Composition des laits

ENILBIO Poligny

201/2007

COMPOSITION MOYENNE DU LAIT DE VACHE (g/kg) [Chèvre]

Extrait Sec Total (EST) : 125 - 130

Extrait Sec Dégraissé (ESD) : 80 - 90

Eau 870 - 875	Matières grasses MG : 34 -44	Lactose : 48 -50 [45-50)	Matières azotées Totales : MAT 29 - 35	Matières minérales 8 – 9 [7-9]

Caséines : 21 – 27

Protéines sériques : 5 - 6

} **MA Protéiques (MAP): 26 - 33**

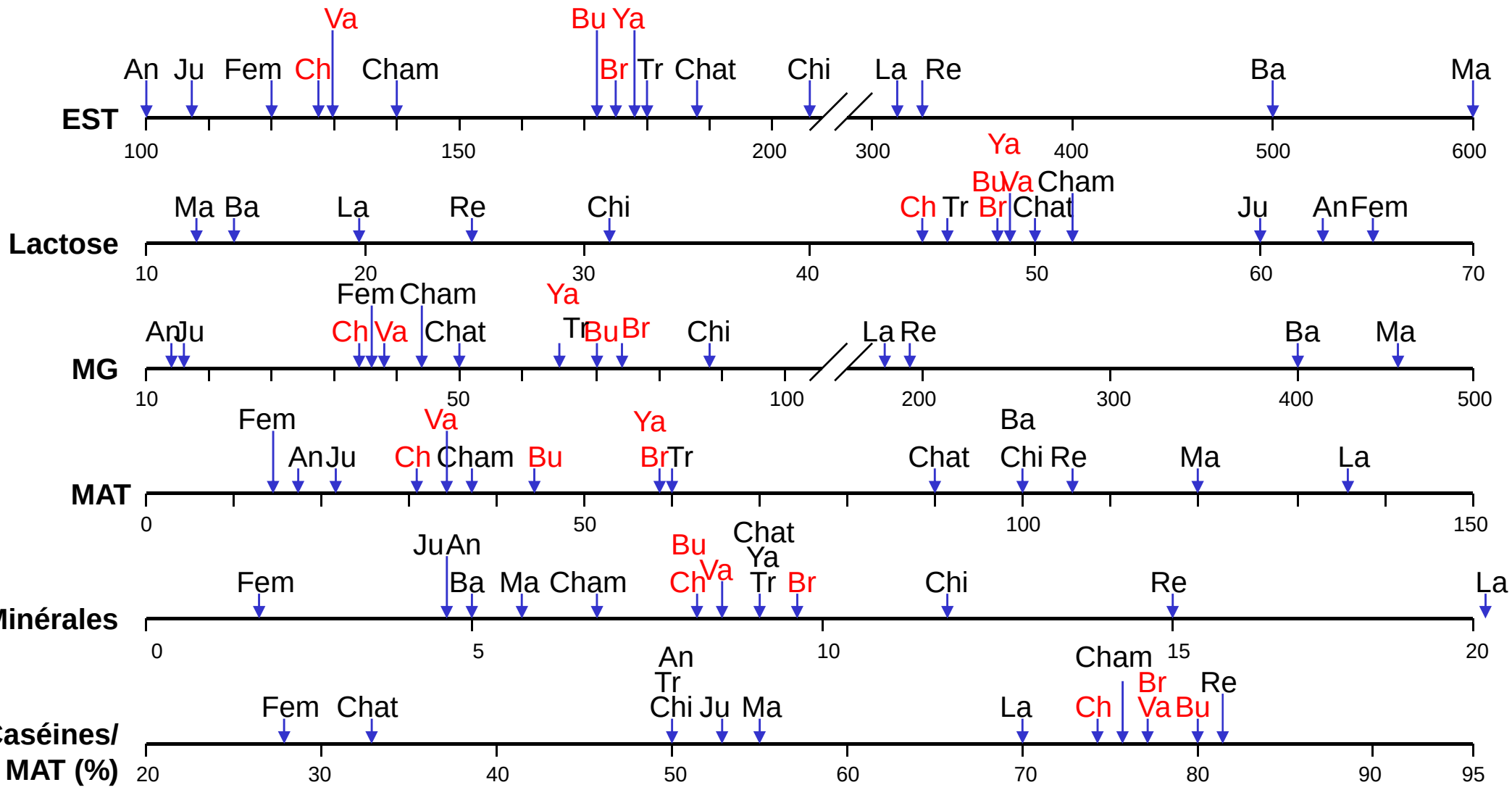
Matières Azotées non Protéiques (MAnP) : 1.5 - 2

« Structurants » **« destructurants »**

Ca = 1,2 – 1,4 g/l [1.05 – 1.1]	K = 1,4 – 1,6 g/l [2.0]
P = 0,9 – 1,0 g/l [0.8 – 0.9]	Na = 0,4 – 0,5 g/l [0.4 -]
Mg = 0,12 g/l 0.13]	Cl = 1,1 – 1,2 g/l [1.8]

ac.citrique (citrates) = 1,6 - 1,8g/l

COMPOSITION DE DIFFERENTS LAITS



Fem : Lait humain
La : Lapine
Ba : Baleine
Va : Vache
Bu : Bufflesse
Ya : Yack

Chat : Chatte
Tr : Truie
An : Anesse
Ch : Chèvre
Cham : Chamelle

Chi : Chienne
Ma : Marsouin
Ju : Jument
Br : Brebis
Re : Renne

ENILBIO Poligny

262/2008

COMPOSITION DU LAIT CHEZ DIVERS MAMMIFERES

	Composition moyenne du lait en gramme par litre							
	Eau	Extrait sec	Matière grasse	Matières azotées			Lactose	Matières minérales
				Totales	caséine	albumine		
Lait humain								
	905	117	35	12-14	10-12	4-6	65-70	3
Équidés								
Jument	925	100	10-15	20-22	10-12	7-10	60-65	3-5
Anesse	925	100	10-15	20-22	10-12	9-10	60-65	4-5
Ruminants								
Vache	900	130	35-40	30-35	27-30	3-4	45-50	8-10
Chèvre	900	140	40-45	35-40	30-35	6-8	40-45	8-10
Brebis	860	190	70-75	55-60	45-50	8-10	45-50	10-12
Bufflonne	850	180	70-75	45-50	35-40	8-10	45-50	8-10
Renne	675	330	160-200	100-105	80-85	18-20	25-50	15-20
Suidés								
Truie	850	185	65-65	55-60	25-30	25-30	50-55	12-15
Carnivores et rongeurs								
Chienne	800	250	90-100	100-110	45-50	50-55	30-50	12-14
Chatte	850	200	40-50	90-100	30-35	60-70	40-50	10-13
Lapine	720	300	120-130	130-140	90-100	30-40	15-20	15-20
Cétacés								
Marsouin	430	600	450-460	120-130	-	-	10-15	6-8

LAITS ALBUMINEUX ET TECHNOLOGIE FROMAGERE

Modification de composition (/à un lait « normal »)

Matières Azotées

- ↗ MAPs
  - ↗ Ig
  - ↗ B lacto
  - ≈ Albumines
- ↘ Cas/MAP

Matières Minérales

- ↗ Na, Cl, K (destructurants)
- ↘ Ca, P, Mg

Incidences en technologie fromagère

Stabilité à la chaleur ↘

Encrassement des échangeurs de chaleur: ↗

- o ↘ du K ⇒ ↗ du Δ T°C
- o ↗ des fréquences de nettoyage

Aptitudes à la coagulation ↘

Aptitudes à l'égouttage ↘

Aptitudes à l'acidification (en lait cru) ↘

↗ **Caractère lactique des fromages**

Rendements: ↘ coefficient de récupération des MAP

ENILBIO Poligny
202/2007
266/2008

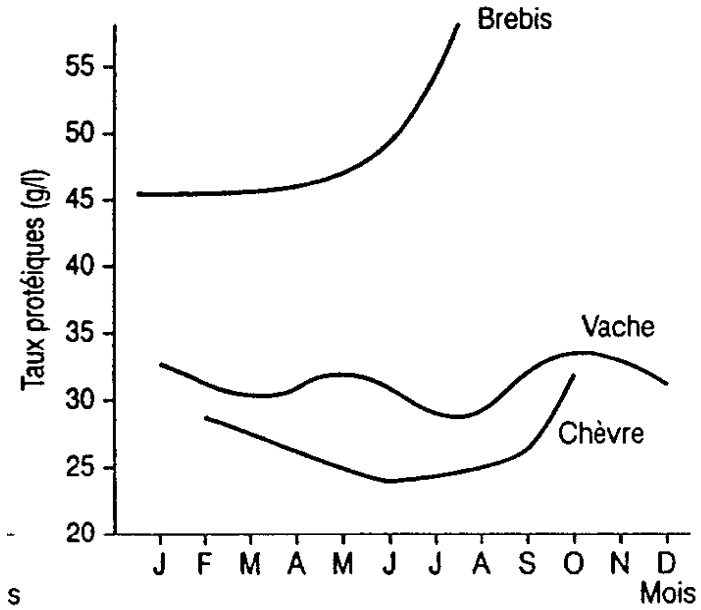
COMPOSITION COMPAREE DES LAITS DE VACHE, BUFFLESSE, BREBIS ET CHEVRE - 2

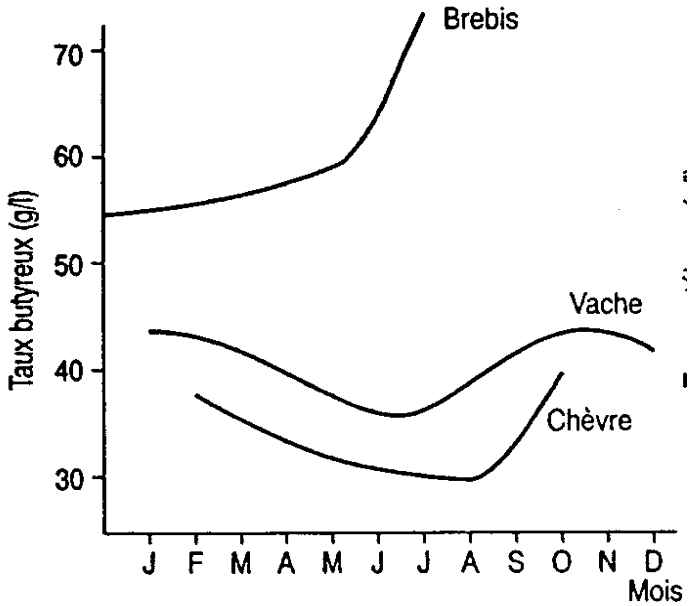
		Vache	Bufflesse	Brebis	Chèvres (*)
MAT (g/kg)		**30 - 38**	**40 - 46**	**42 - 65**	**25 - 34**
- ManP	en % des MAT	5 - 6	6	4,5 - 5	8 - 9
- MAP	en % des MAT	94 - 95	94	95 - 95,5	91 - 92
* Caséines	en % des MAT	77 - 78	76	78 - 79	75 - 76
* MAPS	en % des MAT	17 - 18	18	16 - 17	15 - 16
Caséines (en % des caséines)	αs1	35	17,6	15	5
	αs2	10	30,2	15	12,5 - 25
	β	35 - 40	33,9	40 - 47	50 - 75
	κ	10 - 15	15,4	7 - 10	8 - 20
	γ	4 - 8	2,9	15	4
MAPS (en % des MAPS)	β lactogl.	50	33	52	74
	α lactal.	30	42	25	7 - 10
	Im. Globu.	10 - 15		18	18 - 20
	Proté. Pept.	10	27	5	?
Minéraux (en g/l)	Ca	1,2 - 1,3	2	1,8 - 2,6	1,1 - 1,3
	Phosphore	0,9 - 1,0	1,29	1,0 - 1,6	0,9 - 1,0
	Mg	0,12	0,18	0,14 - 0,20	0,12 - 0,18
	K	1,4 - 1,6	1,08	1,4 - 2,0	?
	Na	0,4 - 0,5	0,5	0,3 - 0,6	0,35 - 0,4
	Cl	1,1 - 1,2	0,6 - 0,85	?	?
Citrates (en g/l)		1,4 - 2,0	1,6 - 2,0	1,6 - 3,0	?

