

# CAUSERIE FROMAGÈRE

**17 octobre 23**

De 14h00-15h30

**Construire la matrice fromagère : entre  
performance et qualité**

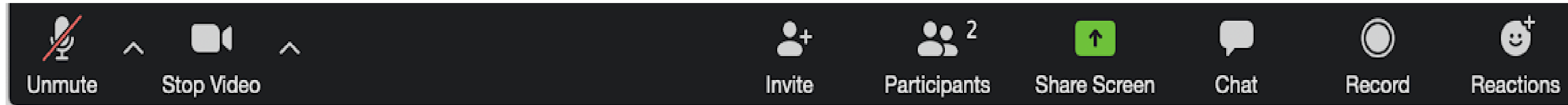
**Michel Britten, consultant et chercheur retraité, AAC**

**Yves Pouliot, consultant et professeur retraité, Un. Laval**

CEFRQ



# CONSIGNES



Fermer votre micro et votre caméra en cours de diffusion



Clavarder ICI



Lever la main ICI





# Construire la matrice fromagère: entre performance et qualité



# Partie 1

## Les alternatives technologiques permettant de standardiser/enrichir la composition du lait de fromagerie

*Yves Pouliot & Julien Chamberland\**

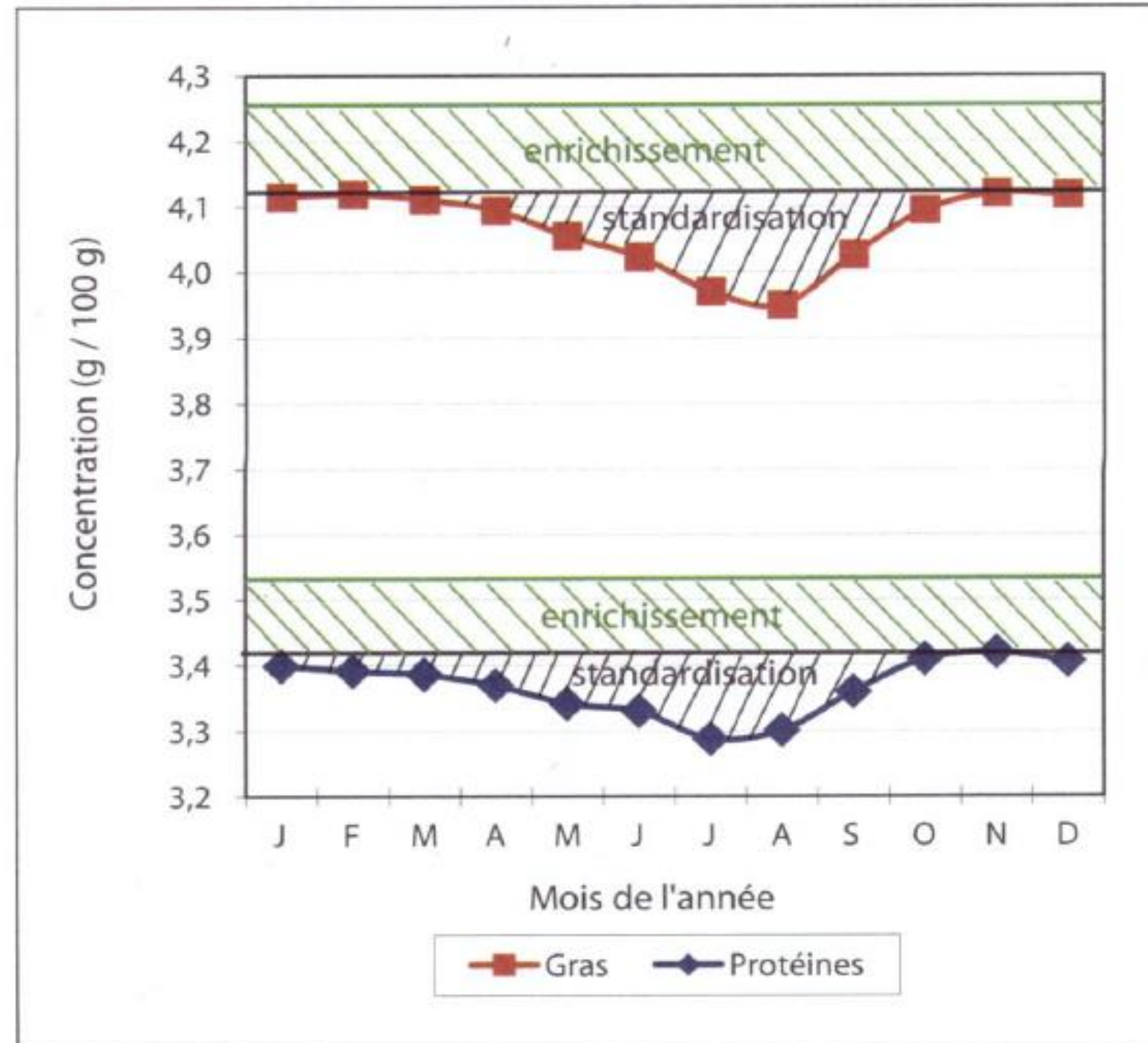
*\* Chaire de leadership en enseignement de la fromagerie (CLE), Département des Sciences des Aliments, Université Laval*



# Standardisation & enrichissement

**Exemple de standardisation et d'enrichissement du lait entier en matière grasse et en protéines selon la période de l'année**

(St-Gelais et al, Sc & Technologie du lait, 3<sup>e</sup> ed., 2018)



# Plan de la présentation

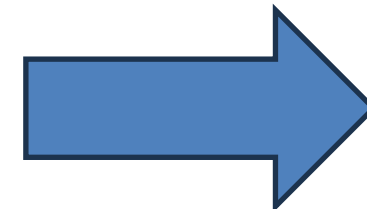
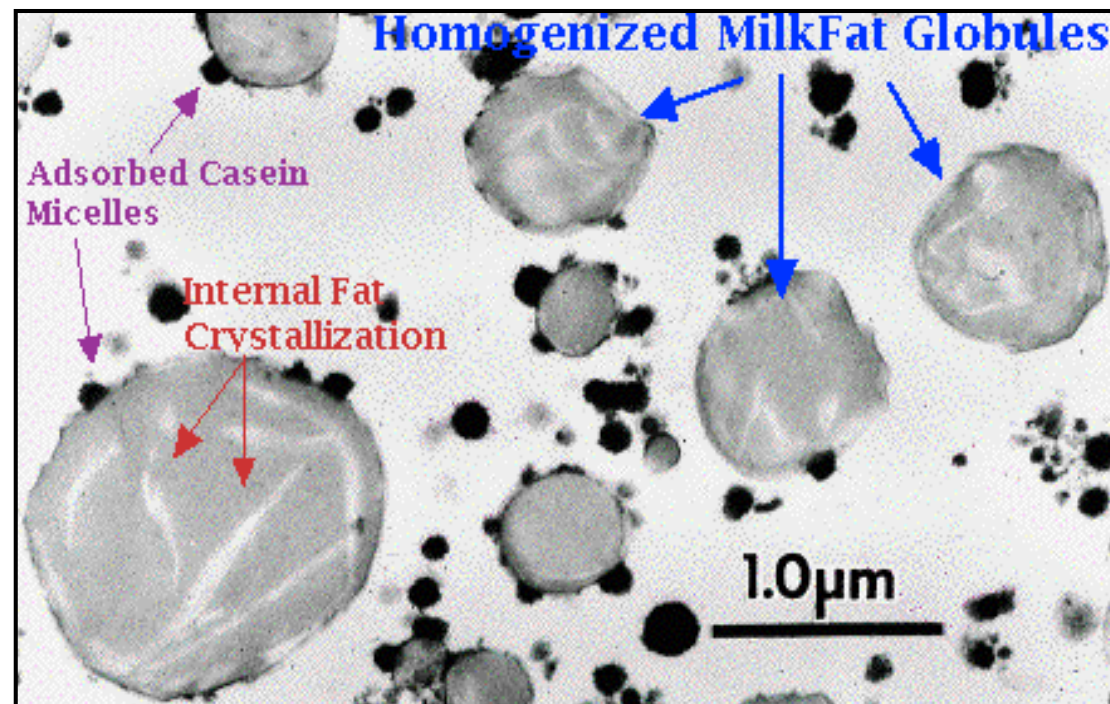
- Du lait à la matrice fromagère: les changements de structure et de composition
- Les options offertes par les ingrédients protéiques
- Les procédés à membranes et leurs applications
- Les procédés à membranes en fromagerie... le POUR et le CONTRE



# Du lait à la matrice fromagère...

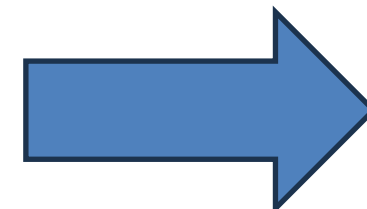
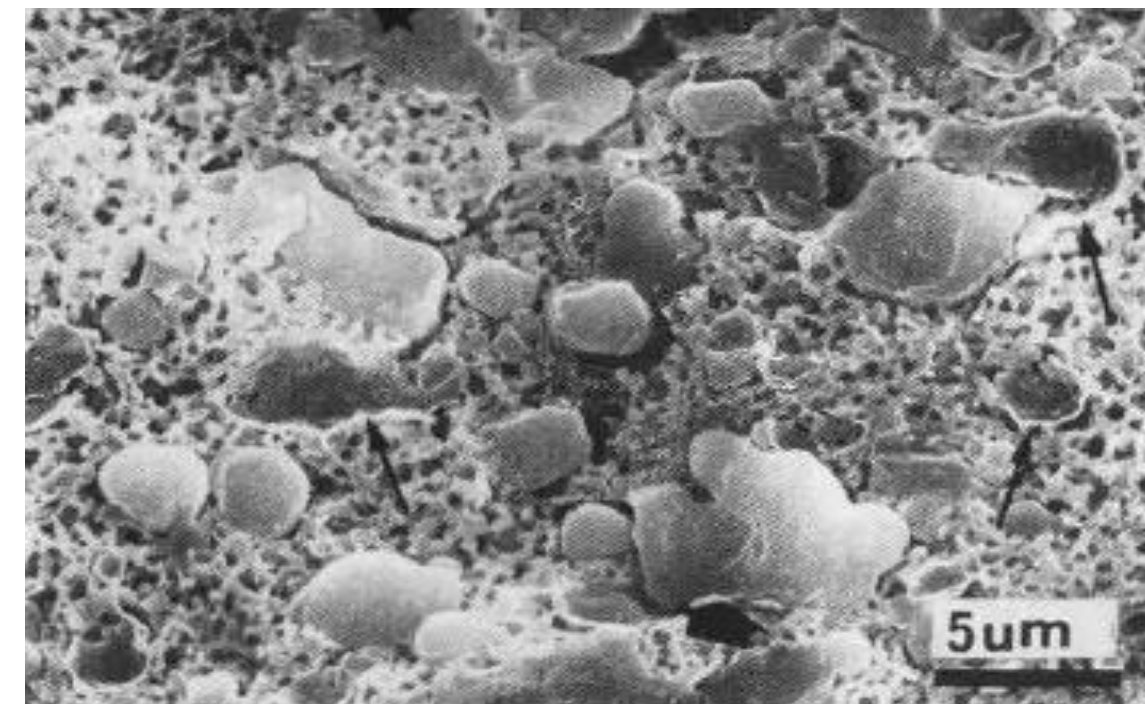
	Composition (g/100g)
Matière grasse	2,5-5,5
Protéines	2,9-5,0
Lactose	3,6-5,5
Minéraux (cendres)	0,7-0,9
Eau	85,5-89,5

(Vuillemand, 2018)



