des agrégats thermo-induits « positives » seront clairement établies, il faudra trouver des moyens « food-grade » et transférables à l'industrie de les conférer à ces agrégats et valider sur yaourts modèles, puis réels...



# Agrégats de protéines lactières et propriétés moussantes

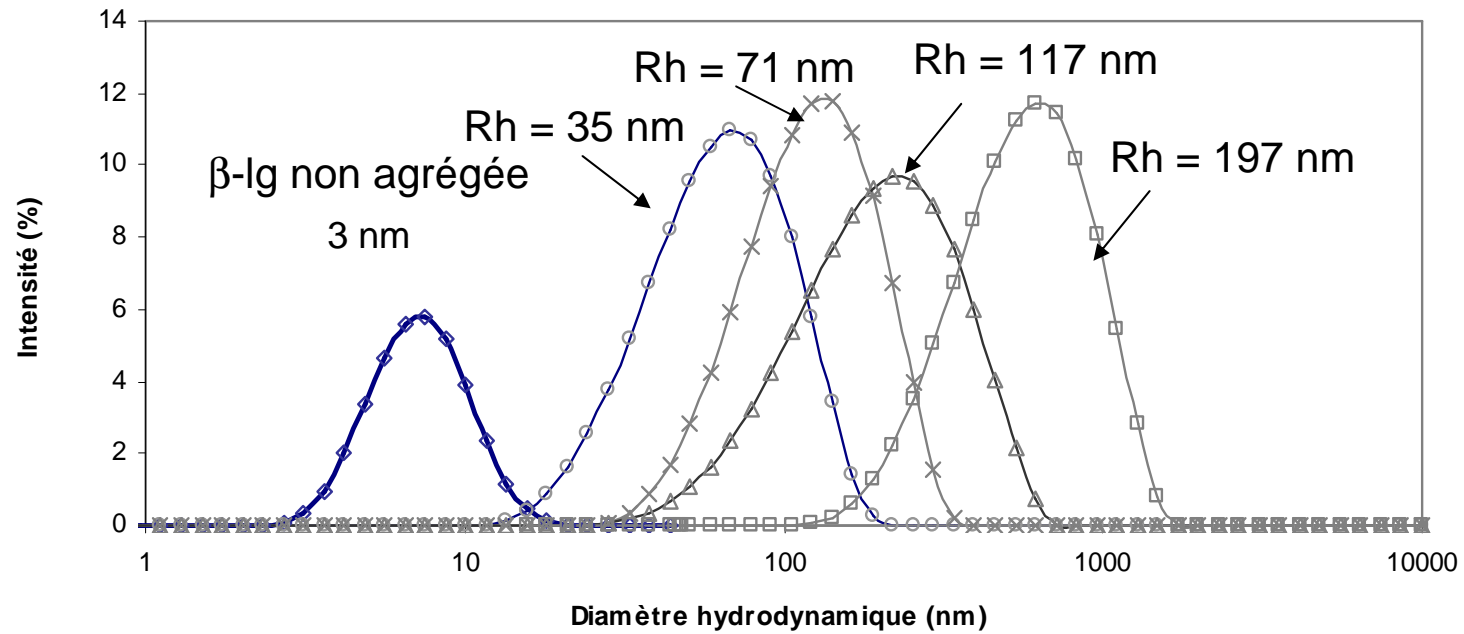


# $\beta$ -lactoglobuline non agrégée et agrégats formation et caractérisation



Photographies Cryo-TEM  
Cédric Gaillard INRA

## Caractérisation des agrégats de protéines

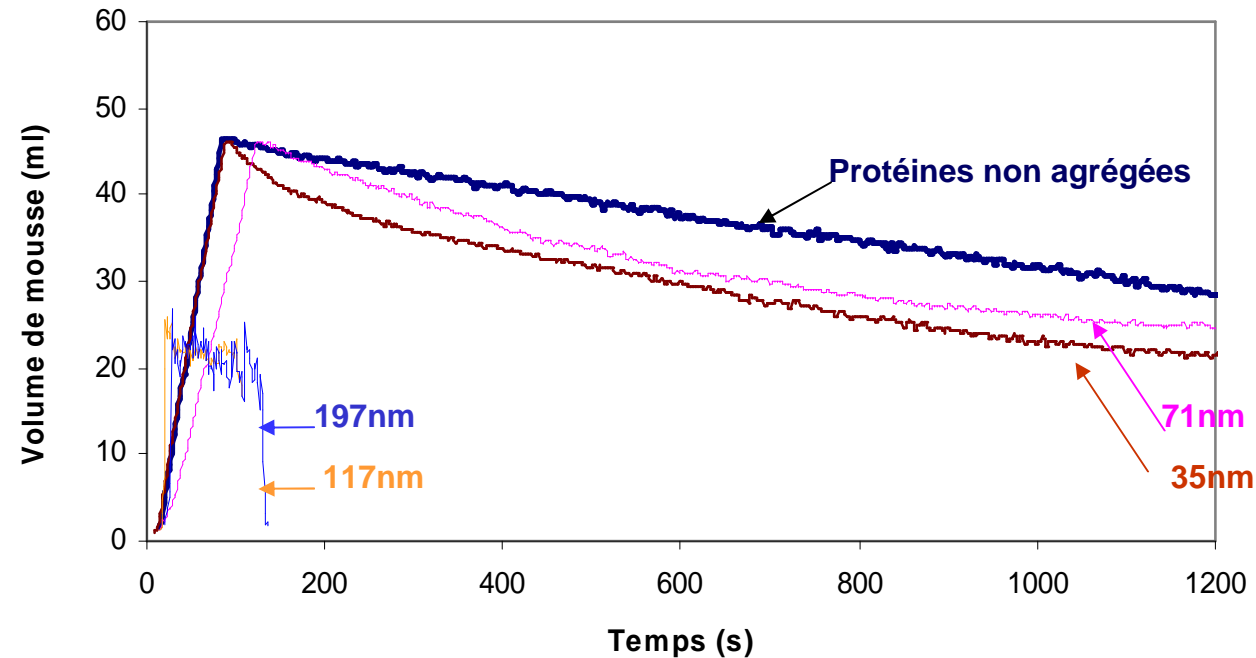