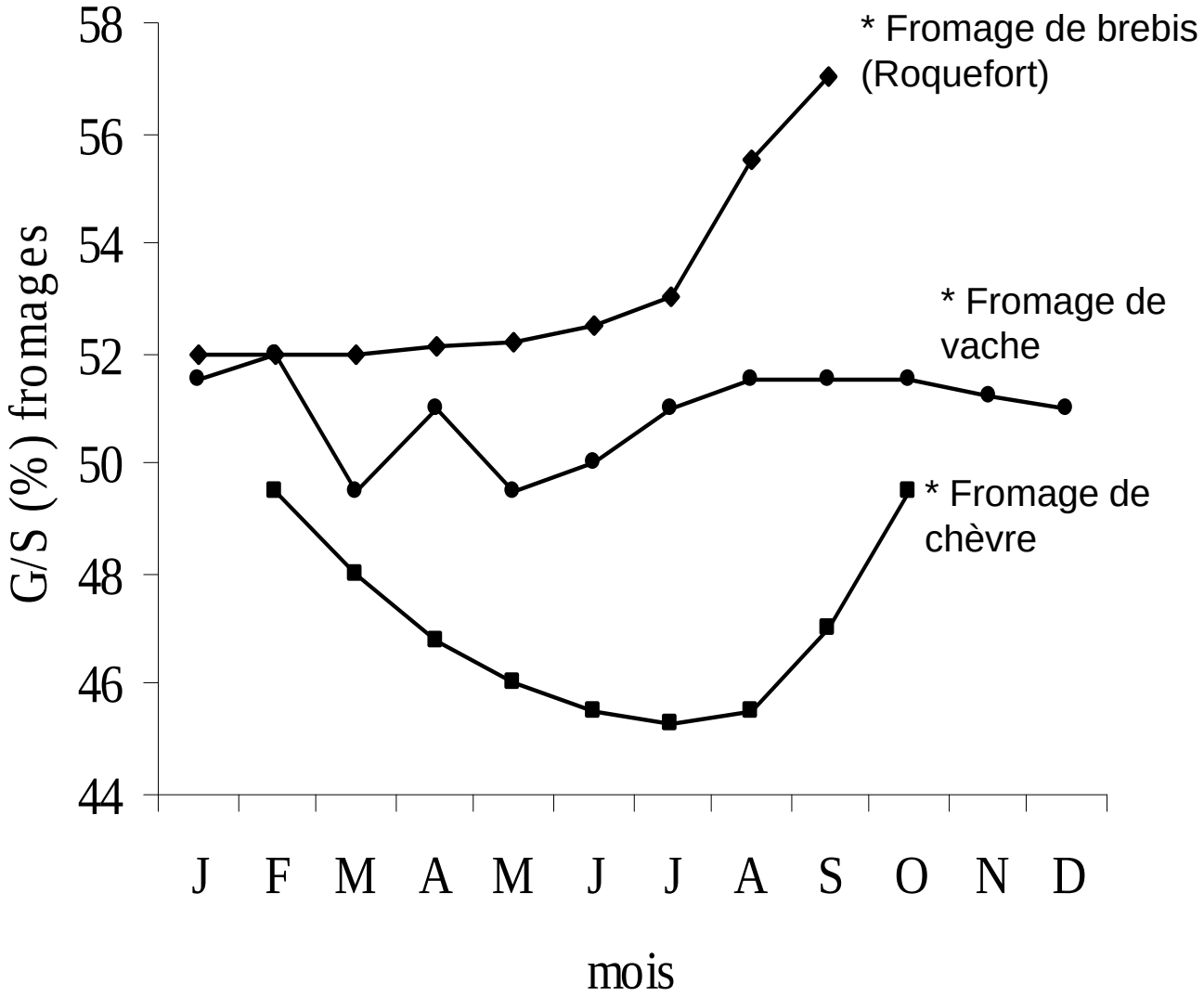
VARIABILITE DE LA COMPOSITION DES LAITS EN TB ET TP
INCIDENCES SUR LE G/S DES FROMAGES

D'après Mietton, 1991, Les bactéries lactiques

(Tendances moyennes observées en France)







Variations saisonnières du G/S de fromages réalisés aux laits entiers de vache (pâte molle : ●) , chèvre (fromage lactique : ■) et brebis (Roquefort : ◆).

CASEINES, AZOTE NON PROTEIQUE ET SOLUBILITE

D'après Schmidt, 1982, Sxaisgood, 1982, Walstra et Jennes, 1984)

		vache	chèvre
Proportions relatives des caséines (% caséines totales)	$\alpha s_1 + \alpha s_2$	48	27
	$\beta + \gamma$	40	55
	κ	12	18
Diamètre moyen des micelles (nm)		175	255
Degré d'hydratation micellaire (g eau/g MS)		1,90	1,75
Minéralisation des micelles (mg/g)			
Calcium/caséines		29	36
Phosphore inorganique/caséines		12	15

	Vache	chèvre
ANP	5 %	9%
Caséine β / caséine (en %) (2)	40 %	50 – 60%
% de caséine soluble(1) à		
20°C	1 %	10%
5°C	10%	25%

1 : JENNESS 1980

2 : Le MENS 1985

Caséine	α_{s1}	α_{s2}	ß	κ	γ 1	γ 2 et 3
Résidus d'acides aminés *	199	207	209	169	21 000	14 500
Poids moléculaire en daltons	23 600	25 200	24 000	19 000		
Résidus cystéine *	–	2	–	2		
Groupements phosphoséryls *	8-9	10-13	5	1-2		
Glucides	–	–	–	+		
Sensibilité à la chymosine	+	–	+	+++		
Sensibilité au calcium	++	+++	+	–		
Charge à pH 6,6	- 20,9	-14,8	-12,3	- 3,0		

* Nombre par mole

COMPARAISON LAIT DE CHEVRE, VACHE ET BREBIS

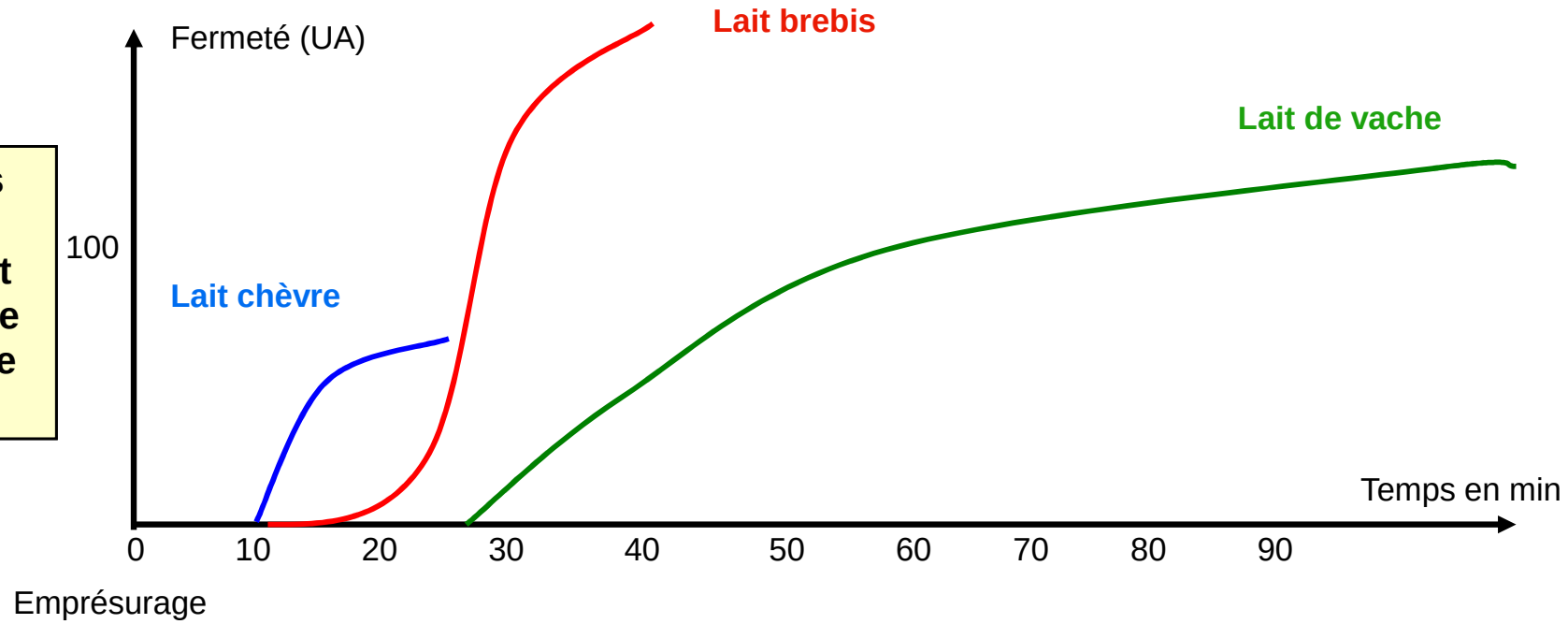
Proportions relatives des différentes caséines

Caséines (%)	Chèvre	Vache
Caséine αs1	5	33
Caséine αs2	25	11
Caséine β	50	33
Caséine K	20	11
Références	Boulanger 1976	Schmidt 1980

Caractéristiques des micelles de caséines

	Chèvre	Vache
Diamètre moyen des micelle (nm)	255	175
Degré d'hydratation des micelles (g/g MS)	1,75	2,05
Ca colloïdal/g caséine (mg/g)	36	28,9
Pi colloïdale/g caséine (mg/g)	15,1	12,0

Comparaison des cinétiques de coagulation du lait de vache, du lait de chèvre et du lait de brebis



COMPARAISON AZOTEE DES LAITS DE CHEVRE, VACHE ET BREBIS

Part relative des caséines (% de caséines totales)

	VL		Ch		Br
	1	2	1	2	1
αS1	36	35		5	16
αS2	9,5	10	13	25	15
β1	33	40	36	50	19
β2			39		28
K	9,4	15	8,1	20	7,3
γ	6,8		3,9		15