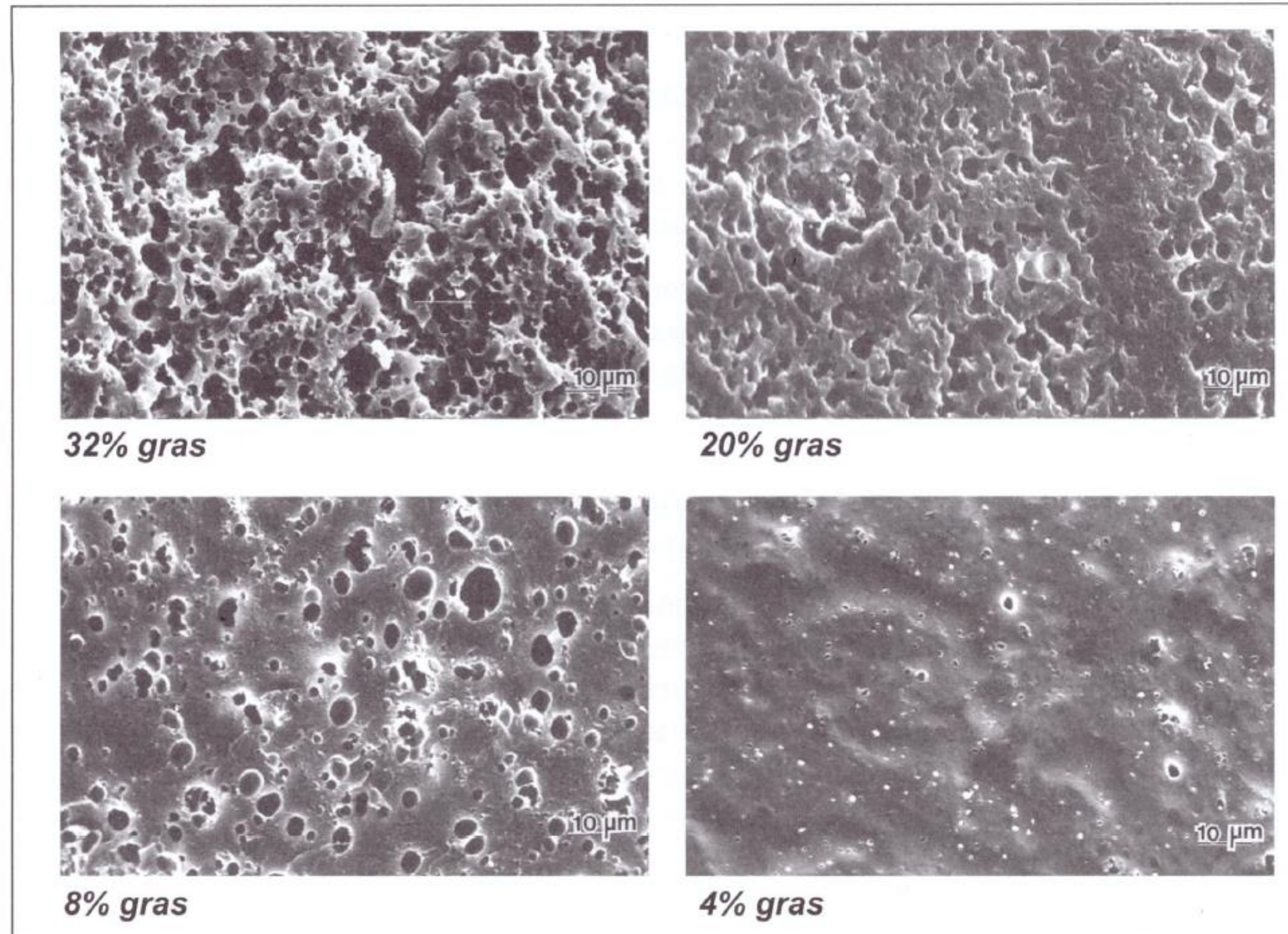
	Composition (g/100g)
Matière grasse	33
Protéines	25
Lactose	1
Minéraux (cendres)	4
Eau	37

(<https://www.cdc-ccl.ca/fr/node/780>)





# Du lait à la matrice fromagère...





# Du lait à la matrice fromagère...

La caséine micellaire... au cœur d'équilibres solubles-colloïdaux

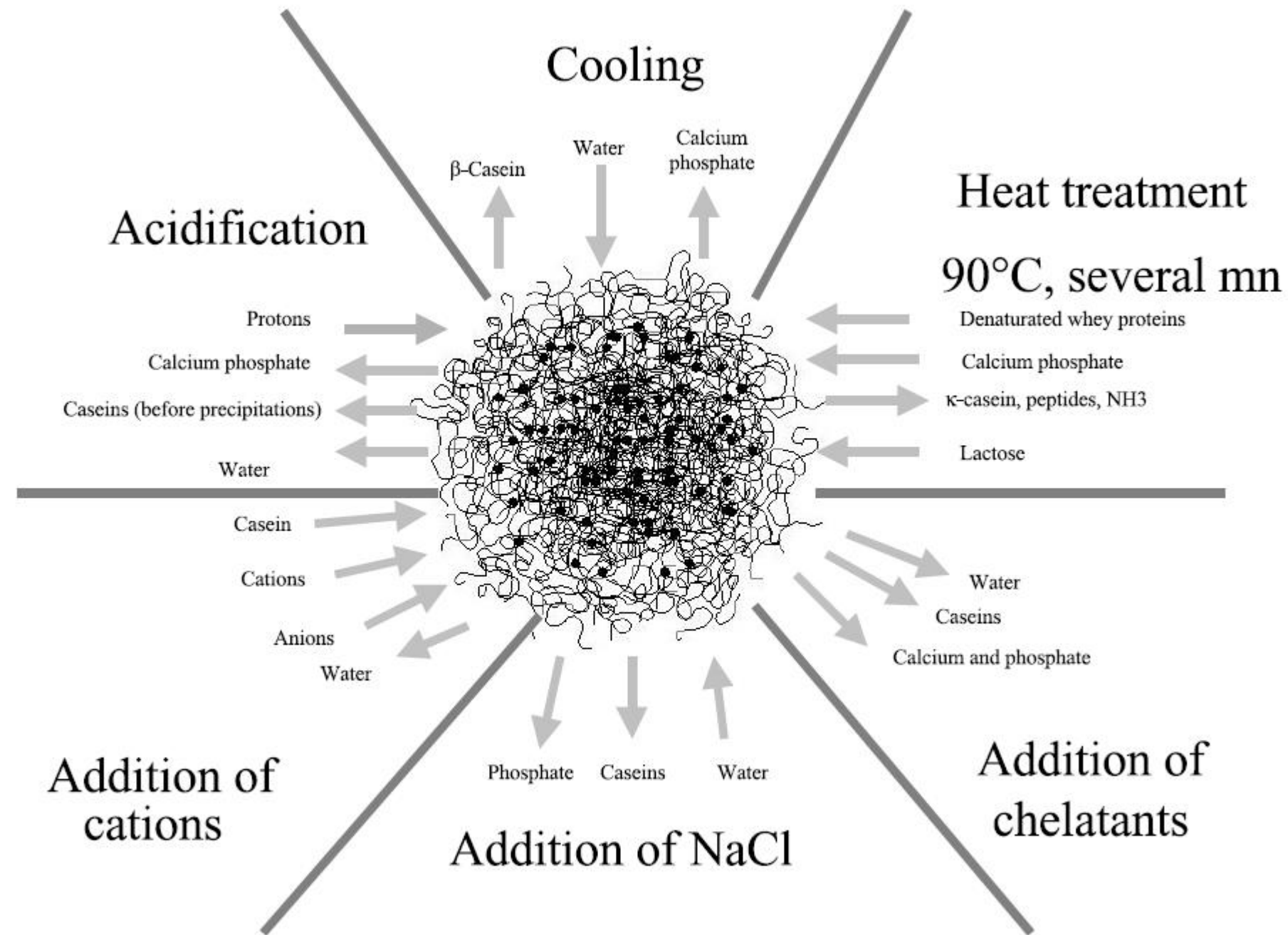


Figure 4. Modification of salt equilibrium in different physico-chemical conditions.

# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Fromagerie : Emphase sur les ingrédients protéiques

Ingrédients riches en CN :

- ❖ ↑ propriétés de coagulation
- ❖ ↑ propriétés d'égouttage

### Ingrédients structurants

- ❖ Poudre de lait écrémé (PLÉ, SMP)
- ❖ Concentrés de protéines laitières (MPC)  
*Milk protein concentrate*
- ❖ Concentrés de caséines micellaire (MCC)  
*Micellar casein concentrate, phosphocasein*

### Ingrédients destructurants

- ❖ Poudre de lactosérum
- ❖ Concentrés de protéines du lactosérum (WPC)  
*Whey protein concentrate*
- ❖ Babeurre  
*Buttermilk*

Ingrédients riches en PS :

