

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE**



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de fin d'études en Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie de la nutrition

Thème

**Etude de quelques propriétés techno-fonctionnelles
des protéines sériques camelines et bovines**

Réalisé par :

AZRARAK Farida

SAIDANI Nadia

Encadré par :

M^{me}ALMI-SEBBANE Dalila

Devant le jury

Présidente : M^{me} SI AHMED –ZENNIA S

M.C.A

UMMTO

Promotrice : M^{me} ALMI –SEBBANE D

M.C.B

UMMTO

Examinatrice : M^{me} ISSELNANE-TAMACHE S

M.A.A

UMMTO

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

*Gloire à « **ALLAH** » le tout puissant et le miséricordieux, qui a exaucé nos rêves et nous a donné force et patience pour accomplir ce modeste travail.*

*Nos remerciements les plus sincères accompagnés de notre profond respect vont à notre promotrice «**M^{me} ALMI-SEBBANE Dalila** », pour nous avoir dirigées et encouragées tout au long de ce travail, nous la remercions pour sa disponibilité, son aide précieuse, son écoute, ses conseils avisés et pour la confiance qu'elle a bien voulu nous accorder et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Nous tenons également à remercier **M^{me} SI AHMED ZENNIA saliha** maitre de conférences à **Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou**, pour avoir accepté présider notre mémoire et **M^{me} ISSELNANE-TAMACHE souad** maitre assistante à **Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*On tient également à remercier **M^{me} AMAR-KHOUDJA nadia** l'ingénieur de labo pour sa gentillesse.*

Nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux vont à nos familles, et bien-sûr tous les amis qui nous ont encouragés.

***Enfin** nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents, Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous, vos prières, vos encouragements et votre soutien, m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie

A mes très chers frères BELAID, SAID,

A mes sœurs SAMIA, GHANIA, DAHBIA

A mes petits fils de mes soeurs

A mes meilleures copines CHAHRAZED et FADOUA

A mon binôme farida.

A tous mes amis sans exception.

A tous ceux que j'aime et m'aime

NADIA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Je remercie le bon ***Dieu*** de m'avoir donné le courage pour réaliser ce travail et la patience pour aller jusqu'au bout du parcours de mes études.

Je dédie ce mémoire.

A Celui qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années d'études. ***Merci*** pour ton amour et ta confiance totale...***A*** toi très cher papa.

A Celle qui m'a tant bercé, tant donné et tant enseigné, toi qui m'as guidé dans le droit chemin, toi qui m'as appris que rien n'est impossible...***A*** toi Ma chère maman.

A mes frères ***BOUALEM, KACI*** et sa femme ***MAMAL*** et son fils ***AYLANE, AHMED***, et ***SAID***