# Propriétés moussantes des agrégats

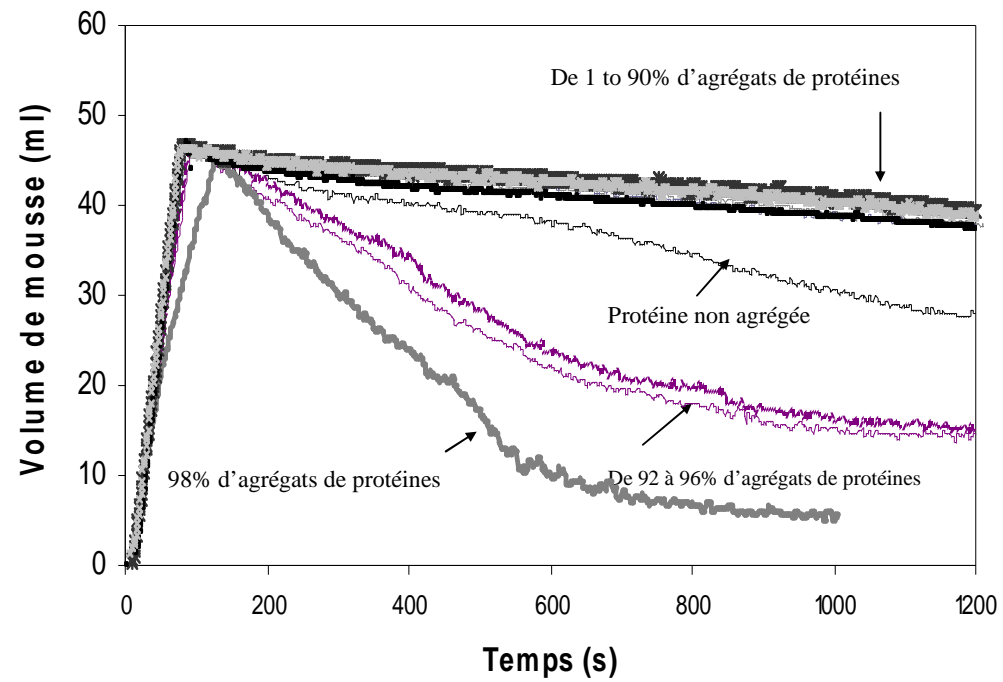
## Formation de la mousse

## Stabilité de la mousse

|                    | Temps de formation de la mousse (s) |
|--------------------|-------------------------------------|
| $\beta$ -lg        | 82 +/- 2                            |
| Agrégats Rh 35 nm  | 92 +/- 4                            |
| Agrégats Rh 71 nm  | 120 +/- 1                           |
| Agrégats Rh 117 nm | Pas de mousse                       |
| Agrégats Rh 197 nm | Pas de mousse                       |