- ❖ ↑ rétention d'humidité
- ❖ ↓ aptitude à la fromagerie

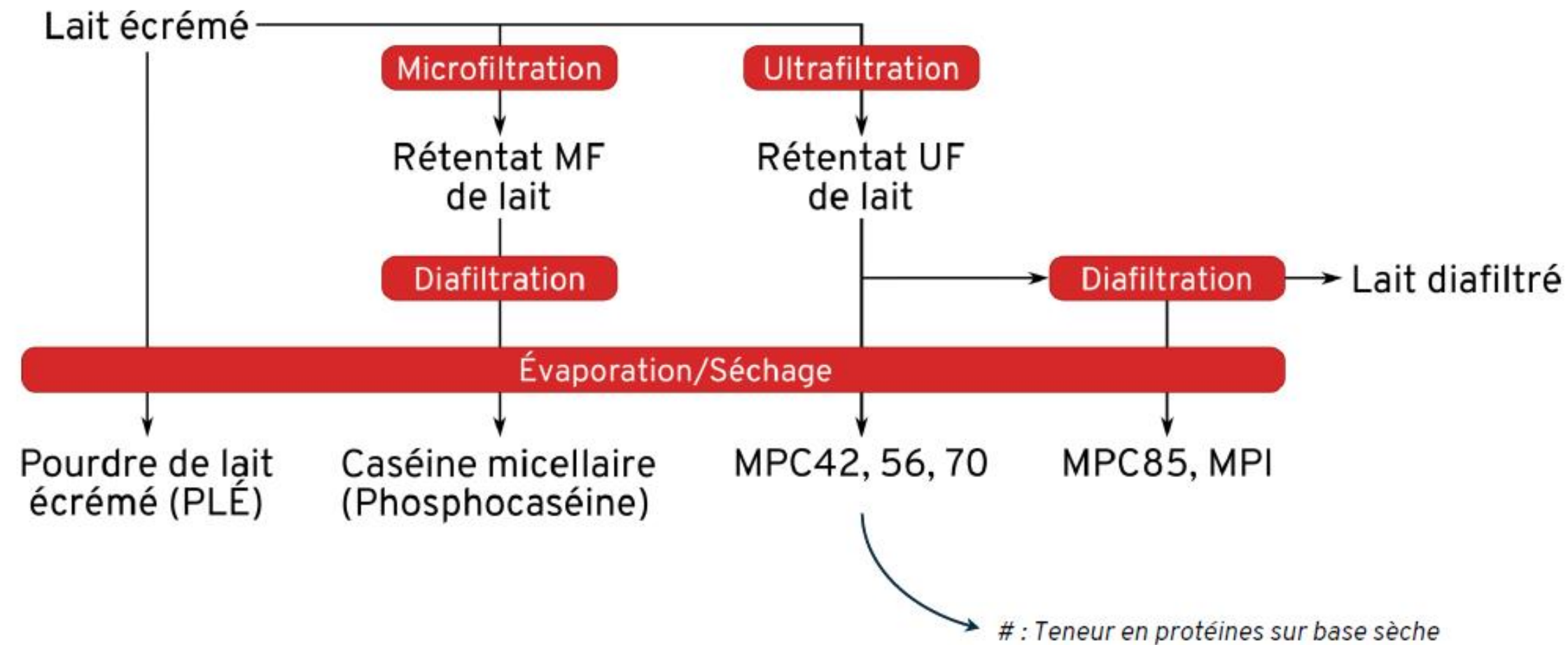




# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

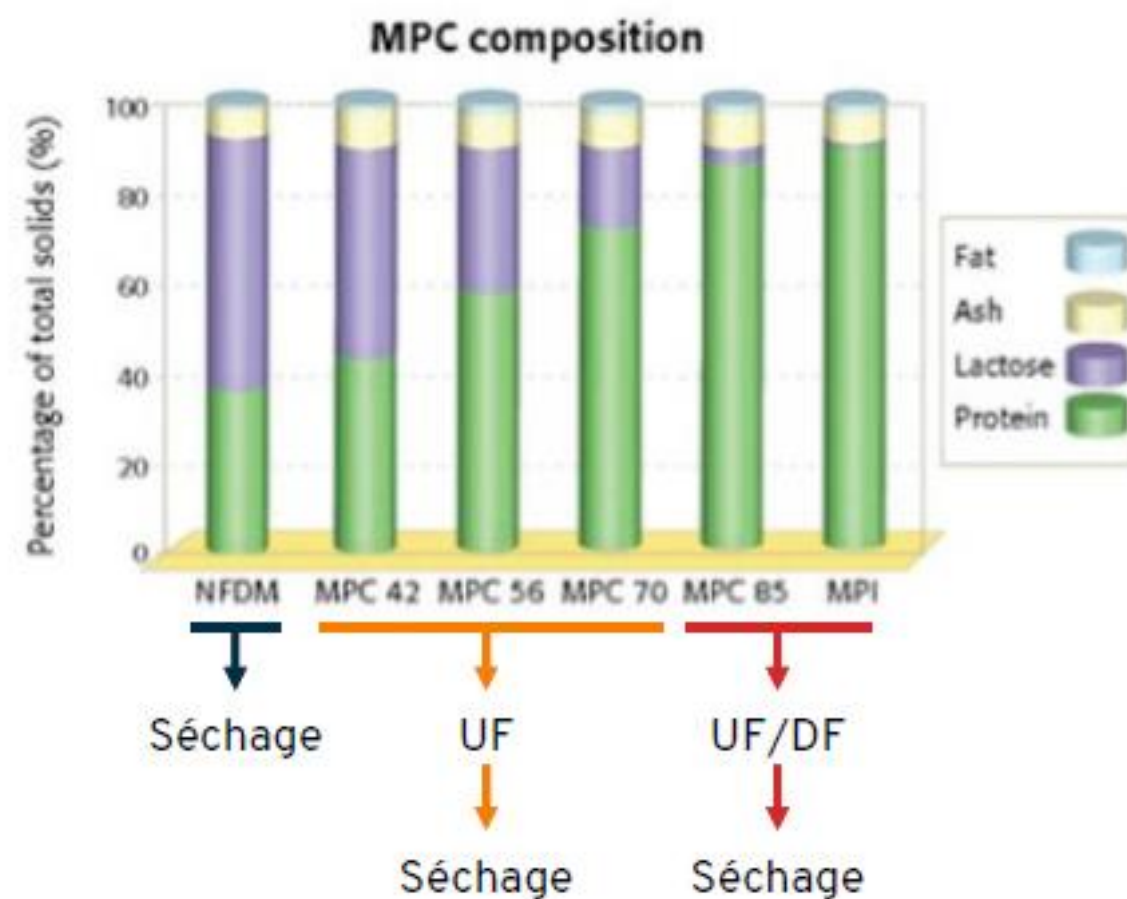
## Ingrédients structurants – Riches en caséines



# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Différences entre les ingrédients structurants



MPC	Protein	Lactose	Fat	Ash	Moisture	Ash:Protein
	(%o, w/w)					
MPC85	84.7 ± 0.9	1.37	2.07	6.88 <sup>a</sup> ± 0.1	6.68 <sup>a</sup> ± 0.3	0.08
MPC75	74.1 ± 0.8	12.6	1.59	6.99 <sup>b</sup> ± 0.0	5.19 <sup>b</sup> ± 0.1	0.09
MPC65	63.6 ± 0.7	22.8	1.34	7.17 <sup>c</sup> ± 0.0	5.49 <sup>b</sup> ± 0.1	0.11
MPC55	53.7 ± 1.3	33.4	1.17	7.43 <sup>d</sup> ± 0.0	5.09 <sup>b</sup> ± 0.0	0.14
MPC40	38.9 ± 0.6	48.2	0.87	7.82 <sup>e</sup> ± 0.0	4.59 <sup>c</sup> ± 0.0	0.20

<sup>a-e</sup> Values within a column not sharing common superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ ).

Références : [Patel \(2014\)](#) et [McSweeney et al. \(2020\)](#)





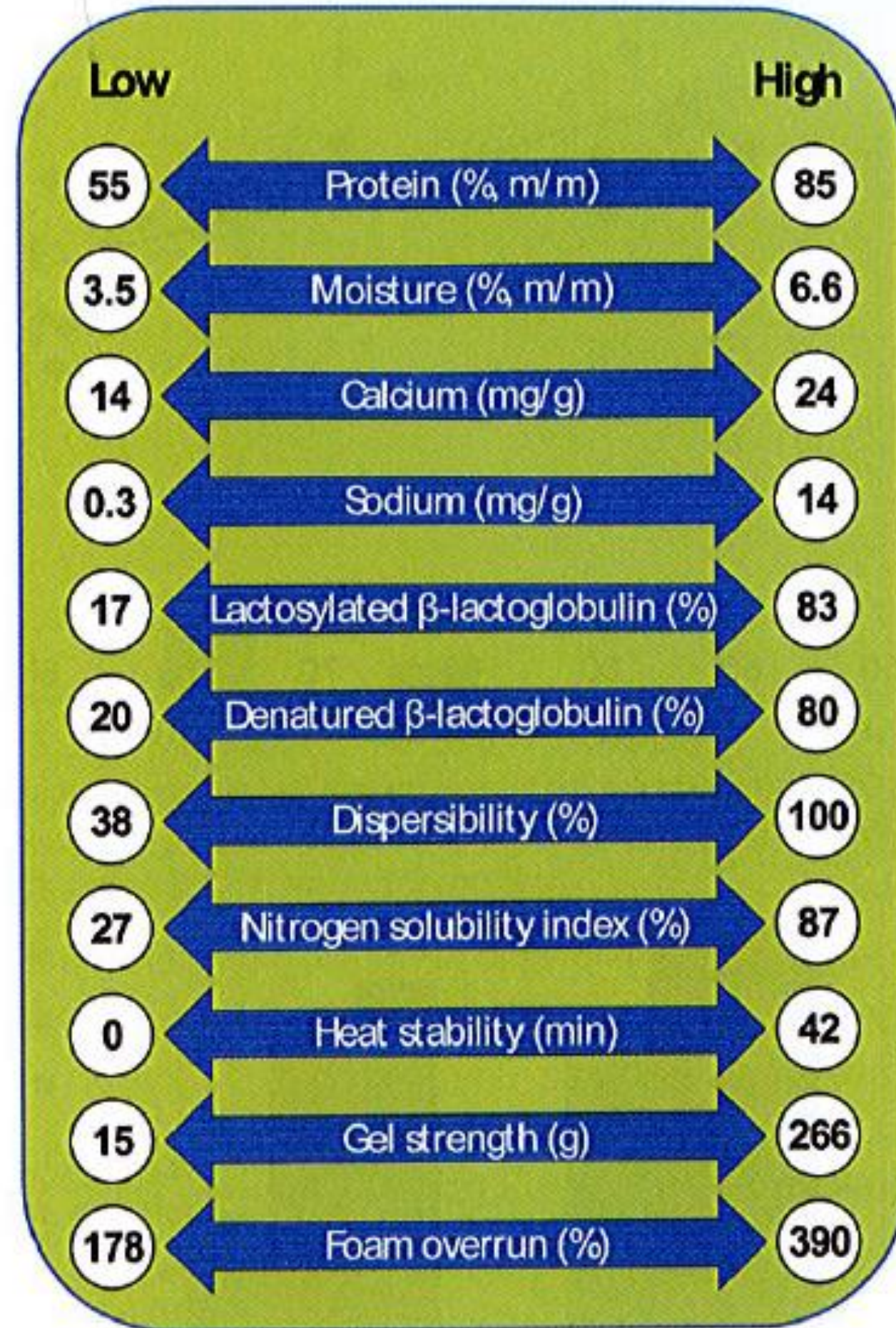
■ **Thom Huppertz**  
Principal Scientist, Dairy and Ingredient Technology, NIZO food research

■ **Inge Gazi**  
Project Manager, NIZO food research

# Milk protein concentrate functionality through optimised product-process interactions

*(Huppertz & Gazi, New Food, Vol 18, Issue 1, 2015)*





“ Considerable research effort in both industry and academia has been dedicated to understanding factors causing reduced solubility of MPCs and possible solutions to the problem ”

(Huppertz & Gazi, 2015)



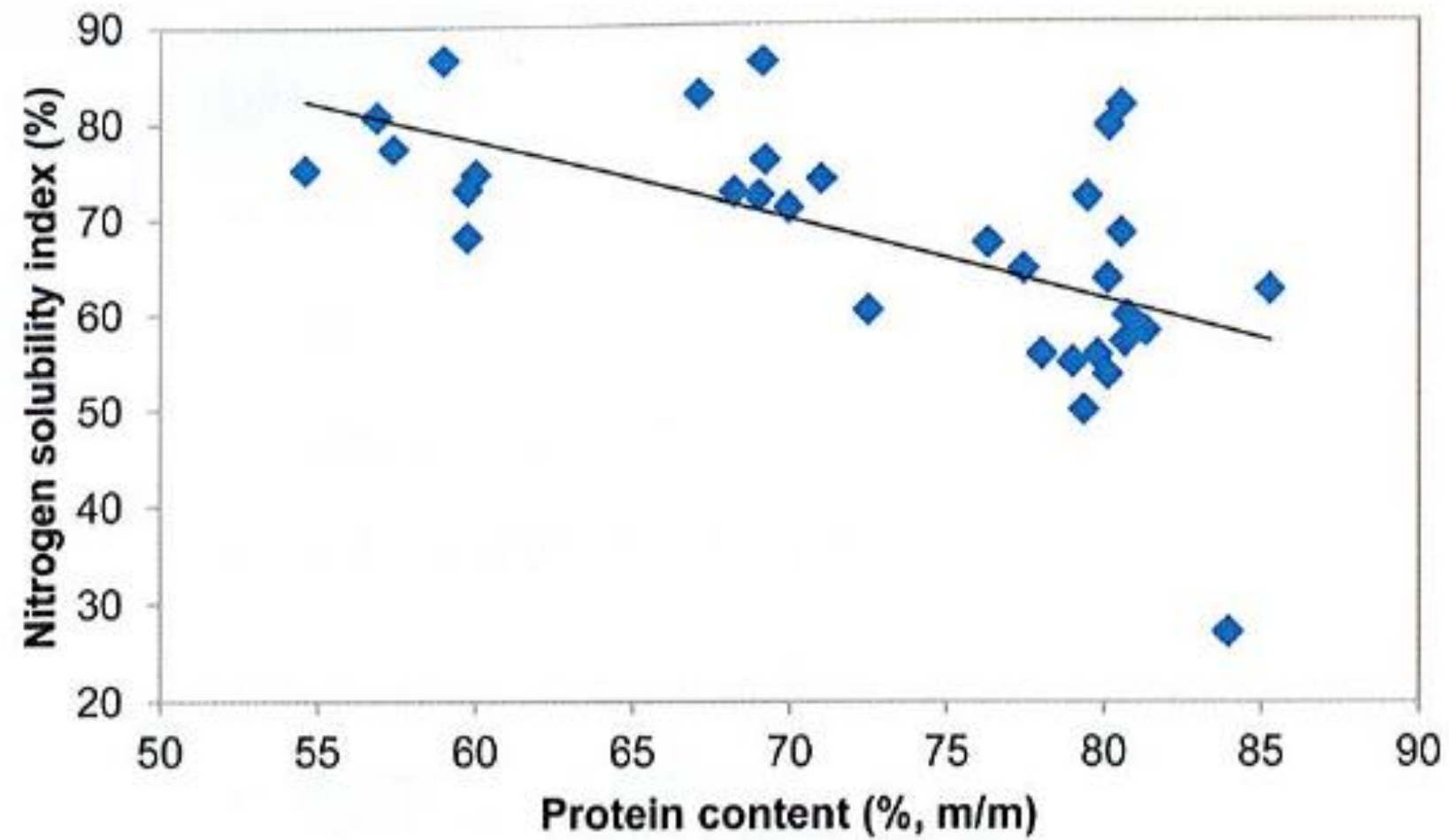


Figure 4: Correlation between the protein content and nitrogen solubility index of 32 commercial milk protein concentrates