A mes sœurs ***ZINA, NORA, SELMA***

A mes chers amis ***KAMY, LYDIA, SAMIA***, et ***LIZA***

A mon binôme NADIA

FARIDA

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

I. Synthèse bibliographique

1.1.Aperçu sur le lait 2

1.2.Aperçu sur le dromadaire 2

1.3.Lait camelin 2

1.3.1 Les facteurs de variations de la production laitières 3

1.3.2. La production laitière 4

1.3.3. Caractéristiques du lait camelin..... 4

1.3.3.1. Caractéristiques organoleptiques 4

1.3.3.2. Caractéristiques physico-chimiques..... 4

1.3.4. Composition chimique et biochimique..... 4

1.3.4.1. Minéraux et vitamines 6

1.3.4.2. Glucides..... 6

1.3.4.3. Matières grasses 6

1.3.4.4. Protéines 7

1.3.5. Les protéines spécifiques du lait de chamelle..... 9

1.4.Aperçu sur le lait de vache 10

1.5. Lait bovin 10

1.5.1. Les facteurs de variations de la qualité du lait de vache	10
1.5.2. La production laitière	13
1.5.3. Caractéristiques physico-chimiques.....	13
1.5.4. Caractéristiques organoléptiques.....	15
1.5.5. Composition chimique et biochimique.....	15
1.5.5.1. Matières grasses.....	16
1.5.5.2. Protéines	17
1.5.5.3. Minéraux	18
1.5.5.4. Vitamines.....	18
1.5.5.5. Glucides.....	19
1.6.Lactosérum	19
1.6.1. La composition du lactosérum.....	20
1.6.1.1. Lactose	20
1.6.1.2. Protéines de lactosérum	20
1.6.2. Utilisations du lactosérum	21
1.7. Les propriétés techno-fonctionnelles des protéines.....	23
1.7.1. La solubilité.....	23
1.7.1.1. Les facteurs influençant sur la solubilité	24
1.7.2. Le pouvoir moussant.....	24
1.7.2.1. Les facteurs influençant la formation et la stabilité de la mousse.....	26
1.7.3. Le pouvoir émulsifiant.....	27
1.7.3.1. Les facteurs influençant l'émulsification	28

II. Partie expérimentale

2.1. Matériel	29
2.1.1. Laits	29
2.1.2. Produits chimiques.....	29
2.1.3. Appareillage.....	29
2.2. Méthodes	30
2.2.1. Isolement des protéines lactosériques.....	30
2.2.1.1. Ecrémage.....	31
2.2.1.2. Acidification	31
2.2.1.3. Dialyse.....	31
2.2.1.4. Lyophilisation.....	31
2.2.2. Dosage des protéines sériques par la méthode de Biuret.....	31
2.2.3. Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques.....	32
2.2.3.1. La solubilité.....	32
2.2.3.2. Pouvoir moussant.....	33
2.2.3.3. Pouvoir émulsifiant.....	33

III. Résultats et discussions

3.1. pH et la concentration du lait de chamelle et de vache	35
3.2. Comportement électrophorétique des protéines sériques en PAGE native	35
3.3. L'effet du pH sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques...	36
3.3.1. L'effet sur la solubilité.....	36
3.3.2. L'effet sur le pouvoir moussant.....	38

3.3.3. L'effet sur le pouvoir émulsifiant.....	40
---	-----------

Conclusion	41
-------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ASN	Asparagine
ASP	Acide aspartique
BSA	Albumine sérique bovine
CN	Caséine
GLN	Glutamine
GLU	Acide glutamique
IsoAsp	Iso aspartate
α-Lac	α -Lactalbumine
β-Lg	β -Lactoglobuline
2-ME	2-mercaptoéthanol
PAGE	Electrophorèse sur gel de polyacrylamide

Liste des tableaux

N°	Titres	Page
I	Concentration minérale dans le lait de chamelle (Polzonetti et <i>al.</i> , 2020).	5
II	La teneur en vitamines du lait de chamelle (Barlowska et <i>al.</i> , 2011).	5
III	Composition du lait de différentes espèces (Al Hadj et Al-Kanhal, 2010).	6
IV	Profil des acides gras (% des acides gras totaux) et teneur en cholestérol dans le lait de différentes espèces% (Barlowska et <i>al.</i> , 2011).	6
V	Effet des facteurs de variations sur la teneur en protéines du lait (Stoll, 2003).	13
VI	Constantes physiques usuelles du lait de vache (Luquet, 1985).	14
VII	Composition minérales du lait de vache (Jeantet et <i>al.</i> , 2007).	18
VIII	Composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot et <i>al.</i> , 2002).	19
IX	Les domaines d'utilisation du lactosérum.	22
X	Les valeurs de pH du lait de vache et de chamelle.	35

Liste des figures

N°	Titres	Page
01	Structure de l' α -Lactalbumine (Bushmarina et <i>al.</i> , 2005).	8
02	Composition de la matière grasse du lait de vache (Bylund, 1995).	16
03	Pourcentage des différentes protéines du lait de vache (Cayot et Loreint, 1998 cités par vignola, 2002).	18
04	La structure d'un diholoside.	20
05	Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules (Bruchon, 2004).	25
06	Etapas suivies pour la séparation des protéines sériques du lait camelin et bovin.	30
07	Courbe étalon du dosage de protéines par la méthode de Biuret (Gornall et <i>al.</i> , 1949).	32
08	Profil électrophorétique des protéines du lactosérum en PAGE native de lait de vache et chamelle (PSB : protéines sériques bovin, PSC : proteines sériques camelin).	36
09	La solubilité des deux laits, camelin et bovin en fonction de pH.	37
10	La capacité moussante des deux laits, camelin et bovin en fonction du pH.	38
11	La stabilité moussante des deux laits, camelin et bovin en fonction de pH.	39
12	La capacité émulsifiante des deux laits, camelin et bovin en fonction de pH.	40