## Propriétés moussantes des agrégats en présence de protéines non agrégées

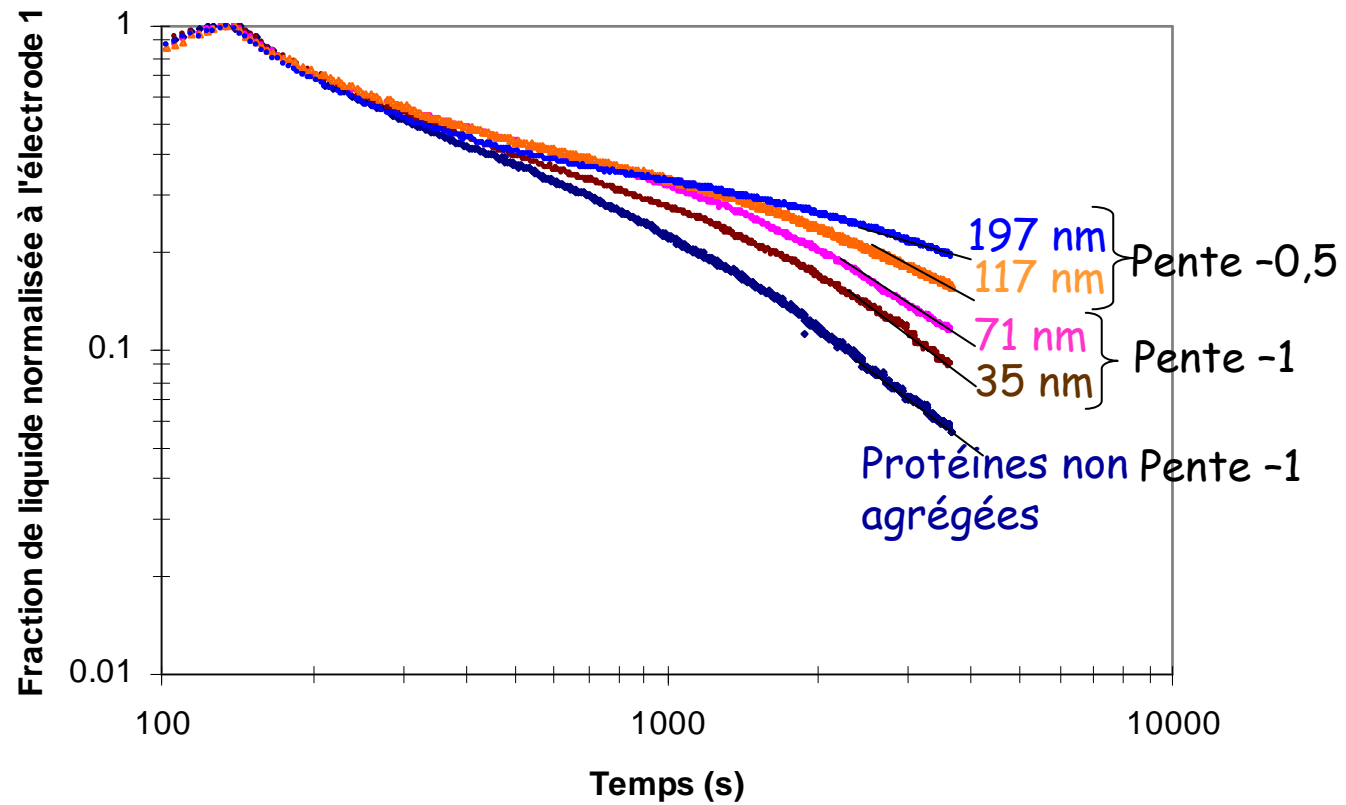


## Taille des agrégats et stabilité des mousses

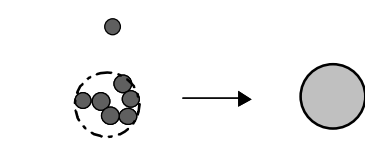


# Drainage des mousses

## Mousse contenant 10% d'agrégats

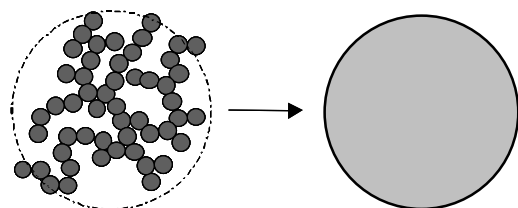


## Couches adsorbées aux interfaces

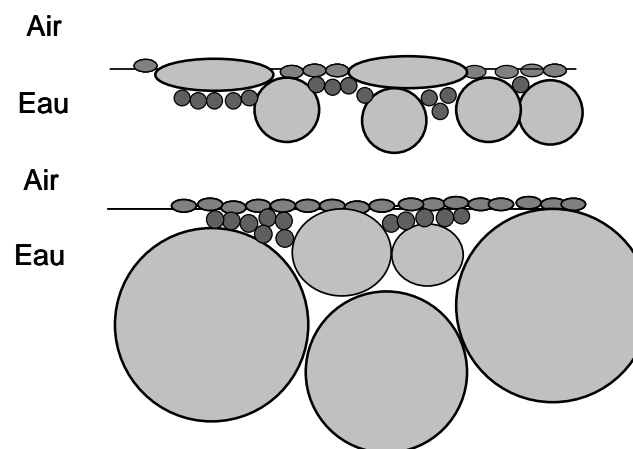


Protéines non agrégées

Petits agrégats de protéines  
( $R_h \sim 35\text{nm}$ )



Larges agrégats de protéines  
( $R_h \sim 200\text{ nm}$ ) avec une distribution  
en taille relativement large

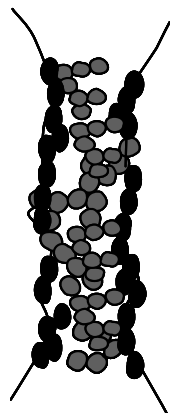


# Stabilisation des films de mousse

## Analogie avec les mousses de particules

### Stabilisation des films de mousse

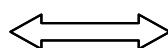
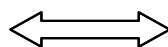
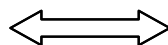
...par les agrégats de protéines