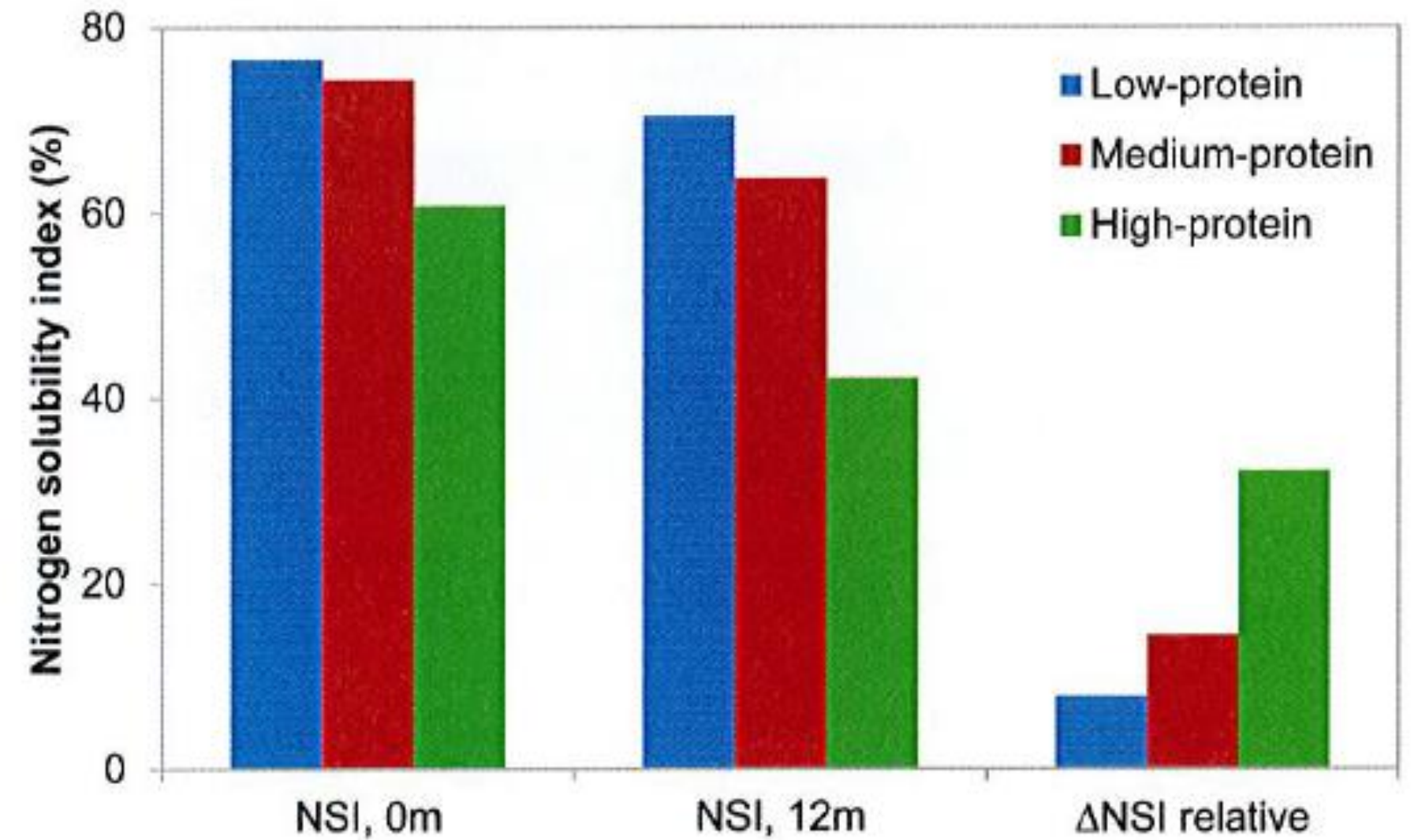


Figure 5: Nitrogen solubility index after 0 and 12 months of storage for 32 commercial milk protein concentrates grouped into classes of low-protein (<65% protein in dry matter), medium protein (65-75% protein in dry matter) and high protein (>75% protein in dry matter)

# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Principales spécifications

- ❖ #1 Solubilité  
*PLÉ = MPC42 > MPC56 > MPC 70 > MPC85*  
*Diminue avec le temps d'entreposage*  
*Affectée par mouillabilité + dispersabilité des poudres*
- ❖ Taux de dénaturation (Whey protein nitrogen index [WPNI])  
*WPDI = mg N des PS natives/g de poudre*  
*Low-heat : Tous types de fromages*  
*Medium-heat : Frais et féta*  
*High-heat insensible aux enzymes coagulantes*
- ❖ Durée opératoire  
*Affecte la qualité MCB des ingrédients*

PLÉ	WPNI
Low-heat	>6
Medium-heat	4,5-5,9
Medium high-heat	1,5-4,4
High-heat	<1,4

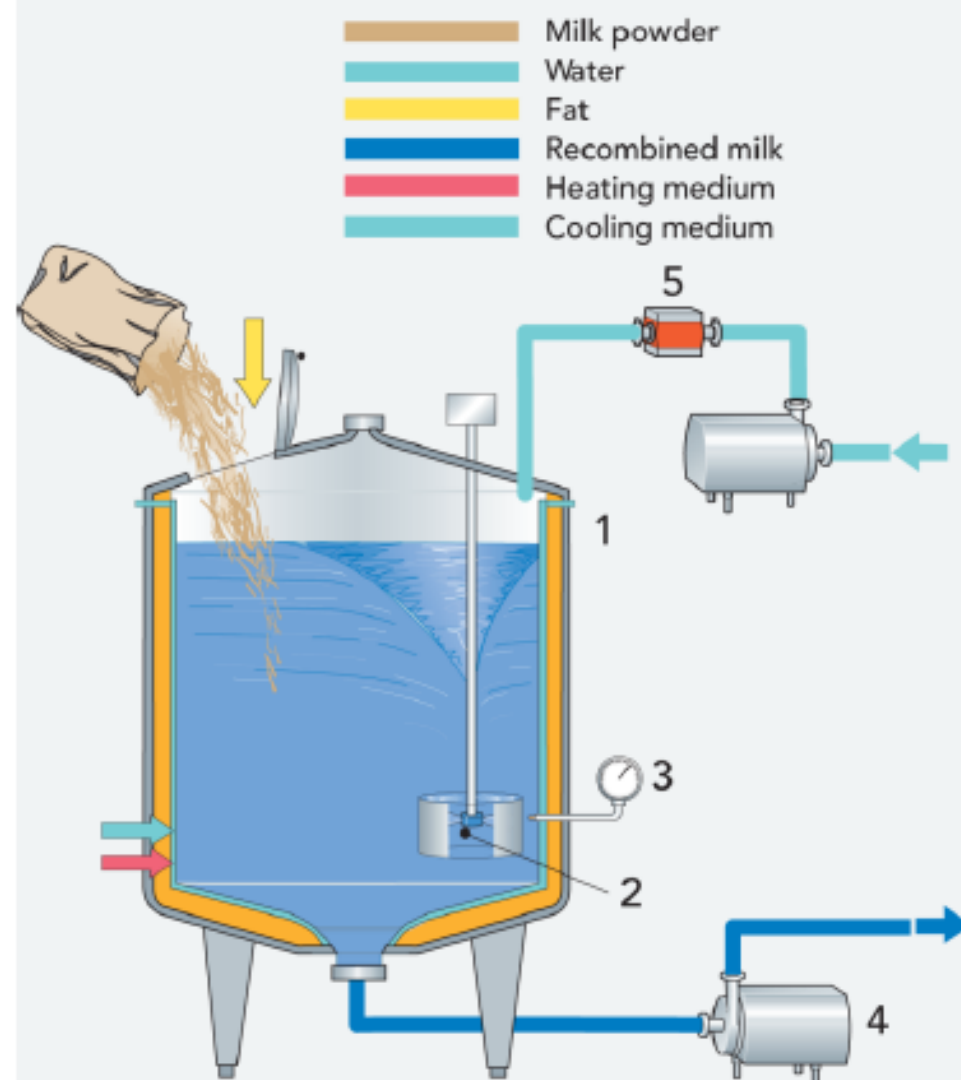


# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Incorporation des ingrédients structurants