Résumé :

Le lait est considéré comme un aliment complet et équilibré du fait de sa richesse en plusieurs éléments nutritifs (protéines, lipides, sels minéraux, lactoses et vitamines). Notre étude a pour objectif : l'évaluation de pH sur les propriétés techno fonctionnelles du lait, et pour cela, nous a choisi deux espèces (chamelle, vache) qui sont considérées comme les plus exploitées dans la production laitière destinées à la consommation humaine dans notre pays.

Quelques caractéristiques physico-chimiques des deux laits ont été déterminé, tel que le pH et la concentration des protéines sériques. Nous avons trouvé que le pH du lait de chamelle (5,48) est inférieur à celui du lait de vache (6,8). La teneur en protéines sériques du lait de vache ($14,48 \pm 0,77\%$) est supérieur à celle des protéines sériques du lait de chamelle ($13,77 \pm 0,51\%$).

Nous avons caractérisé la fraction sérique des deux laits par électrophorèse, la PAGE native a révélé la présence des protéines majoritaires telles que l' α -Lac, la β -lg, et la BSA dans le lait de vache. Le profil électrophorétique des protéines sériques cameline montre la présence de l' α -Lac, la CSA et l'absence de la β -lg.

Nous avons aussi étudié l'effet du pH sur quelques propriétés techno-fonctionnelles tel que la solubilité, pouvoir moussant, et pouvoir émulsifiant. Nous avons remarqué que le pH influe sur ces propriétés. La solubilité dans le lait de vache est maximale à pH 3 ($65,27 \pm 2,30\%$), par contre dans le lait de chamelle elle est maximale à pH 6 ($50,96 \pm 1,65\%$). Le pouvoir moussant et émulsifiant de lactosérum camelin sont meilleurs par rapport au lait de vache.

Mots clés : Protéines sériques, lait de chamelle, lait de vache, propriétés techno-fonctionnelles.

Summary

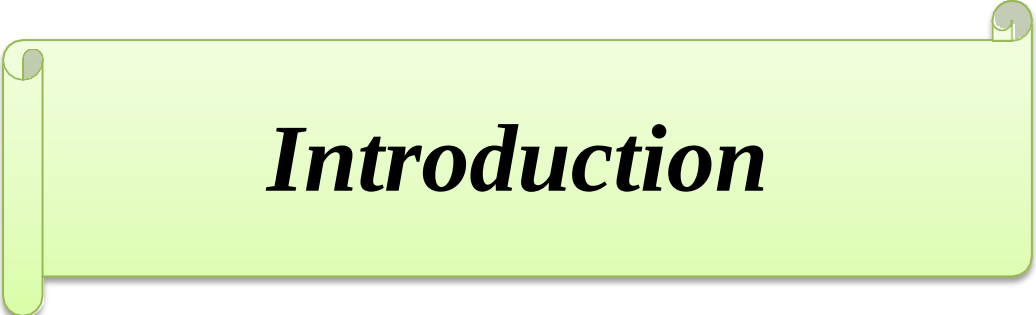
Milk is considered a complete and balanced food due to its richness in several nutrients (proteins, lipids, minerals, lactoses and vitamins). Our study aims to evaluate the pH on the techno-functional properties of milk, and for this, we chose two species (camel, cow) that are considered the most exploited in the milk production for human consumption in our country.

Some physicochemical characteristics of the two milks were determined, such as pH and serum protein concentration. We found that the pH of camel milk (5.48) is lower than that of cow's milk (6.8). The serum protein content of cow's milk ($14.48 \pm 0.77\%$) is higher than the serum protein of camel's milk ($13.77 \pm 0.51\%$).

We characterized the serum fraction of both milks, native PAGE showed that both milks have the same characteristics except that the major proteins such as α -Lac, β -lg, and BSA in cow milk, on the other hand camel milk noticed the absence of β -lg.