Couverture par  
les protéines non  
agrégées

Formation d'un  
réseau de type gel

Stabilisation dépendante  
de la taille et de la  
quantité d'agrégats



...par les particules

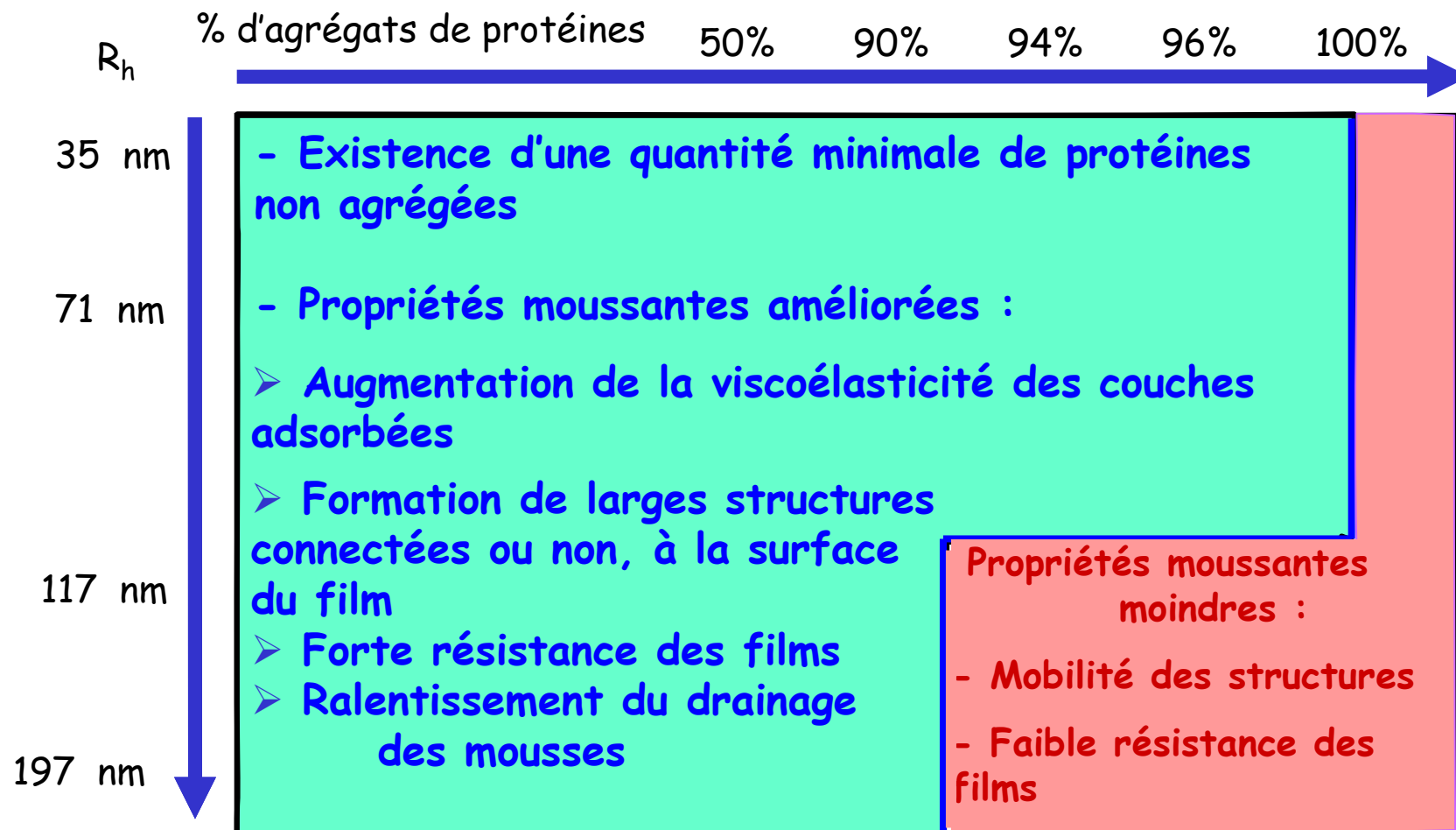
Formation d'une  
couche dense autour  
des bulles de gaz

Formation d'un  
réseau de type gel

Stabilisation dépendante de  
la taille et de la  
concentration des particules



## Corrélation interface/mousse/films



## Ingénierie moléculaire

- Obtenir des agrégats aux propriétés contrôlées (structure, surface) pour une fonctionnalité ciblée
- Formulation de systèmes aux propriétés gélifiantes ou moussantes contrôlées (exemple de systèmes pré-enrichis en agrégats)