### Utilisation d'ingrédients en poudre



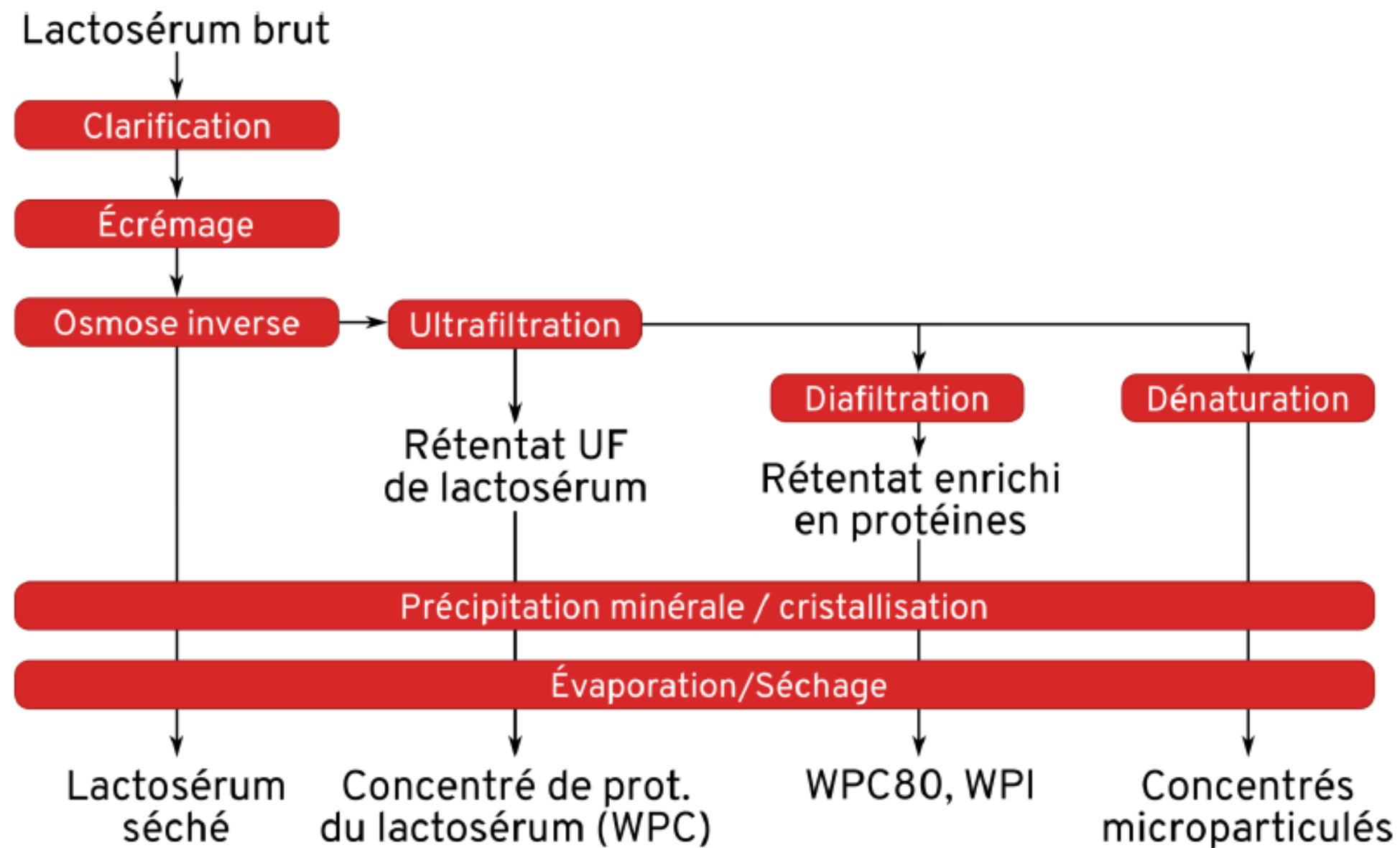
### Conseils pour la réhydratation

- ❖ Amélioration de la solubilité de 10°C → 50°C  
+ désaération partielle à 50°C
- ❖ Très peu de gains de 50°C → 100°C
- ❖ Bassin de réhydratation : prévoir espace pour la mousse
- ❖ À 50°C, réhydratation des protéines prend **au moins** 20-40 minutes.
- ❖ **MAIS** max 2h à 40-50°C pour maintenir la qualité MCB
- ❖ Hydratation à 10-20°C, risque d'hydratation incomplète (*même si t > 12h*)
- ❖ Problème de réhydratation = risque de formation d'amas dans le fromage (*nuggets*)

# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Ingrédients du lactosérum

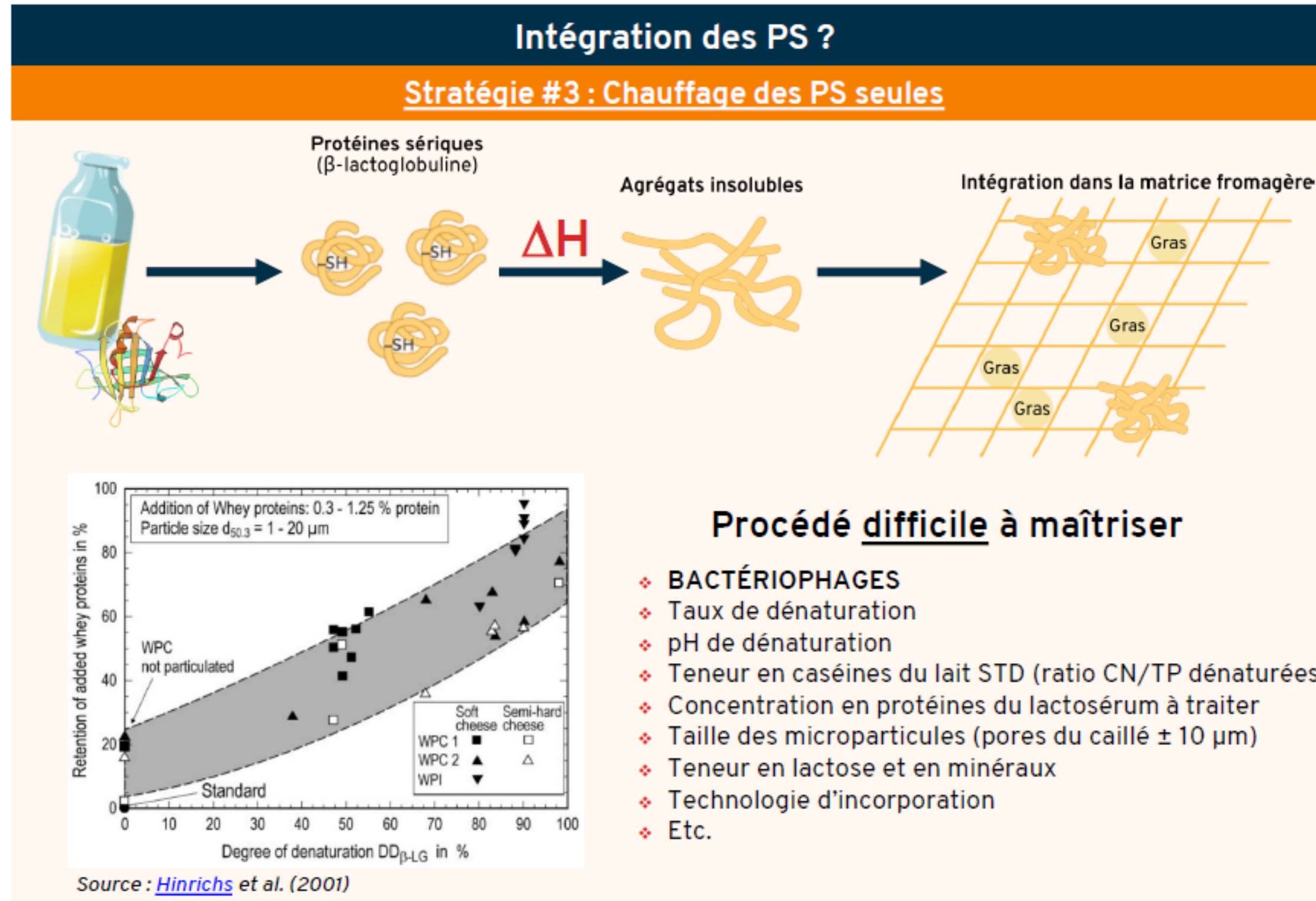




# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

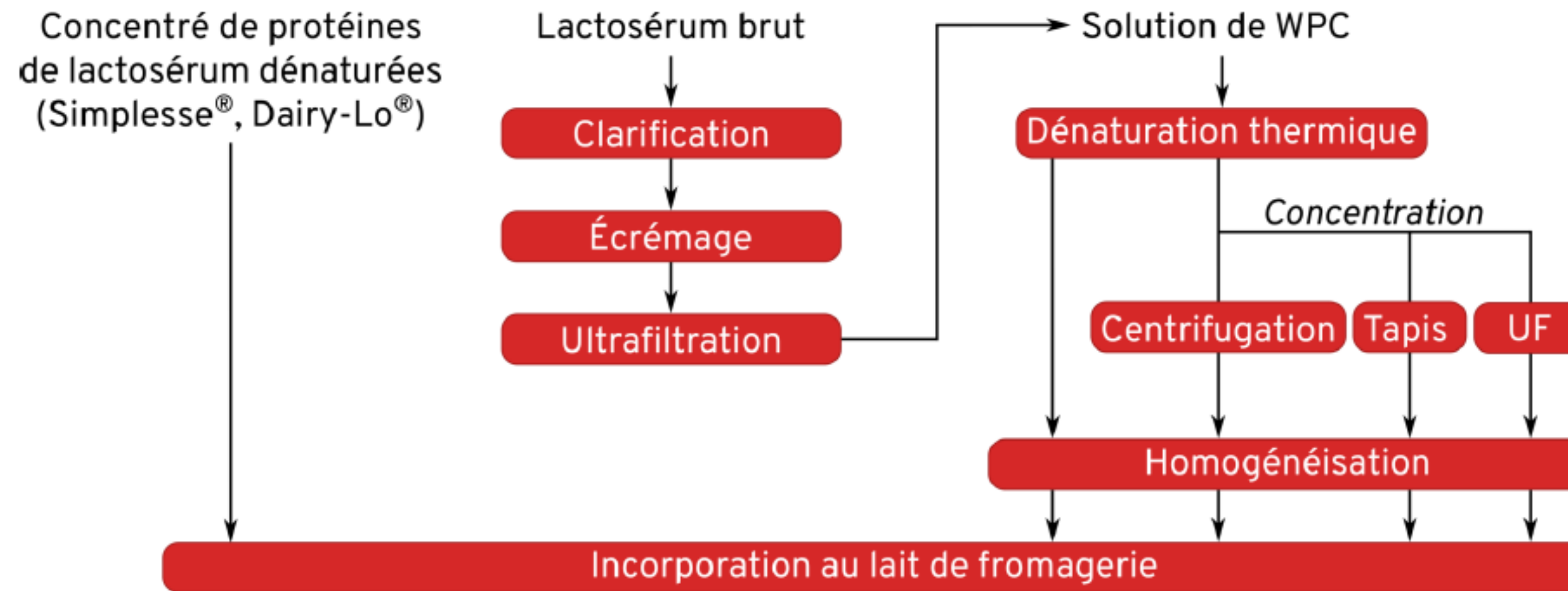
## Théorie sur les protéines sériques



# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Technologies d'incorporation

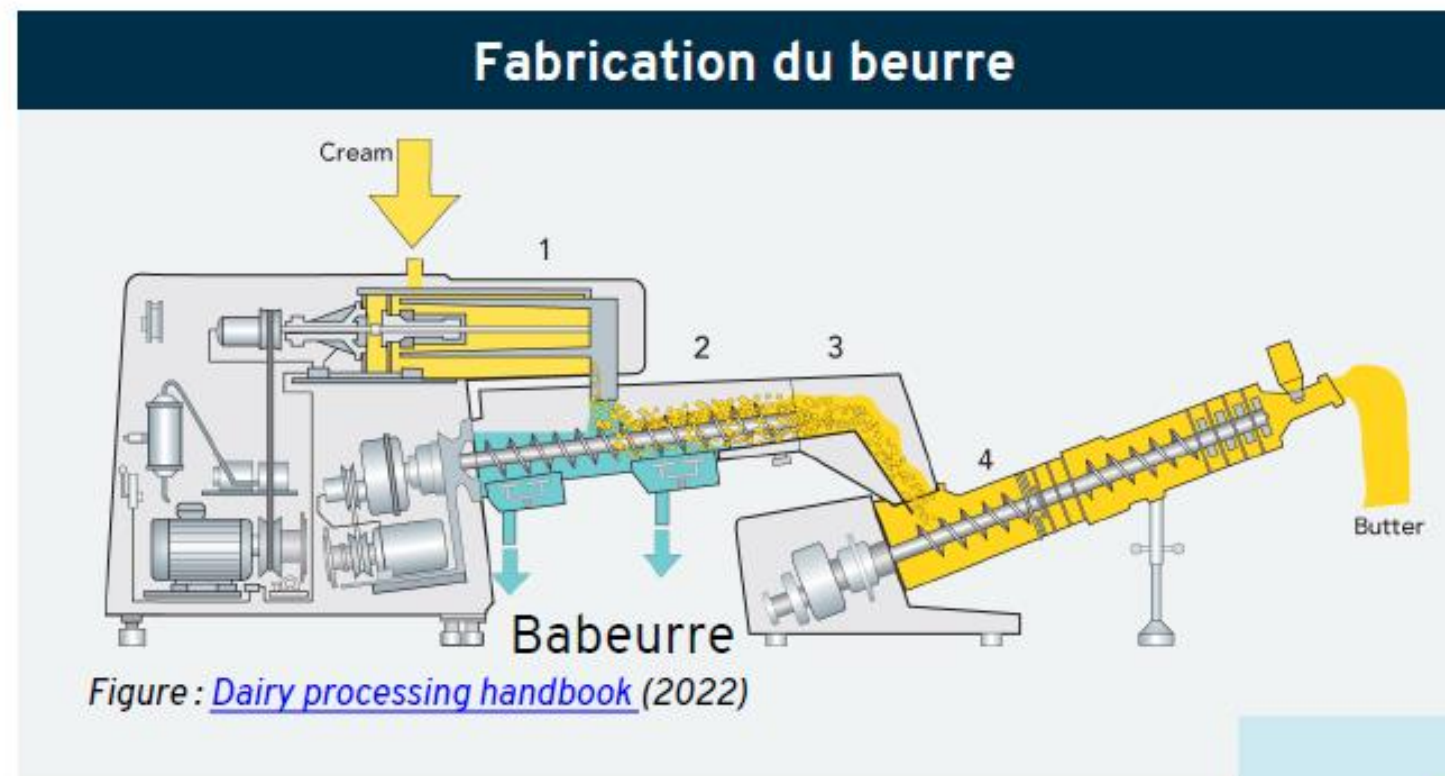




# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Babeurre, le coproduit de la fabrication beurrière