1 : mentionné par Brochet 1982

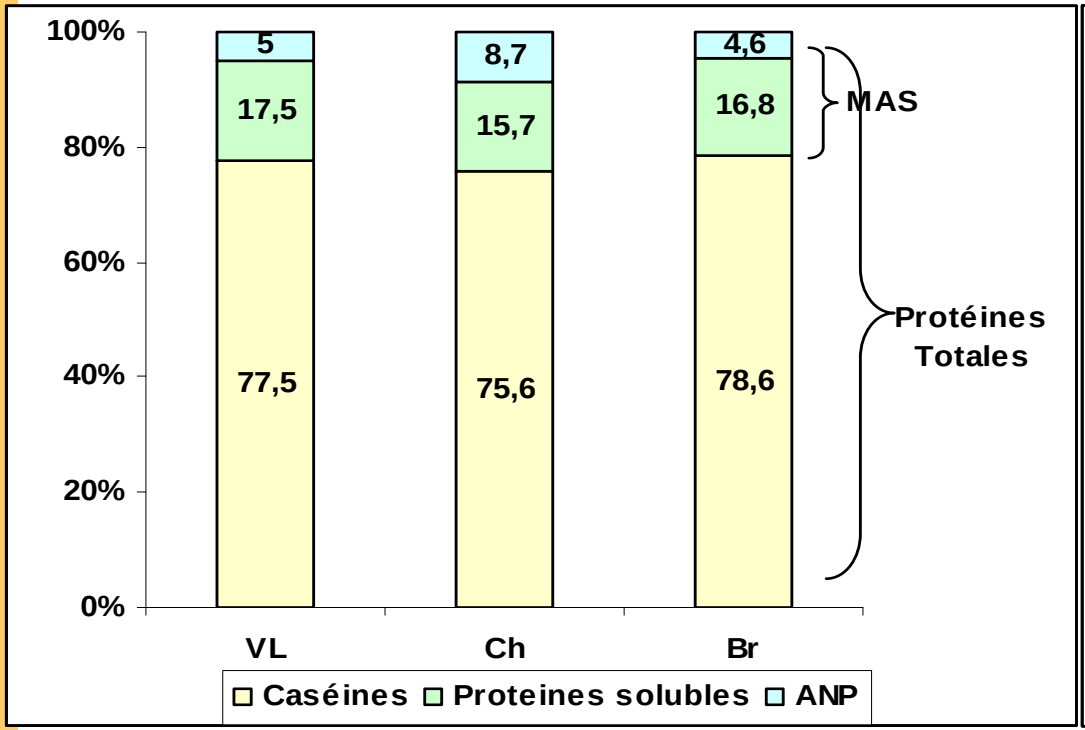
2 : cité par Le Mens

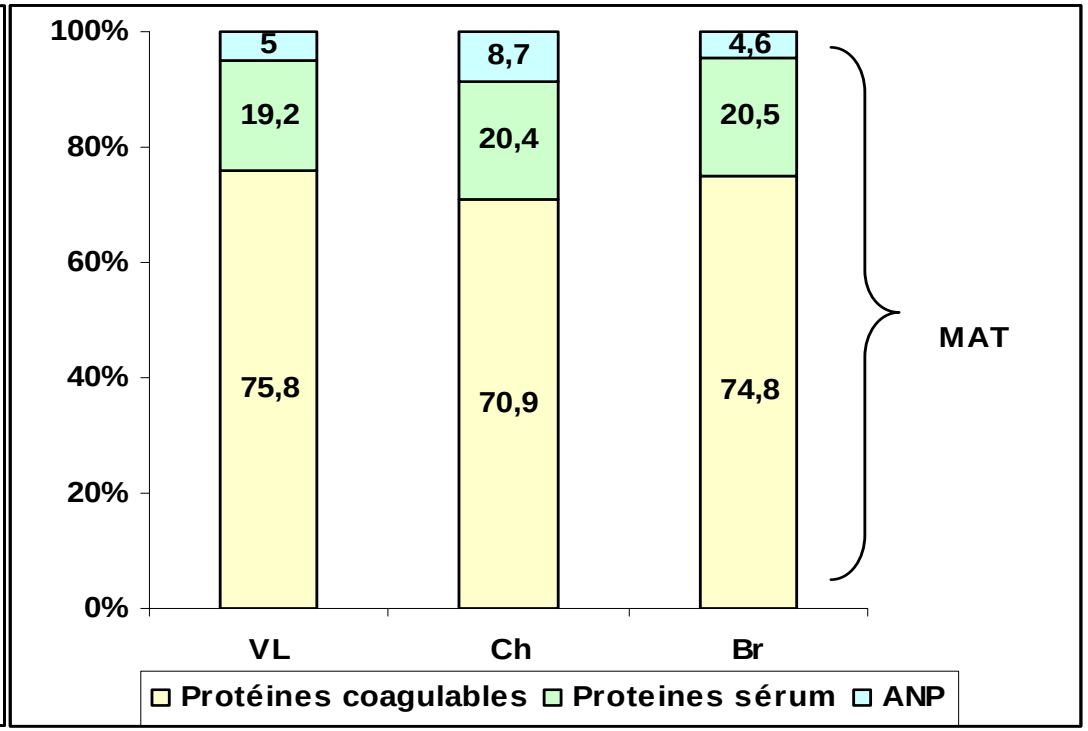
Part relative des protéines du sérum

	vache (1)	chèvre (1)	brebis (2)
Immunoglobulines	13,7	18,3	15,9
α lactalbumines	27,4	7,1	17,5
globulines	4,4	-	-
β lactoglobulines	52,8	74	65,3
sérum albumines	1,7	0,6	7,5

1 : Hilpert et al 1963

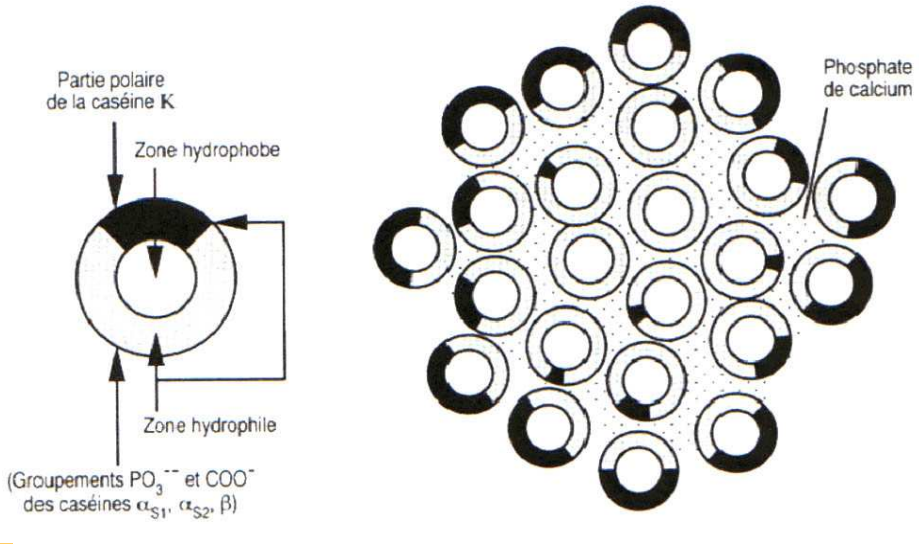
2 : UASI RAWNA 1970



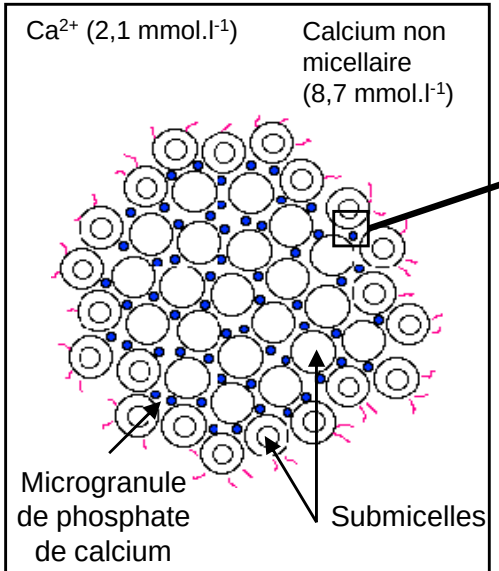


LA SAGA DE LA MICELLE

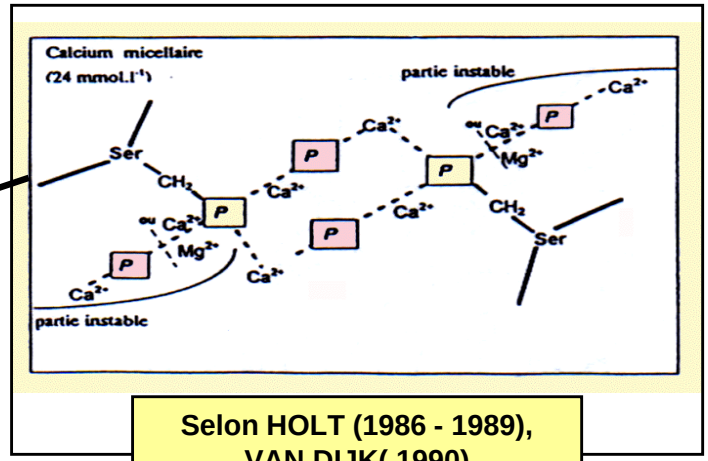
D'après Schmidt, 1982, Sxaisgood, 1982, Walstra et Jennes, 1984)



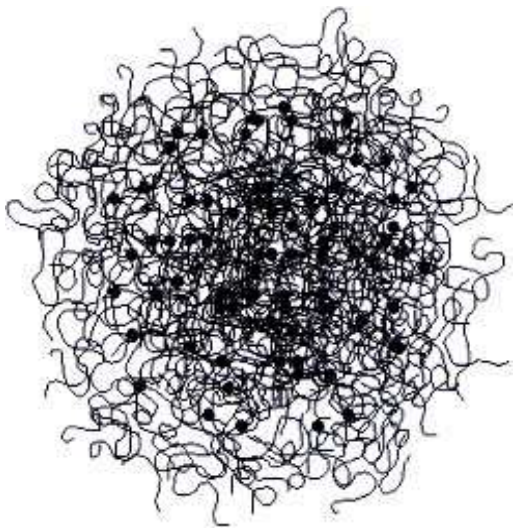
Selon SCHMIDT (1980)



Selon ONO et OBATA (1989)



Selon HOLT (1986 - 1989), VAN DIJK(1990)

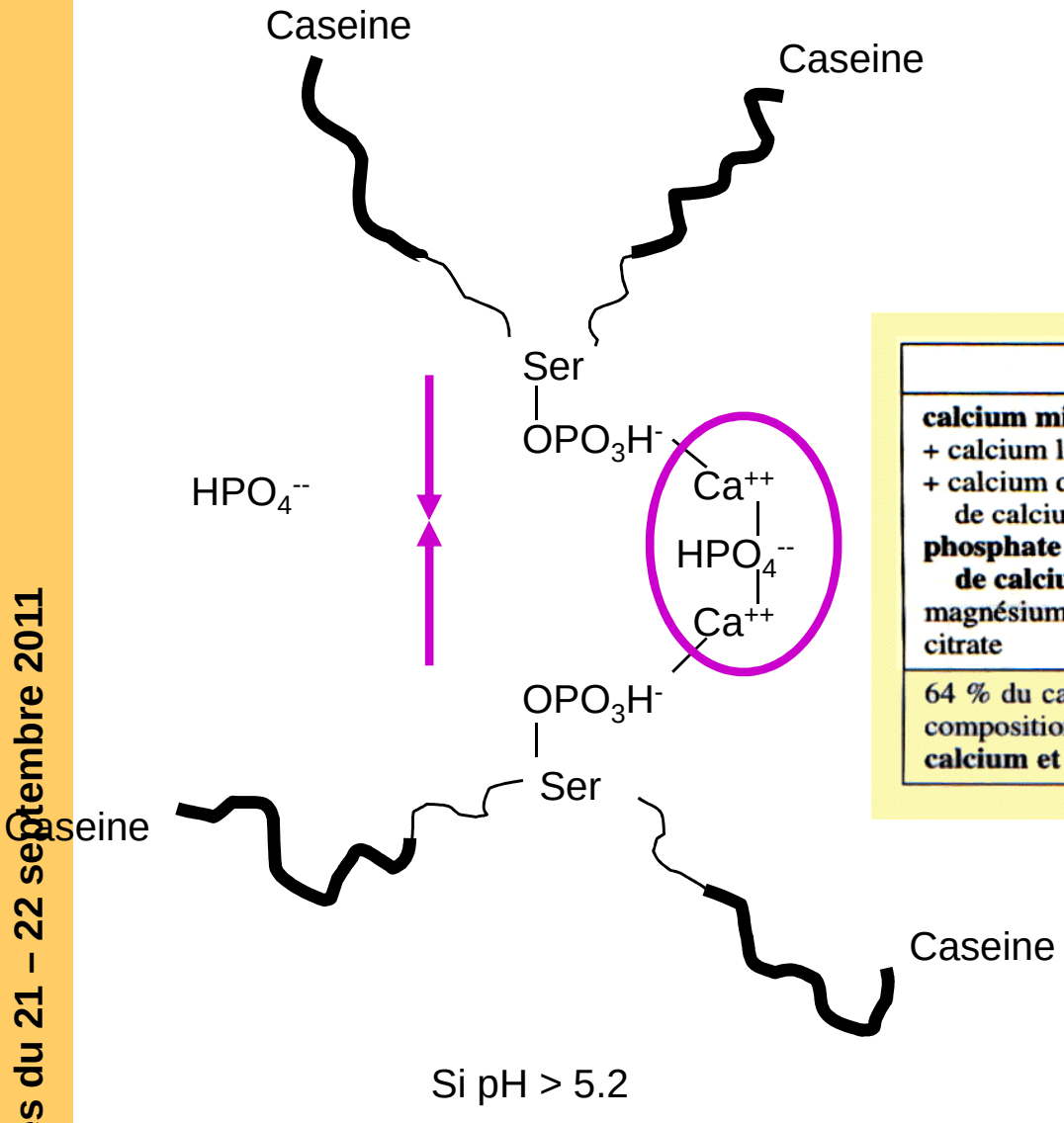


Représentation de la structure d'une micelle de caséines contenant du phosphate de calcium micellaire sous la forme de « nanoclusters » (Holt et al 2003)

La matrice protéique est homogène sur une échelle de 10 nm ou plus mais devient hétérogène sur une plus petite échelle. Cette hétérogénéité est liée à la présence de « nanoclusters » de phosphate de calcium et à l'existence de structure de type poly-L-proline II dans la partie centrale. Une micelle, ayant un externe, sensible à l'action de la chymosine, est continue avec la partie centrale. Une micelle, ayant un rayon de 108 nm, à une masse de 7,2 x 10^8 Da, soit environ 3000 chaînes polypeptidiques et contient, d'après le modèle, 830 « nanoclusters » de phosphate de calcium. Les caséines avec plus d'un centre phosphate par chaîne polypeptidique sont capables, au moins en principe, de relier les particules de phosphate de calcium micellaire entre elles (De Kruif et Holt, 2003).