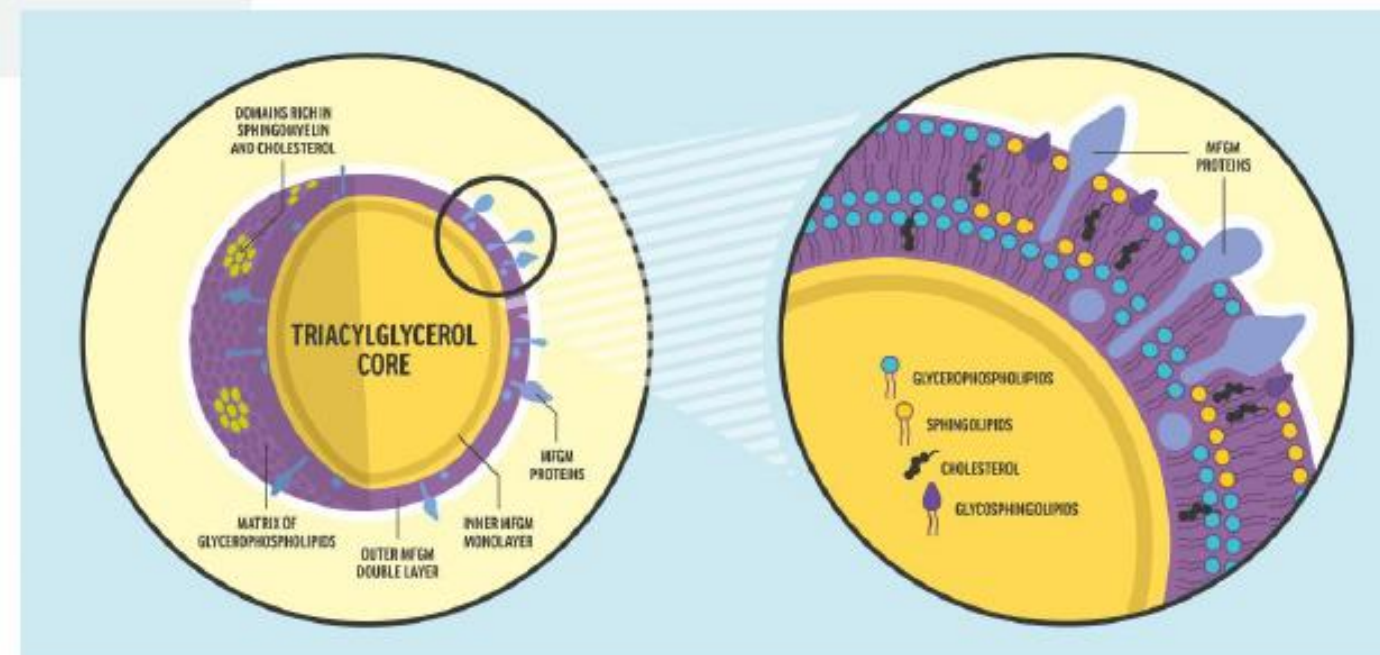


**Composition du babeurre**

	Lait écrémé	Babeurre
Lactose	± 5%	± 5%
Protéines	± 3%	± 3%
MG	< 0,1%	0,3-0,5%
Phospholipides	0,01%	0,10%
Solides	± 9%	± 9%

### Question

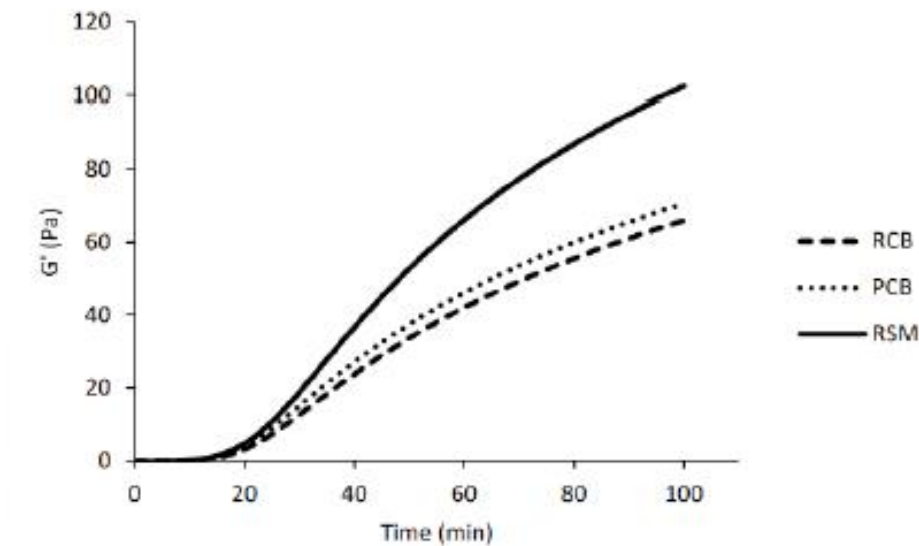
Pourquoi le babeurre est-il considéré comme un intrant destructurant ?



# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Problématiques de coagulation du babeurre



### Conclusions

- ❖ Problématiques de coagulation du babeurre : **multifactoriel**
  - ❖ Phospholipides
  - ❖ PS dénaturées
  - ❖ Rôle de fines particules (p. ex. fins globules de MG) ?  
À déterminer !



# Les options offertes par les ingrédients

Et le caséinate comme source d'enrichissement en protéines?

Percentage composition of commercial casein and caseinate products.

Component	Rennet Casein	Acid Casein	Sodium Caseinate	Calcium Caseinate
Protein	89	95	94	93.5
Ash (max)	7.5	2.2	4.0	4.5
Sodium	0.02	0.1	1.3	0.05
Calcium	3.0	0.08	0.1	1.5
Phosphorous	1.5	0.9	0.8	0.8
Lactose (max)	-	0.2	0.2	0.2
Fat (max)	1.5	1.5	1.5	1.5
Moisture (max)	12	10	4.0	4.0
pH	7	-	6.6	6.8

# Les options offertes par les ingrédients

**NON** ... le caséinate a pour effet de déminéraliser la micelle de caséine...

**Impact du caséinate de sodium sur les propriétés fromagères des concentrés d'osmose inverse**

Thèse

**Marie-Pier B.Vigneux**

Sous la direction de :

Yves Pouliot, directeur de recherche  
Michel Britten, codirecteur de recherche



# Les options offertes par les ingrédients

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## En conclusion...

La standardisation est une opération très complexe

- ❖ Complexité croissante selon le nombre d'intrants et le nombre de composés à standardiser (*MG, CN, PS dénaturées, lactose, minéraux, composés mineurs ?*)
- ❖ Règlementation en vigueur
- ❖ Fluctuation du marché des ingrédients
- ❖ Quotas d'importation et accessibilité des ingrédients

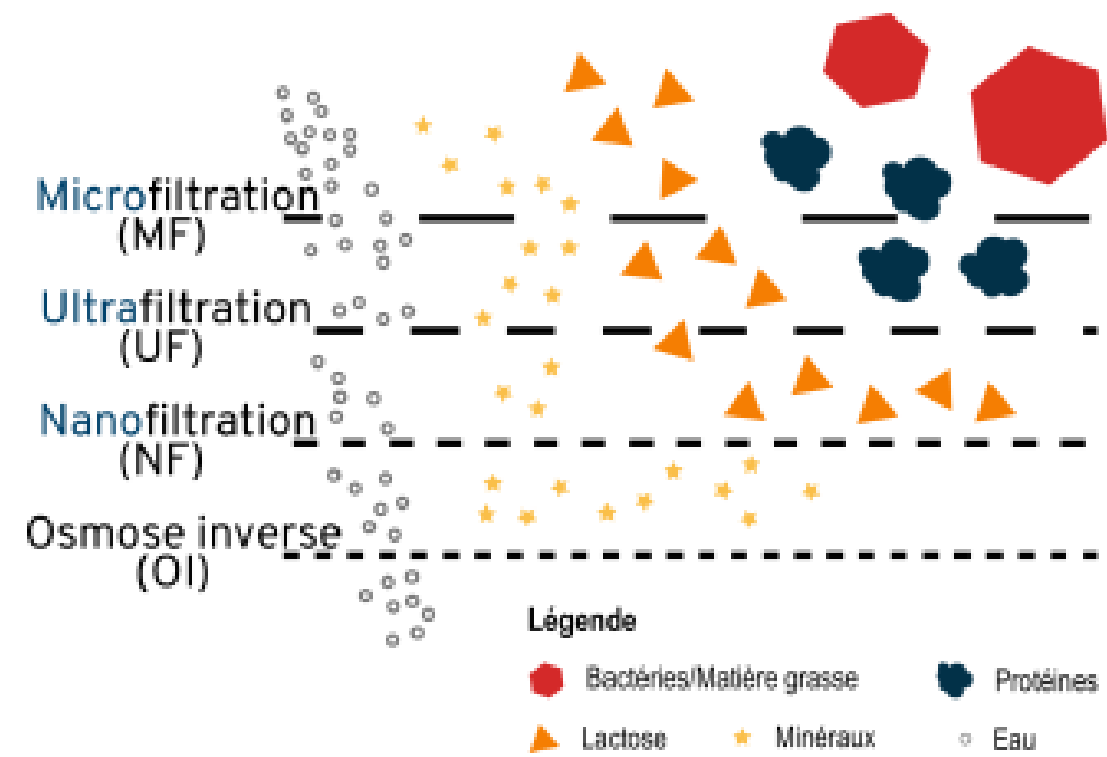


# Les procédés à membranes et leurs applications

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

## Les procédés de filtration

RAPPEL

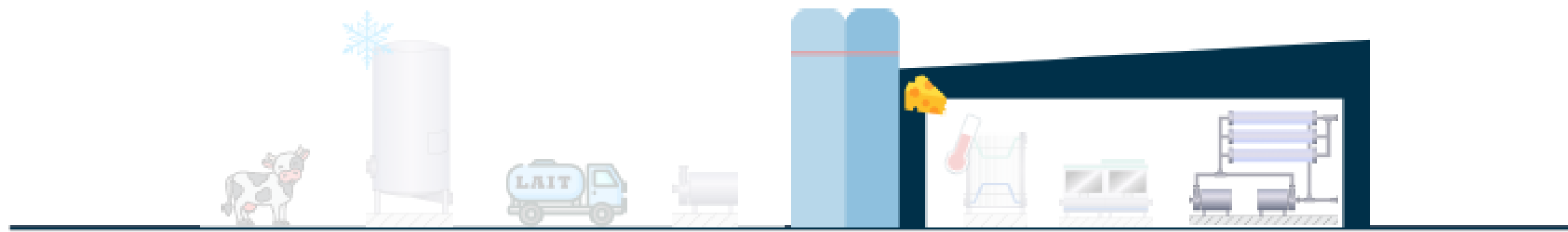


MF : Débactérisation (perméat), purification CN vs PS

UF : Concentration protéines laitières (CN ou PS)

NF : Purification du lactose (déminéralisation)

OI : Préconcentration des fluides laitiers avant évapo/séchage, production d'eau



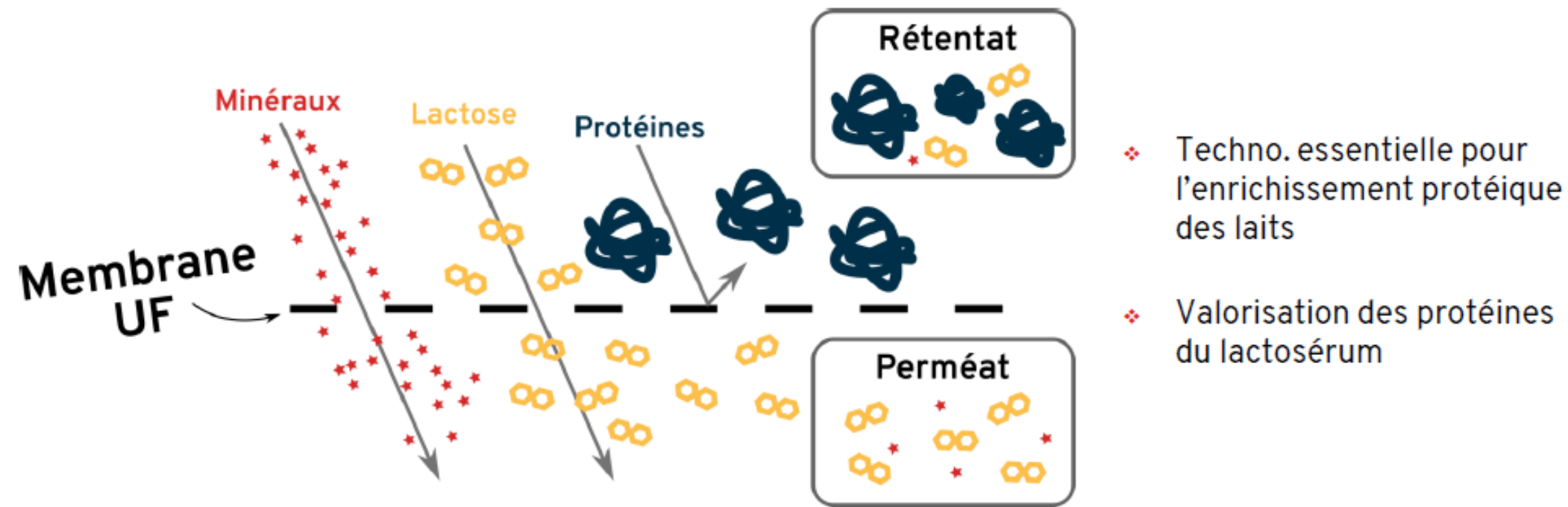
CN : Caséines, PS : Protéines sériques



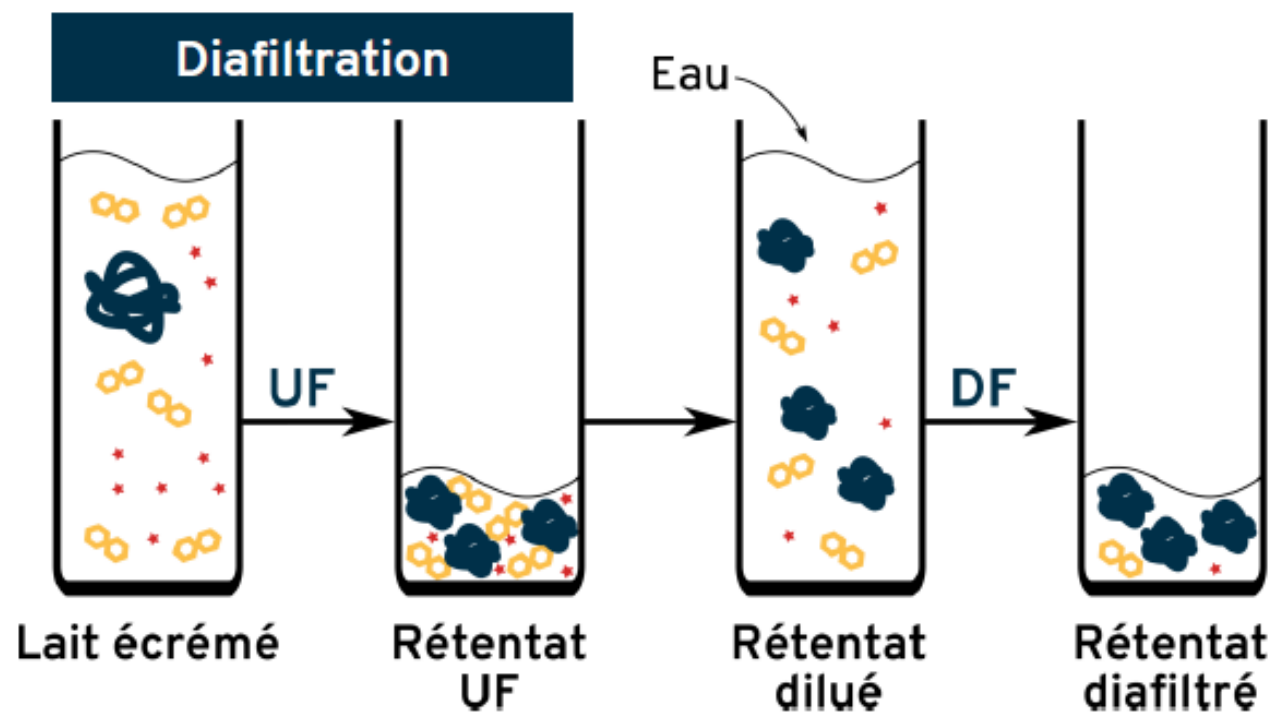
# Les procédés à membranes et leurs applications

Source: STA-7016 – Technologie fromagère avancée  
(J. Chamberland)

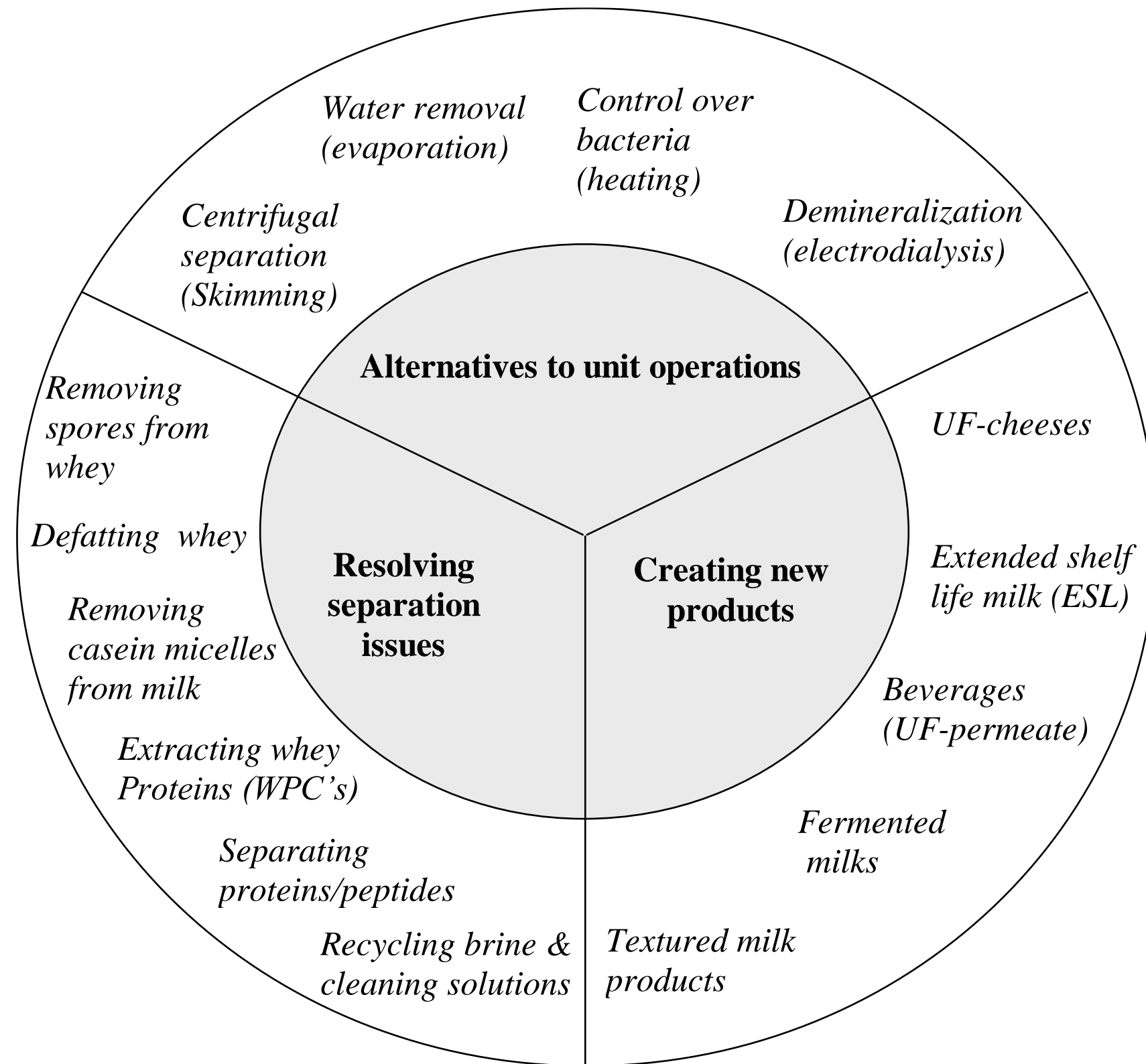
## Les procédés de filtration



- ❖ Techno. essentielle pour l'enrichissement protéique des laits
- ❖ Valorisation des protéines du lactosérum



# Les procédés à membranes et leurs applications



(Pouliot, 2008)



# Les procédés à membranes et leurs applications



ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**ScienceDirect**

Current Opinion in  
**Food  
Science**

## **Innovations from pressure-driven membrane processes in cheese technology: from milk protein concentrates to sustainability and precision cheesemaking**

Julien Chamberland, Guillaume Brisson, Alain Doyen and Yves Pouliot



Current Opinion in Food Science 2022, 48:100948

# Les procédés à membranes et leurs applications

**Table 1**

**Compositional characteristics and limitations of the main categories of concentrated systems to achieve standardization of cheesemilk.**

Technology	Microfiltration	Ultrafiltration			Reverse osmosis
	MF	LCF-UF <sup>a</sup>	MCF-UF	HCF-UF	RO
CF	> 2	1.2–1.7	2–5	> 5	1.5–3
Protein (%)	4.3–9.0 <sup>b</sup>	4.3–5.0	5.0–9.0	10–14	6–10
Casein/ protein (%)	> 78–80 <sup>b</sup>	78–80	78–80	78–80	78–80
Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Casein standardization/enrichment.</li> <li>– Manufacture of all cheeses<sup>c</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Total milk protein standardization/enrichment.</li> <li>– Manufacture of all cheeses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Total milk protein standardization/enrichment.</li> <li>– Feta cheese (UF-cast feta).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Liquid pre-cheese (fresh to semisoft cheeses).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Total solids enrichment (may be suitable for fresh cheese, where post acidification is not an issue, or for unacidified cheeses [e.g. haloumi]).</li> </ul>
Limitations	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Generation of a ‘clean’<sup>d</sup> MF milk permeate containing valuable but diluted native serum protein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Generation of UF milk permeate of poor economic value.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Generation of UF milk permeate, hard to valorize (poor economic value vs high processing costs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Extensive filtration steps (high TS)</li> <li>– High buffering capacity.</li> <li>– Diafiltration may be required to limit curd acidification.</li> <li>– Slow proteolysis due to high whey protein content.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– High lactose content.</li> <li>– High milk salt content leading to high buffering capacity and alteration of milk coagulation.</li> <li>– Risk of sandy texture and taste defects due to post acidification.</li> </ul>

HCF-UF: high concentration factor UF, LCF-UF: low concentration factor UF, MCF-UF: medium concentration factor UF.