Selon HOLT et Al (2003)

ORGANISATION DE LA MICELLE DE CASEINE



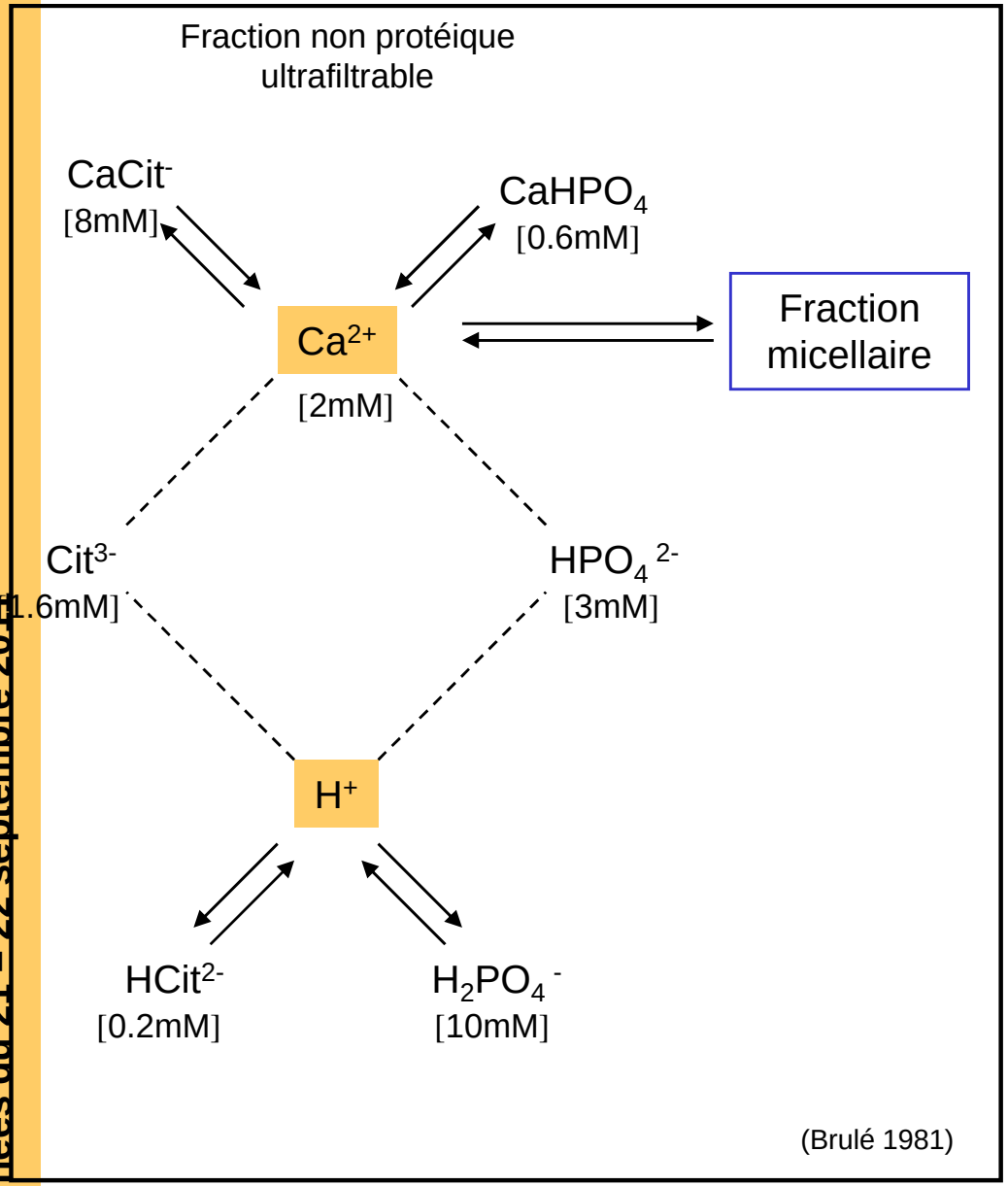
Les minéraux sont présents sous deux formes :

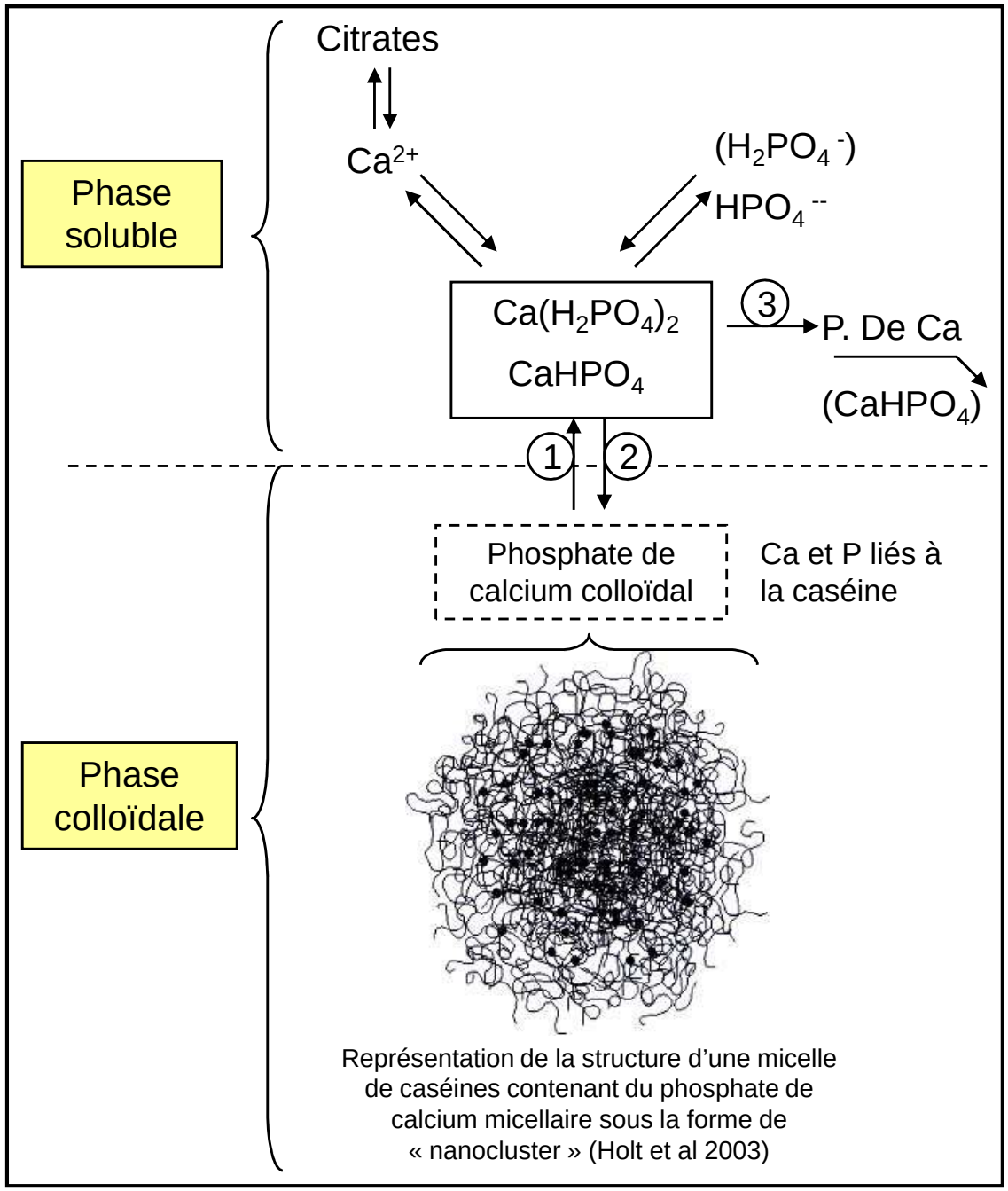
- associés aux micelles (colloïdale) 64.2%
- en solution 35.8%

	teneurs exprimées en $g.l^{-1}$	teneurs exprimées en $mmol.l^{-1}$
calcium micellaire total	**0,79**	**19,75**
+ calcium lié aux caséines	0,25	6,25
+ calcium du phosphate de calcium micellaire	0,54	13,5
phosphate du phosphate de calcium colloïdal	**0,89**	**9,35**
magnésium	0,038	1,56
citrate	0,119	0,626

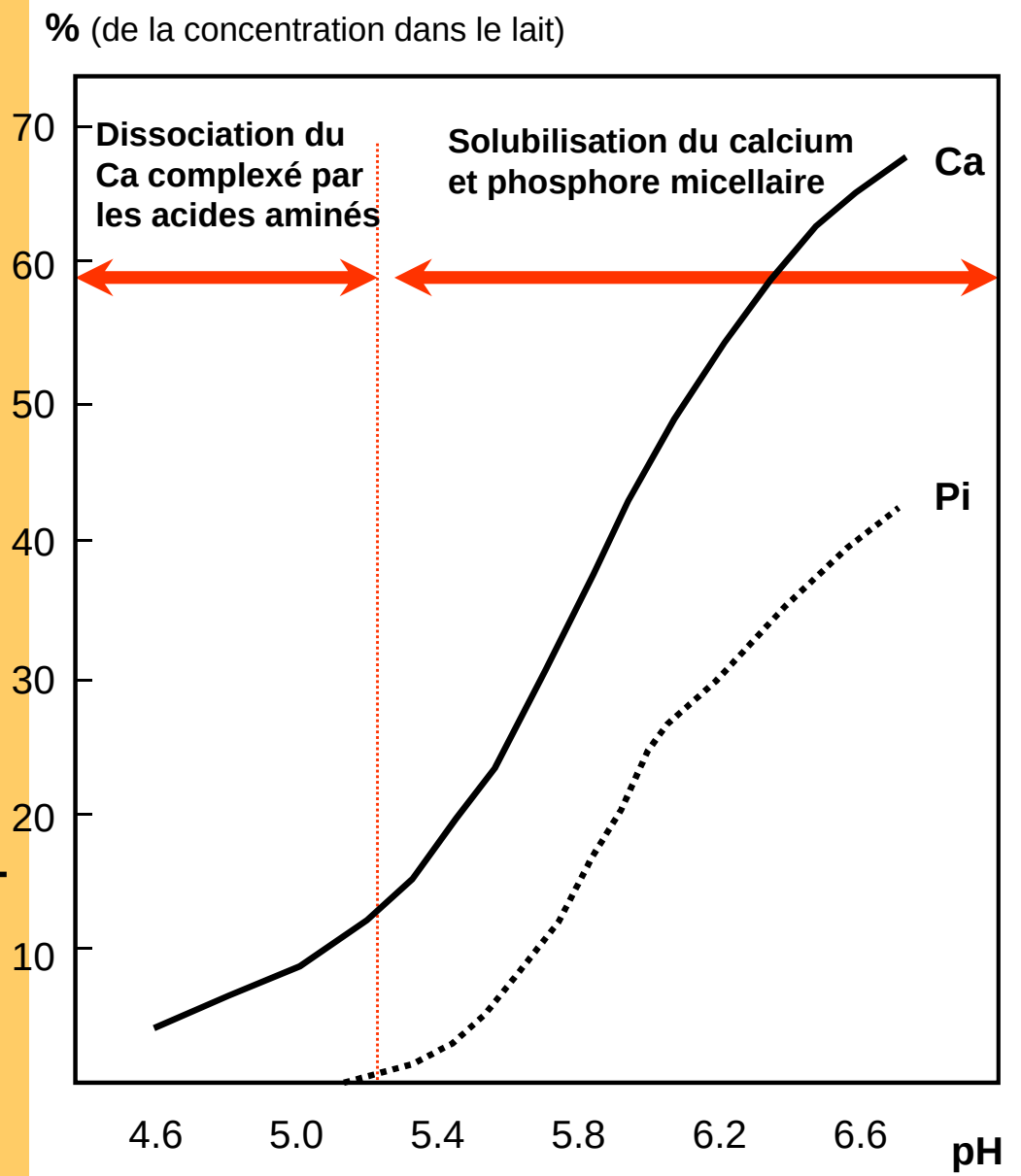
64 % du calcium, 46 % du phosphate, 32 % du magnésium, 7 % du citrate du lait entrent dans la composition de ses micelles.
calcium et phosphate sont les constituants minéraux majeurs de la micelle.