<sup>a</sup> Data for UF concentrates taken from Soodam & Guinee [7].

<sup>b</sup> Depends on the extent of concentration and diafiltration.

<sup>c</sup> MF-Micellar casein concentrates have been tested for cheddar cheese [24,55], but could be used for all types of cheese made from milk.

<sup>d</sup> MF milk permeate is considered as a clean serum protein stream because it does not contain cheese manufacture debris (colorants, starter, caseinomacropptide, etc.).

# Les procédés à membranes et leurs applications

Table 2

Examples of pressure-driven membrane processes that improve eco-efficiency in cheesemaking plants.

Membrane processes	Applications	Better utilization of milk	Water production	Energy saving	Reducing wastes	References <sup>a</sup>
MF	Cold MF for micellar casein production			√	√	[56]
UF	Cold UF for milk protein concentration			√	√	[57]
UF or MF	MF instead or UF for cheesemilk protein standardization (without considering by-products)	√		√		[25]
UF or RO	UF or RO of cheesemilk	√	√			[37]
UF + RO	Whey and whey permeate valorization	√	√			[38]
RO	Water recovery in cheddar cheese plant		√	√	√	[37]
RO	Water and milk solids recovery from rinse (white) water	√	√		√	[42,43]
RO	Recovery of vapor condensates			√		[37,41]
RO	Milk preconcentration at the farm			√		[58]

<sup>a</sup> The reference list provides examples but is not exhaustive.



# Les procédés à membranes... beaucoup de questions...

**Achat & entretien ???**



**Optimisation  
des performances???**

**Besoins en eau ???**

**Gestion des coproduits  
& rejets ???**

**Sanitation & biofilms???**

# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

- Pour de très petits volumes ... **DES PRÉ-REQUIS...**



Refroidissement (< 10°C)



Pasteurisation





# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

### Cas #1

Installer un système d'ultrafiltration pour préconcentrer le lait de fromagerie?

	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Permet d'enrichir le lait de fromagerie sans recours à des ingrédients</li><li>- Potentiel d'augmentation de rendements</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Investissements importants (UF)</li><li>- Augmentation de coûts d'opération</li><li>- Problème environnemental non-résolu (perméat...)</li><li>- Système difficile à rentabiliser (<i>payback</i>)</li></ul>





# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

### Cas #2

Installer un système d'ultrafiltration pour récupérer les protéines du lactosérum?

	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Potentiel de reincorporation dans la matrice fromagère**</li><li>- « Plus de fromage » avec le même lait</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Investissements importants (UF)</li><li>- Augmentation de coûts d'opération</li><li>- Problème environnemental non-résolu (perméat...)</li><li>- Système difficile à rentabiliser (<i>payback</i>)</li></ul>


\*\* Assumant que l'on peut maintenir la qualité des fromages et contrôler la problématique potentielle des phages

# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

### Cas #3

Installer un système d'osmose inverse pour diminuer les coûts de transport du lactosérum et récupérer une partie de l'eau?

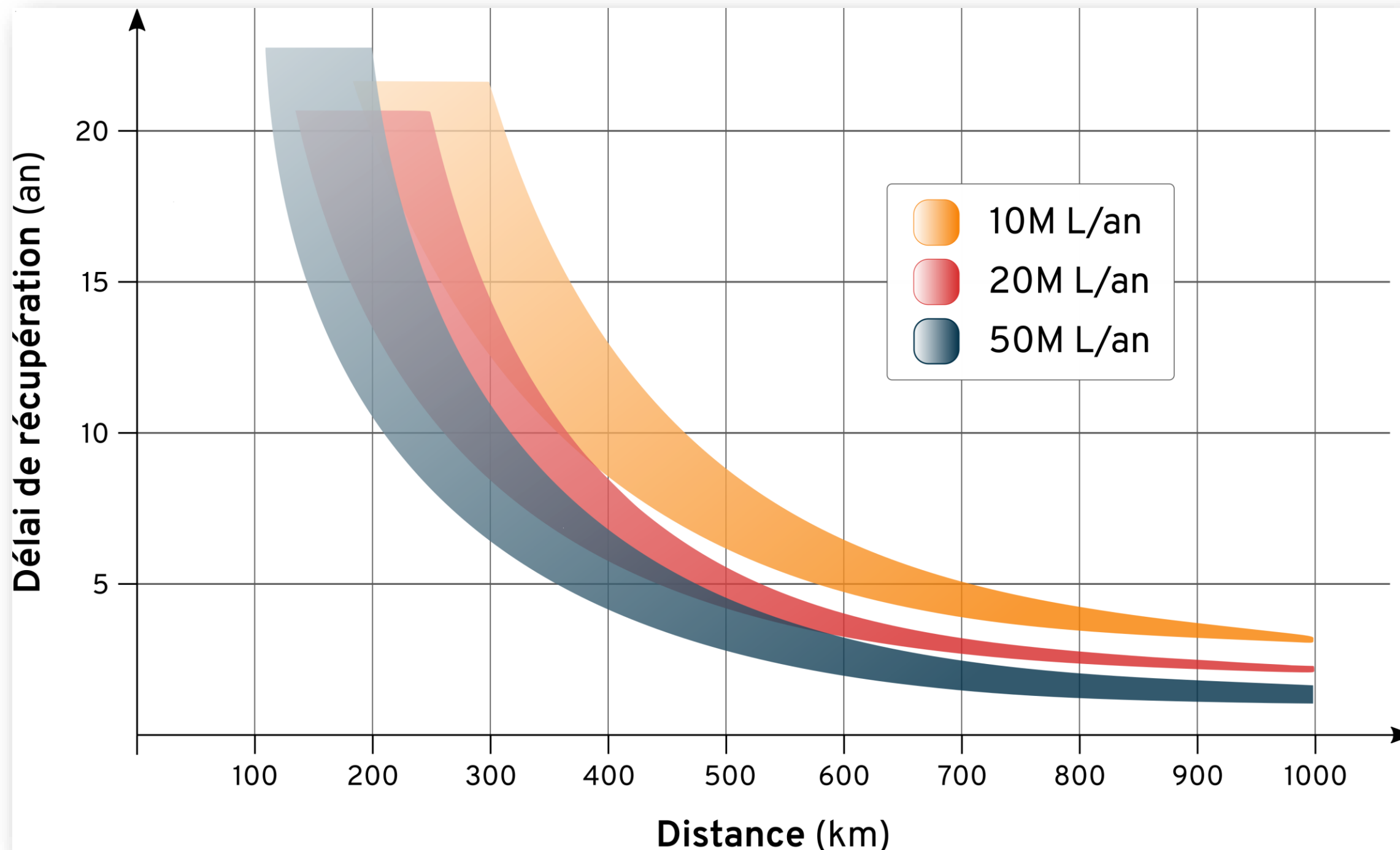
	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Économies d'eau</li><li>- Bilan environnemental amélioré</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Investissements importants (OI)</li><li>- Augmentation de coûts d'opération</li><li>- Rentabilité dépendante des volumes, distances et de la valeur \$ des concentrés</li><li>- Système difficile à rentabiliser (<i>payback</i>)</li></ul>

# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

Cas #3 Installer un système d'osmose inverse pour diminuer les coûts de transport du lactosérum et récupérer une partie de l'eau?

Délai de récupération en fonction de la distance de transport





# Procédés à membranes en fromagerie...

## Le POUR et le CONTRE

Augmentation de  
revenus

Amélioration des  
capacités de l'usine

Développement de  
nouveaux produits

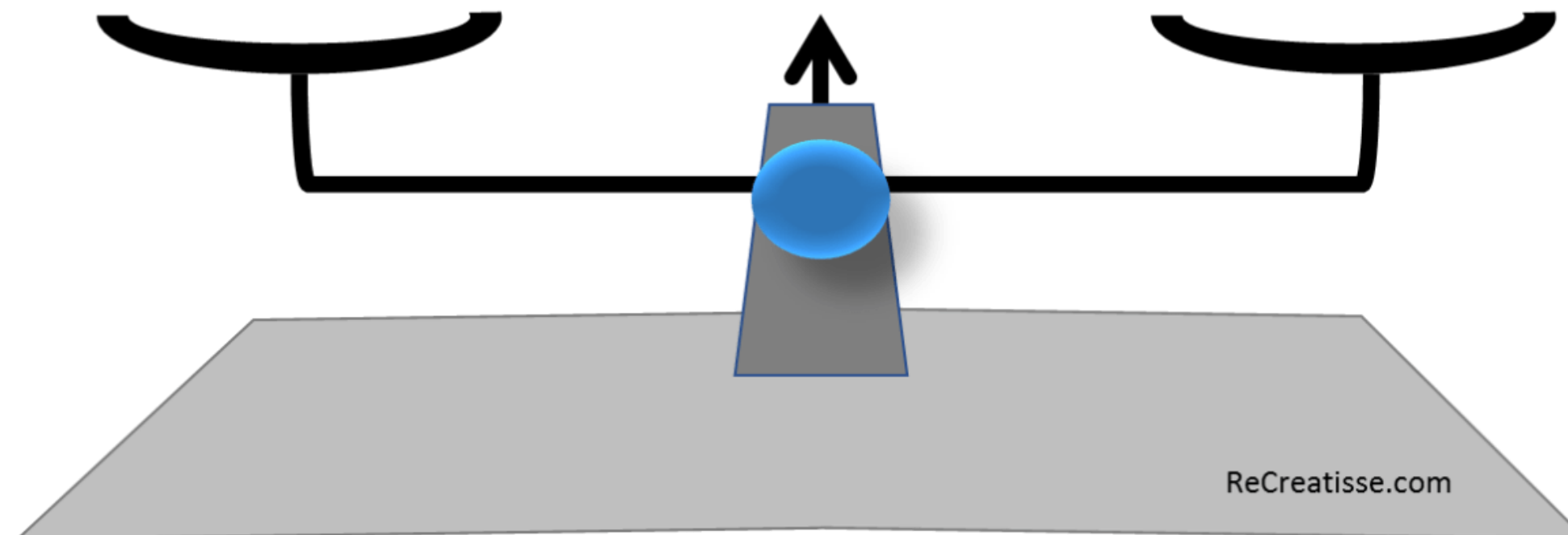
Investissement (CAPEX)

Coûts d'opération (OPEX)

Problématiques d'entretien  
(nettoyage et sanitation)

Expertise filtration  
nécessaire

\$\$\$



# En conclusion...

Plusieurs options sont possibles afin de standardiser/enrichir le lait de fromagerie en protéines à l'aide d'**ingrédients ou intrants externes**, cependant, chacune de ces options aura un impact sur la performance du procédé fromager et la qualité des produits finis ...

Les **procédés à membranes** peuvent s'avérer utiles pour standardiser/enrichir le lait de fromagerie en protéines , cependant, l'implantation de cette technologie vient avec son lot de considérations économiques, technologiques et environnementales... l'identification des besoins réels est critique.

**MERCI!**

**Des questions?**