LES EQUILIBRES MINERAUX DU LAIT

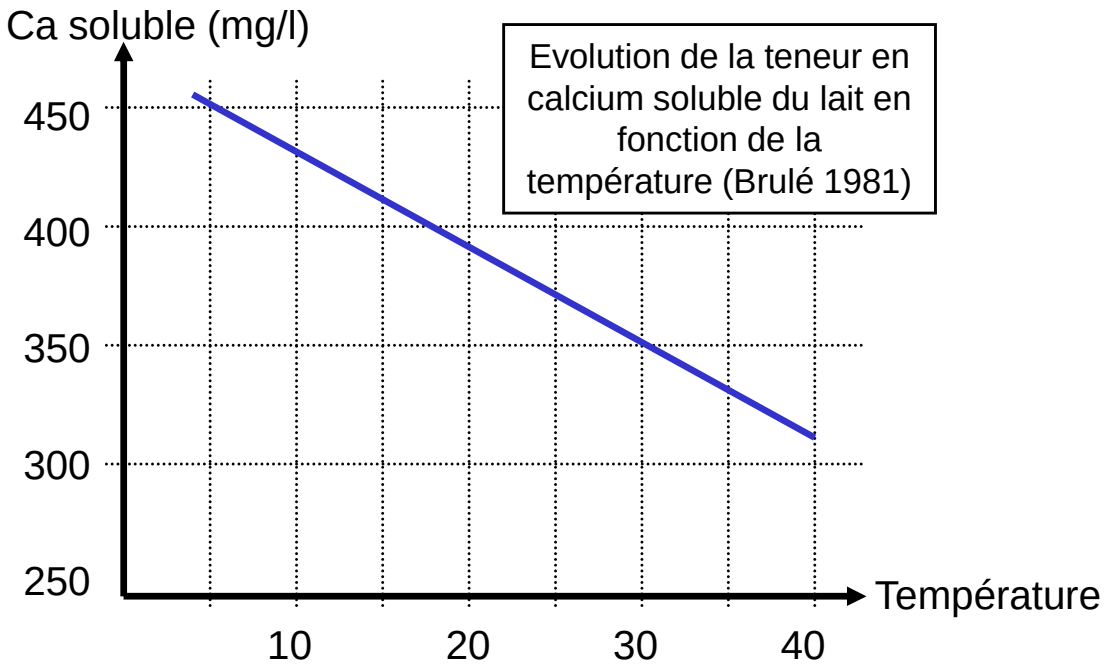




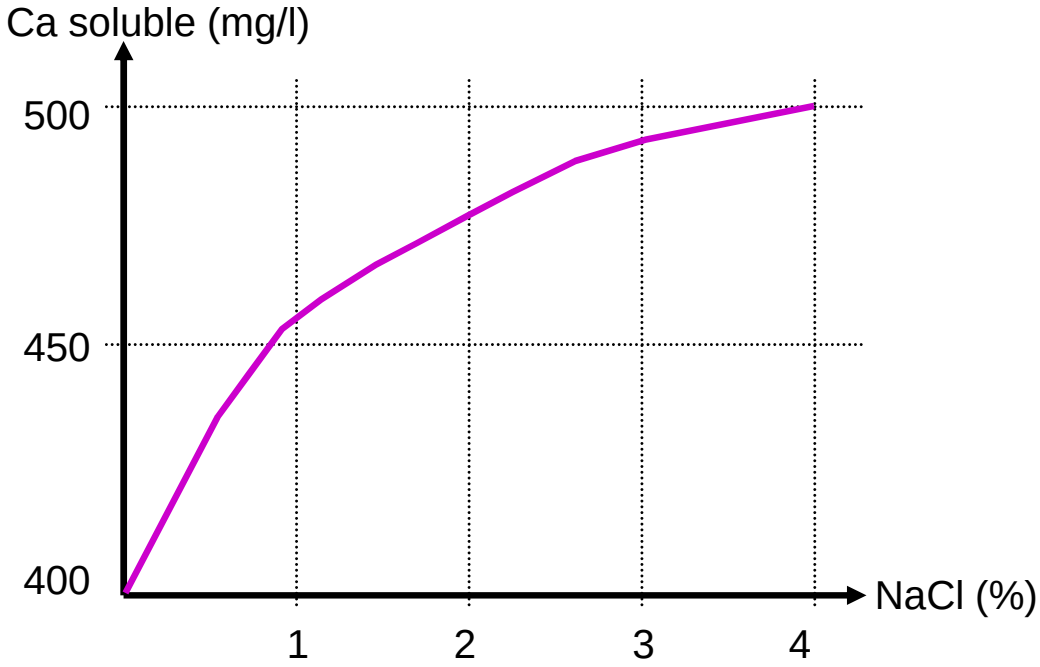
EFFETS DE LA TEMPERATURE, DU pH et DU NaCl SUR LA SOLUBILISATION DU CALCIUM ET PHOSPHORE DU LAIT



Solubilisation du calcium et phosphate inorganique (Pi) au cours de l'acidification par HCL à 30℃ (Legraët et Bru lé 1993)

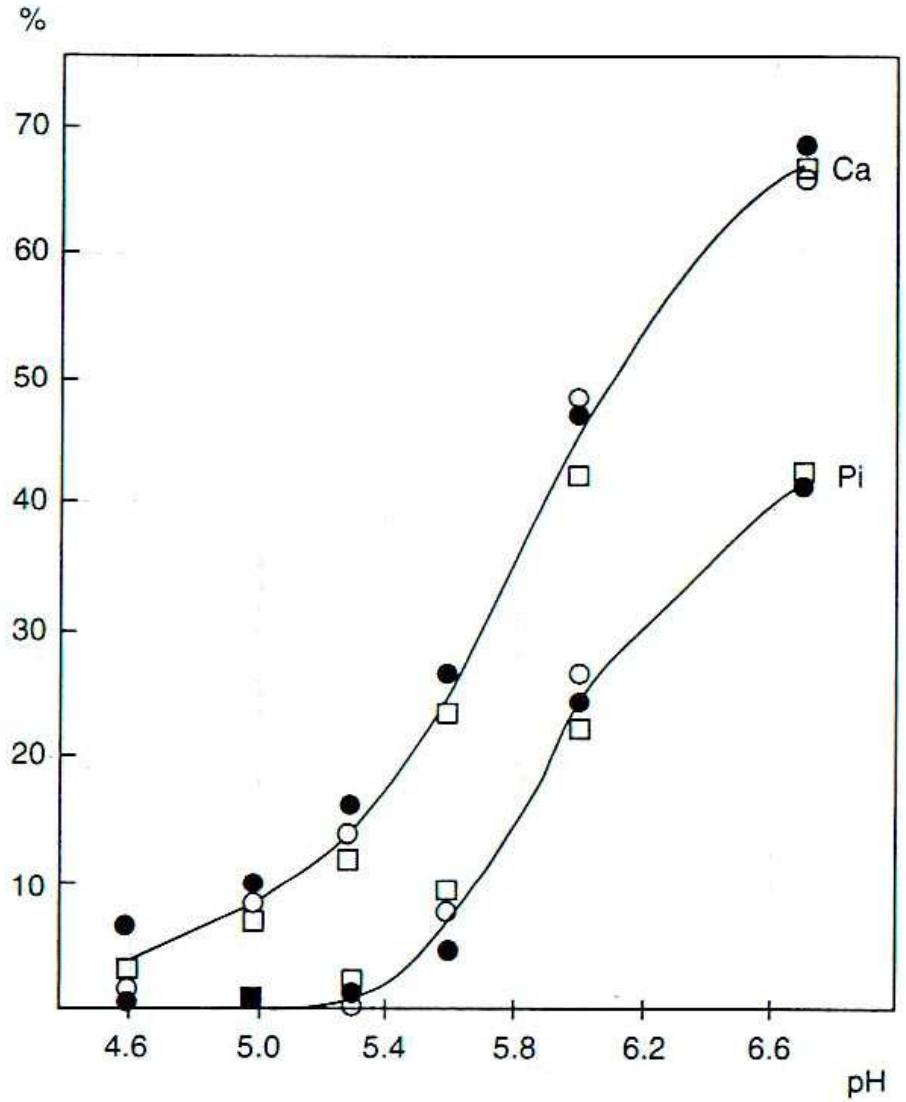


Evolution de la teneur en calcium soluble du lait en fonction de la température (Brulé 1981)

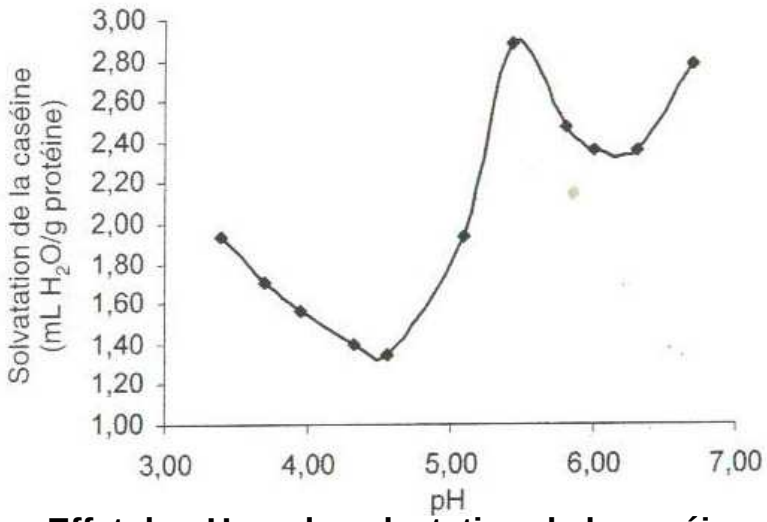


pH ET MICELLE DE CASEINE

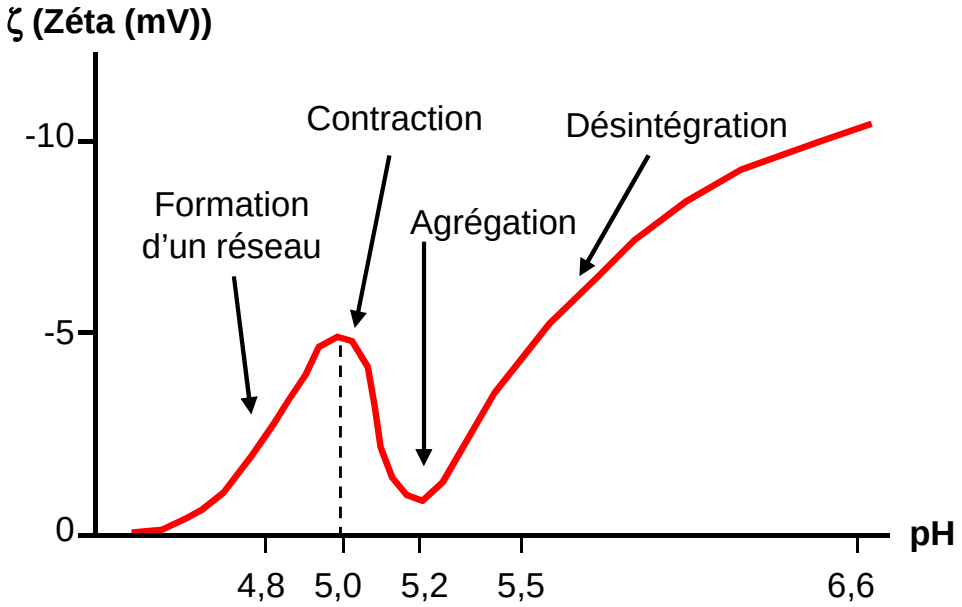
D'après
Le fromage



Ca et P inorganique micellaire (à 30°C)
(% de la concentration totale du lait)



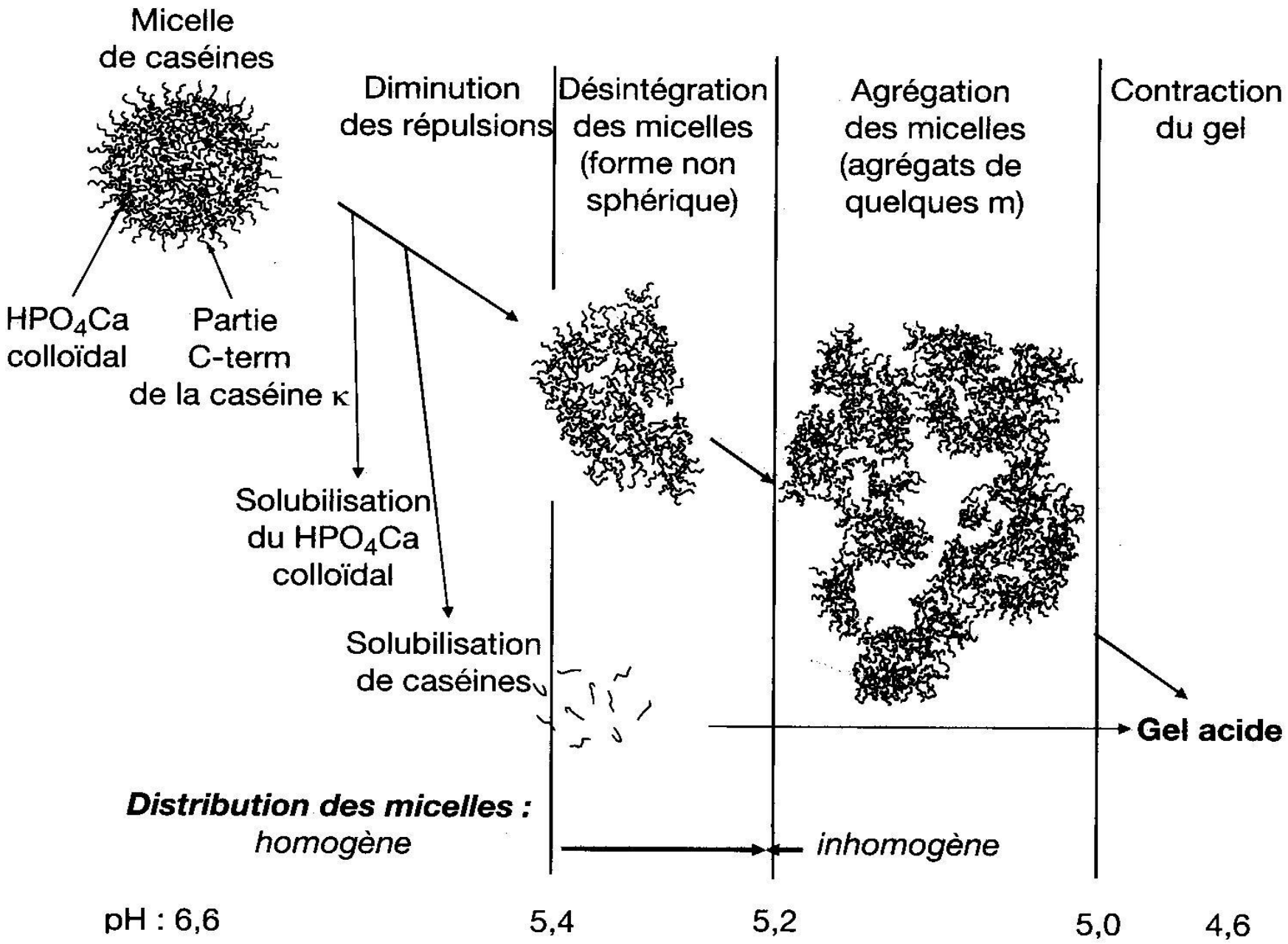
Effet du pH sur la solvatation de la caséines à 20°C
(Snoeren et al 1984)



Variation du potentiel zéta (constante diélectrique) des micelles de caséine durant l'acidification (Walstra 1984)

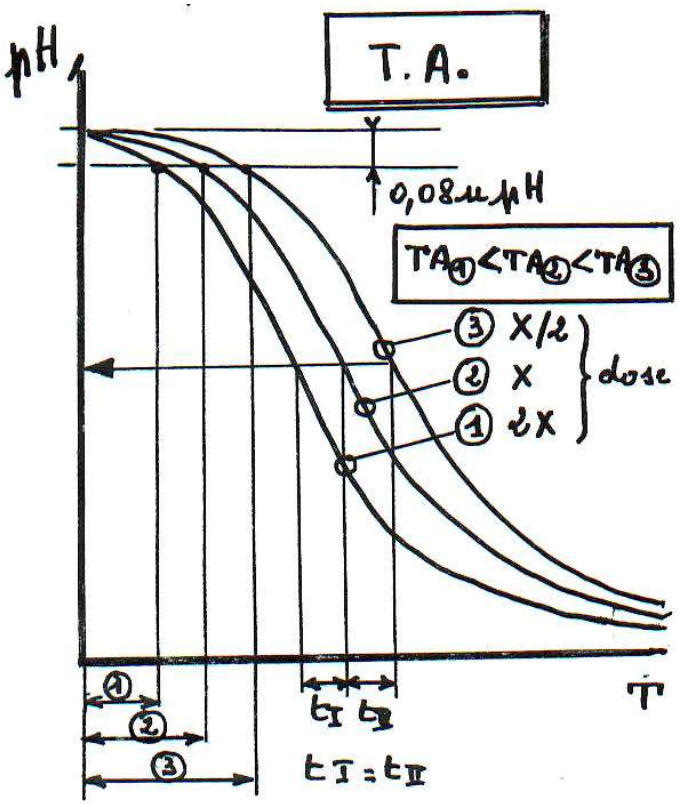
MODIFICATION DE LA STRUCTURE MICELLAIRE LORS DE L'ACIDIFICATION

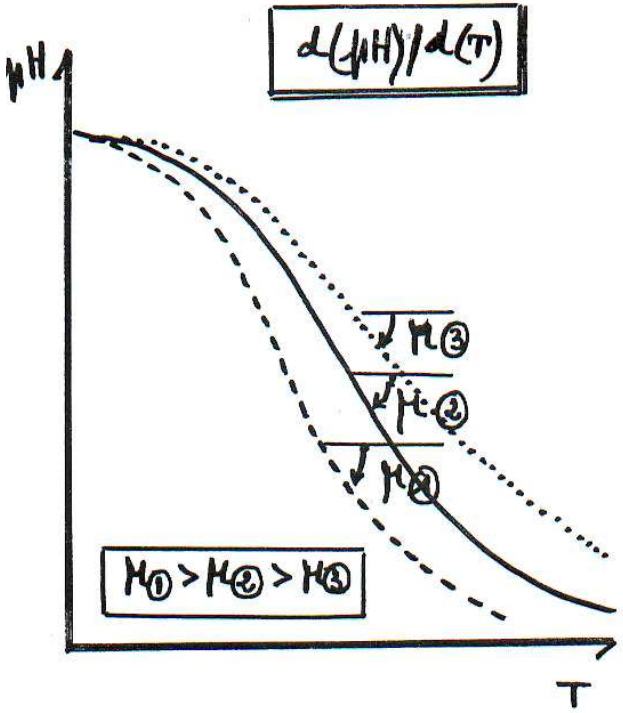
D'après Fondements physicochimiques de la technologie laitière

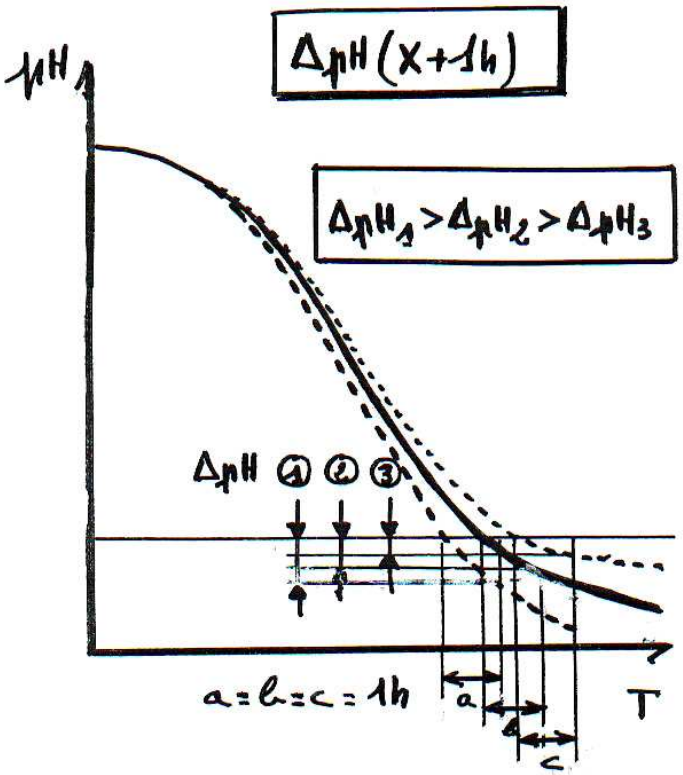


Effets de la composition du lait sur l'acidification

Différentes courbes « d'Acidification » - Effets de différents facteurs (en milieu homogène)





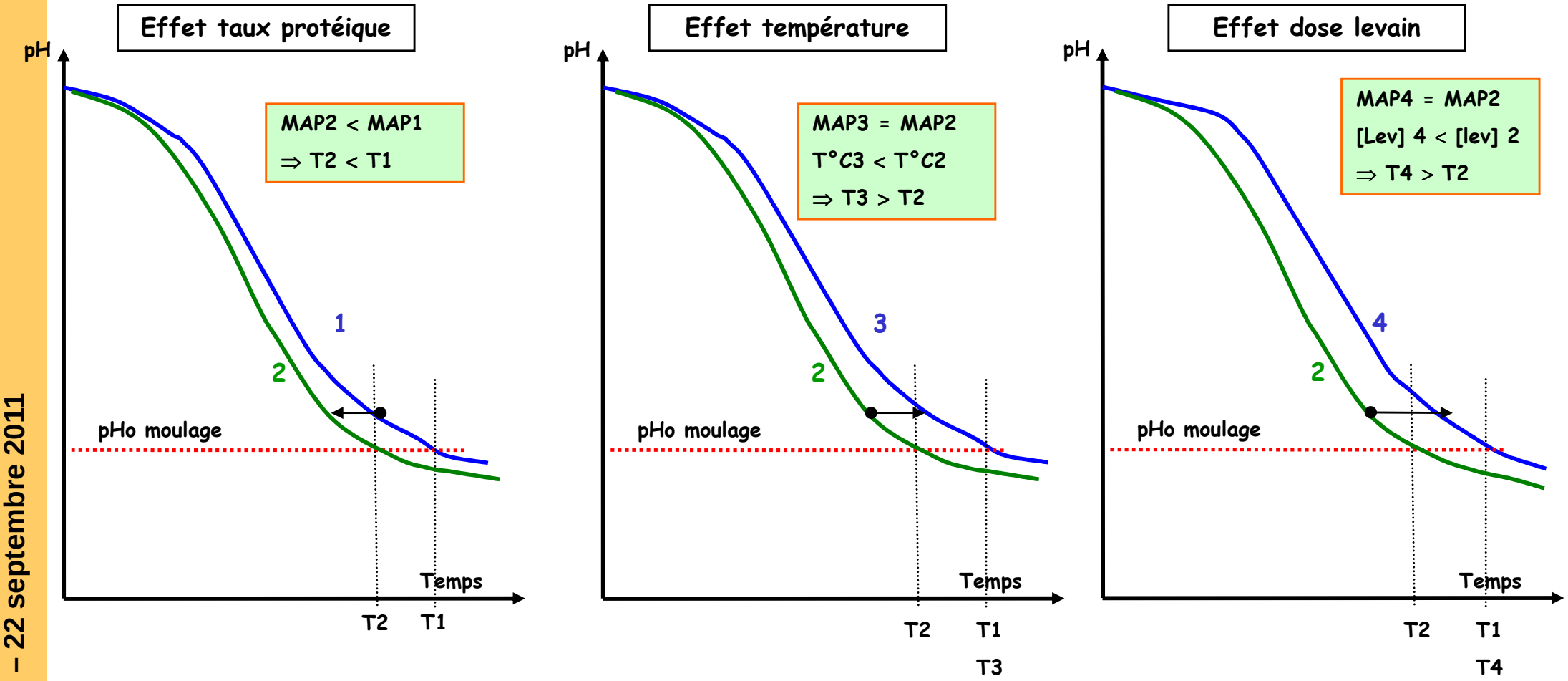


- Souches :Prot+ /Prot-
dépend AA et peptides
- « Présentation » ED ➔ TA ↗
- Dose inoculum ↗ : TA diminue
- mais même Vmax

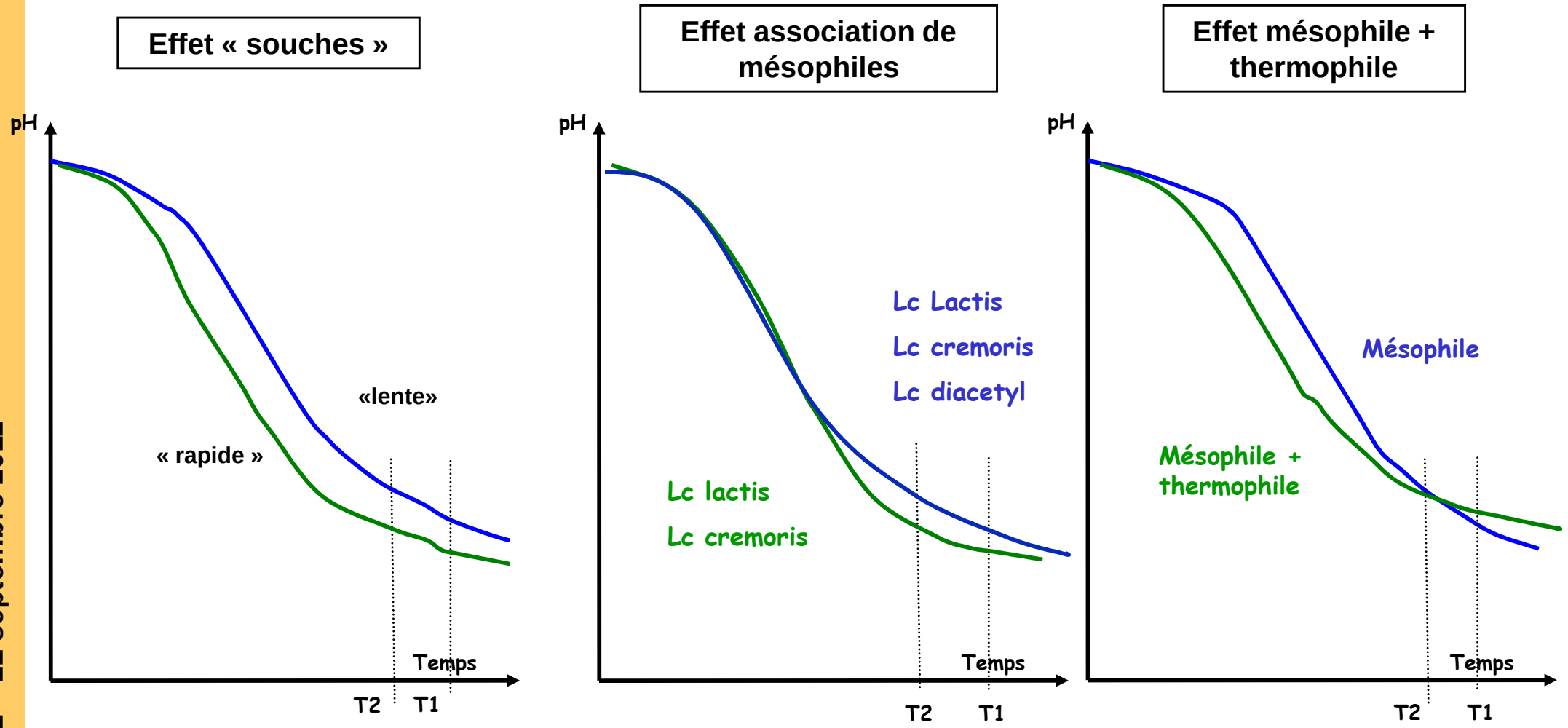
- Souches + ou – sensible T° C
- Température du milieu
- Capacité tampon

- Souches
- Association souches:
mix homo/hetero
- Composition milieu:
+ ou – tamponné

EFFETS DU TAUX PROTÉIQUE, DE LA TEMPERATURE, DE LA DOSE DE LEVAIN SUR L'EVOLUTION DE LA COURBE pH EN TECHNOLOGIE LACTIQUE – MOYENS DE CORRIGER UNE VARIATION DE TAUX PROTEIQUE

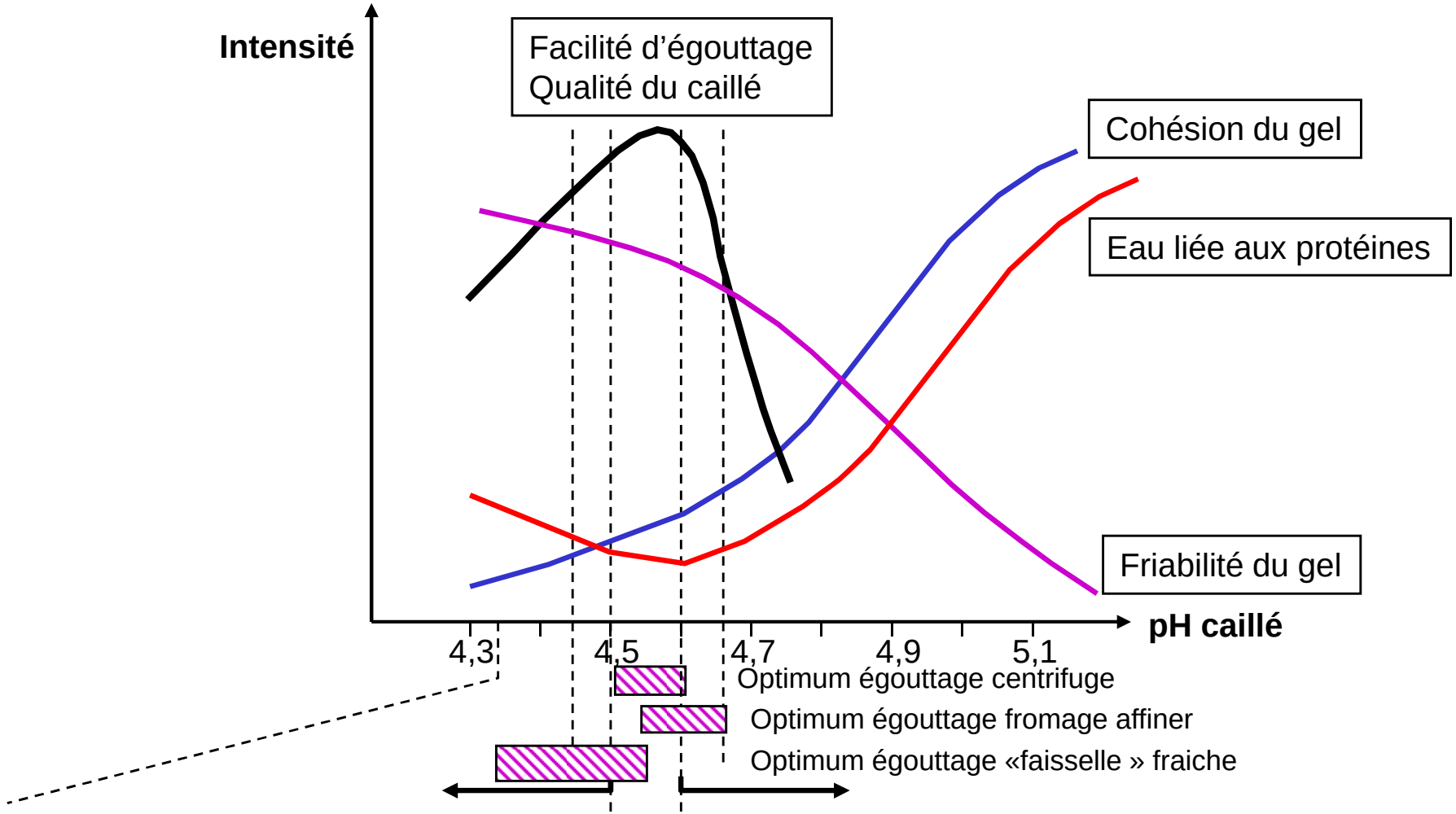


EFFETS de différents facteurs sur l'évolution des courbes pH



INCIDENCES DU pH SUR LES CARACTERISTIQUES, QUALITES, ET APTITUDES DES GELS LACTIQUES (essai de modélisation)

D'après B. WILSTON (2000)



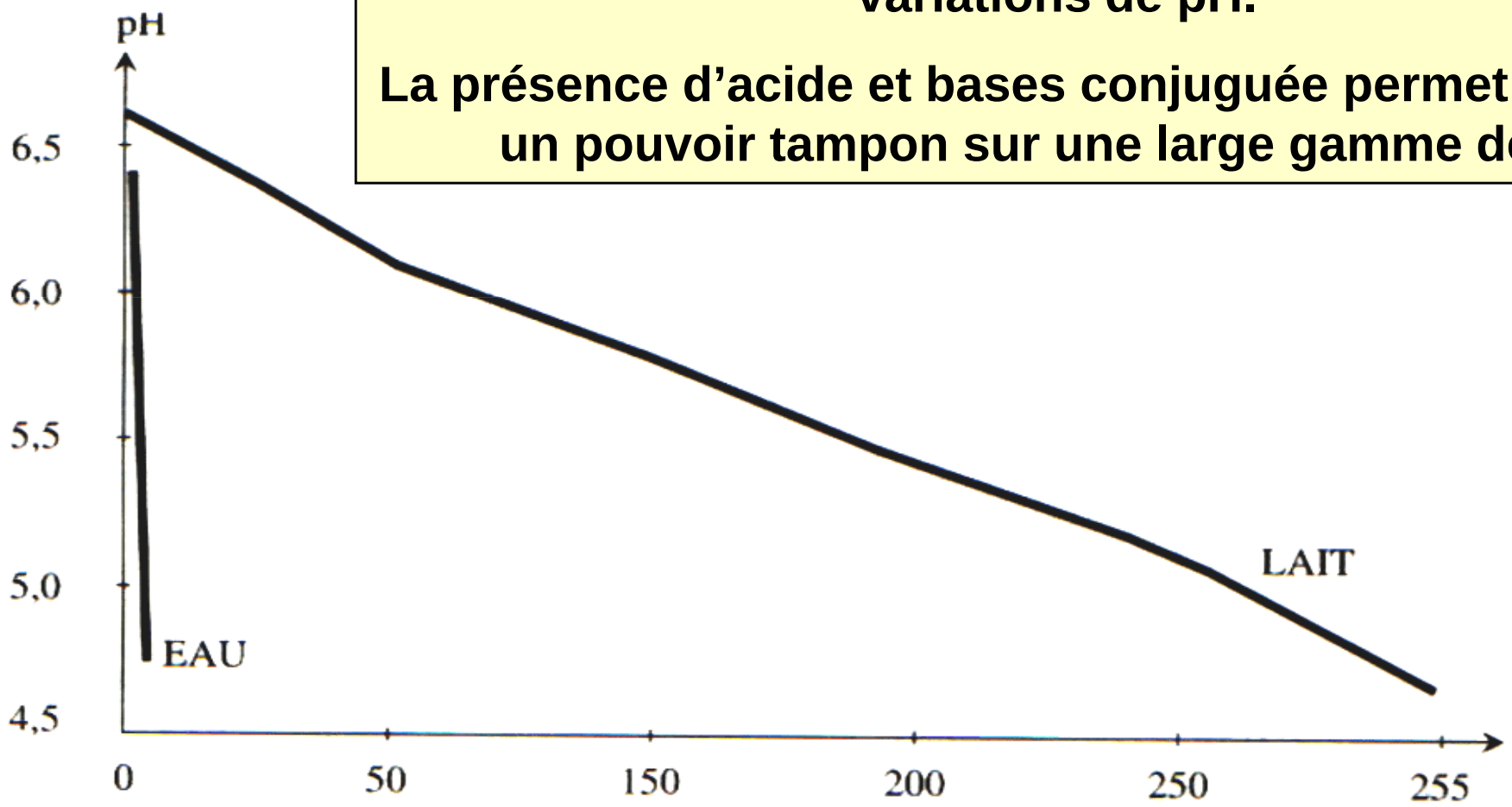
Caillé trop acide	Caillé pas assez acide
• Caillé très friable • Egouttage lent • Importantes pertes au moulage (sérum avec beaucoup de fines) • Difficultés de ressuyage • Texture de pâte très fine	• Caillé élastique • Egouttage lent • Caillé parfois granuleux •Texture de pâte granuleux si l'acidification ne peut se poursuivre (T°C de salle d'égoutage)

Capacité Tampon des laits

DEFINITION POUVOIR TAMPON

Une solution tampon est une solution qui s'oppose aux variations de pH.

La présence d'acide et bases conjuguée permet d'obtenir un pouvoir tampon sur une large gamme de pH



Volume exprimé en cm^3, d'une solution d'acide sulfurique 0,01 $mol.l^{-1}$ versé dans 100 ml d'eau d'une part et de lait d'autre part

Source : F. Salaün 2005

Pouvoir tampon

Définition du pouvoir tampon (PT) d'une solution aqueuse

Certaines solutions aqueuses présentent du fait de la nature et de la concentration ses substances en solution, une propriété particulière appelée pouvoir tampon (PT) défini de la façon suivante :

PT = dn/dpH

dn = variation de la concentration molaire de la base forte (ou de l'acide fort) entraînant une variation de pH de dpH.

Le PT d'une solution est donc d'autant plus élevé que la variation de pH est faible par ajout d'une même quantité de base ou d'acide fort.

Définition d'une solution tampon

C'est une solution dont le pH reste constant ou varie peu malgré un apport en quantité limitée d'ion H3O+ ou OH-.

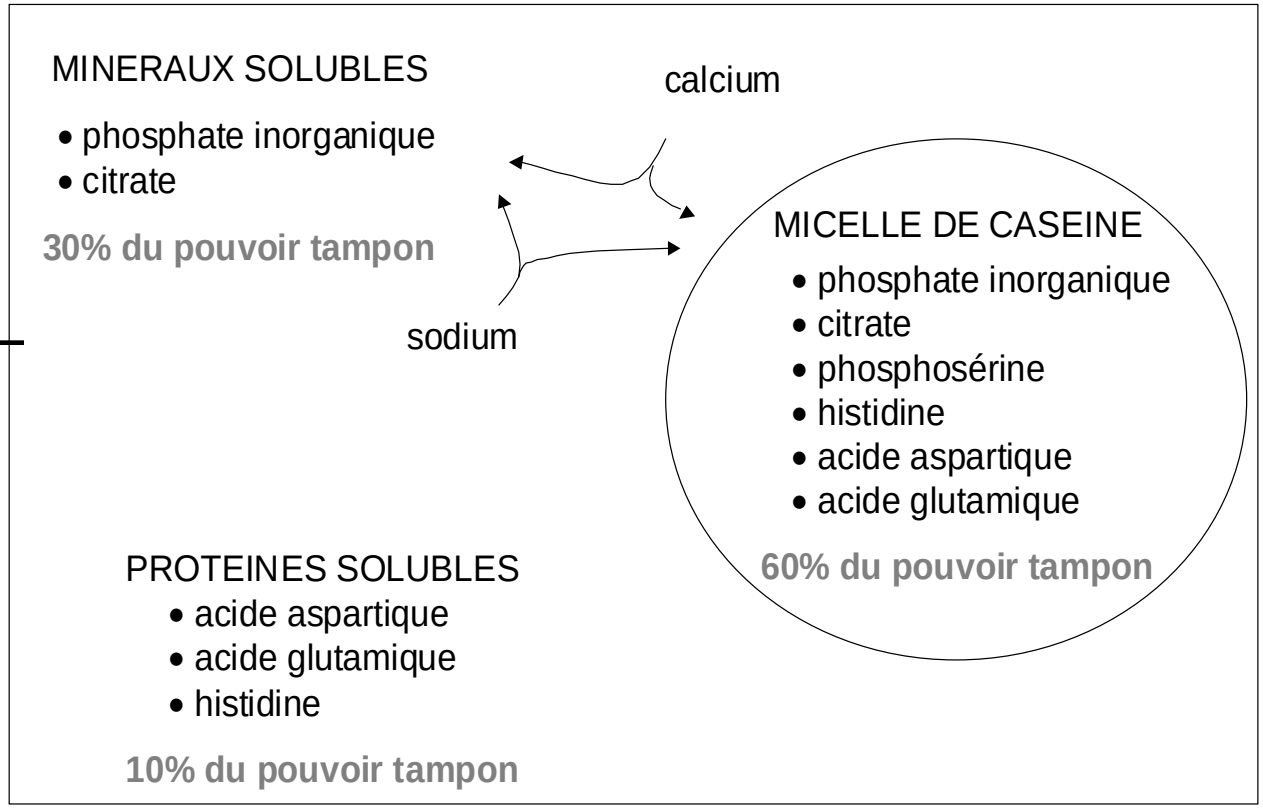
Une solution sera dite plus tamponnée qu'une autre si son pH varie moins à l'addition d'une même quantité d'ions H3O+ ou OH-.

ENILBIO Poligny

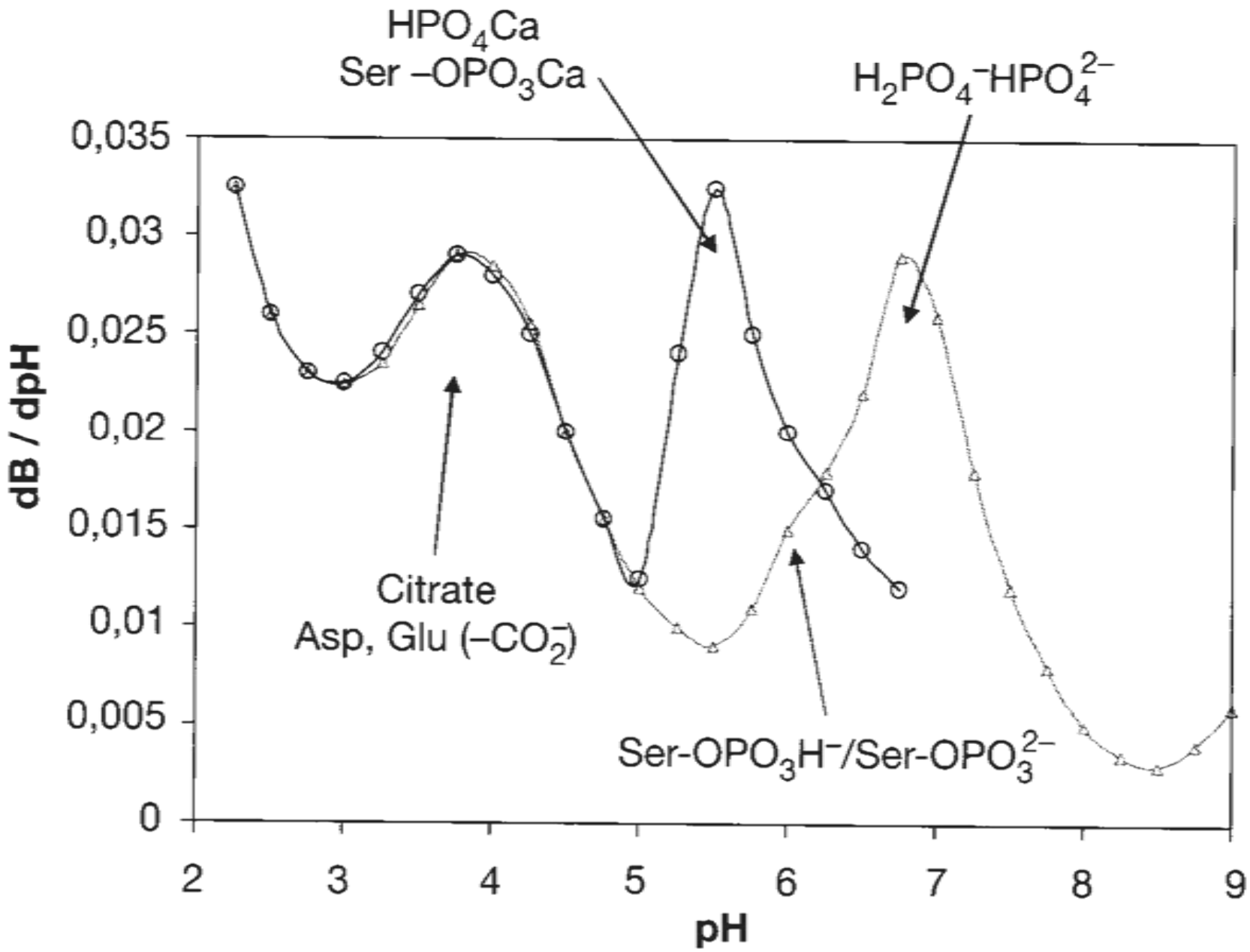
197/2007

FACTEURS CONTRIBUANTS A LA CAPACITE TAMPON

	caséines micellaires	phosphate	citrate	sodium	calcium
>6,75		++	+		+
>6,50		++	+		
>6,25		+++			
>6,00	+	+++			
>5,75	+	+++			+
>5,50	++	++			++
>5,25	++	+			++
>5,00	++	+			++
>4,75	++				+++
>4,50	++		+		++
>4,25	+		+		+
>4,00	+		++		
>3,75	+		++		
>3,50	+		++		
>3,25	+		++		
>3,00		+	+		+



Répartition et interactions des principaux groupements participant au pouvoir tampon du lait dans une gamme de pH allant de 6,7 à 2,5.

Source : F. Salaün 2005

CARACTERISATION D'UNE COURBE DE CAPACITE TAMPON