We also studied the effect of pH on some techno-functional properties such as solubility, foaming power, and emulsifying power. The solubility in cow milk is maximum at pH 3 ($65.27 \pm 2.30\%$), while in camel milk it is maximum at pH 6 ($50.96 \pm 1.65\%$). We also determined that camel milk has a better foaming and emulsifying power compared to cow milk.

Key words: Serum proteins, camel milk, cow milk, techno-functional properties.



Introduction

Le lait occupe une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme, de sa composition équilibrée en nutriments de base (protéines, glucides et lipides) et sa richesse en vitamines et en minéraux notamment en calcium alimentaire.

De nos jours, les besoins en lait sont de plus en plus importants vu ce produit peut être consommé à l'état frais, mais aussi sous forme pasteurisé, stérilisé ou transformé en produits dérivés.

En Algérie, comme dans d'autres pays en voie de développement, le lait est un aliment préféré par le consommateur et largement soutenu par les pouvoirs publics, vu sa richesse et son équilibre en éléments nutritifs d'une part et son coût d'autre part (Mouffok, 2007).

Le lait est un contributeur clé à l'amélioration de la nutrition et de la sécurité alimentaire, en particulier dans les pays en développement. La technologie laitière et la qualité du lait peuvent offrir la réduction de la pauvreté et de la malnutrition dans le monde (Hemme et Otte, 2010).

Sur le plan nutritionnel, lorsque le lait et les produits laitiers ne sont pas consommés à l'âge adulte, ils peuvent provoquer une déplétion osseuse dans le corps humain, pour obtenir le nécessaire de ce nutriment essentiel en doit consommer le lait et ses dérivés (Gamal, 1999).

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Amiot et *al.*, 2002).

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les nomades. Sa richesse en vitamine C constitue un apport nutritionnel important dans les régions arides où les fruits et les végétaux contenant cette vitamine sont rares (Siboukeur, 2007). Il est plus proche du lait de femme avec quelques différences du lait de vache (Lasmani, 1986). Sa qualité microbiologique est selon de nombreux auteurs irréprochable notamment si les conditions de la traite sont bonnes (Konuspayeva, 2007).

La présente étude a pour but de comparer les propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques de lait camelin et lait bovin. Pour la présentation de ce travail, nous avons donc retenu le plan suivant :

- Isolement des protéines sériques de lait camelin et bovin et contrôle électrophorétique en PAGE native ;
- Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques camelines et bovines.

***Synthèse des données
bibliographiques***

1.1 Aperçu sur le lait

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Lecoq, 1965; Mathieu, 1998; Pougheon et Goursaud, 2001).

1.2. Aperçu sur le dromadaire

Le chameau appartient à la famille des camélidés, représentée par le dromadaire ou *Camelus dromedarius* (ayant une seule bosse) et par le chameau à deux bosses *Camelus bactrianus* (Henri, 1987).

Le chameau est synonyme du nomadisme en milieu désertique. En effet, sur ces vastes territoires arides, il procure du lait, de la viande et de la laine. De plus, c'est le moyen de transport des biens et des personnes le mieux adapté pour ces parcours sablonneux et par moment escarpés, sous des conditions climatiques les plus défavorables.

Cet animal se rencontre principalement en Afrique et en Asie. Le cheptel mondial est estimé à 20 millions de têtes dont 18 millions de *Camelus dromedarius* et 2 millions de *Camelus bactrianus*.

1.3. Lait camelin

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les peuplades nomades où sa richesse en vitamine C constituant un apport nutritionnel important dans les régions arides où les fruits et les végétaux contenant cette vitamine sont rares (Siboukeur, 2007). Il ressemble un peu à celui de vache par sa composition physico-chimique et est plus proche de celui de femme par l'absence de la β lactoglobuline (Lasnami, 1986).

La valeur calorique du lait de chamelle (665 kcal / l) est similaire à celle du lait de vache (701 kcal / l) (Boussouar, 2017).

Le lait de chamelle comporte une teneur élevée en facteurs antibactériens (Lactoferrine, Lactopéroxydase et Lysozyme) ce qui confère à ce lait une capacité particulière à se conserver quelques jours à des températures relativement élevées (30°C) et 2 semaines à (7°C) (Haroun et al., 2009).

1.3.1. Les facteurs de variations de la production laitière

- **Type de l'alimentation**

La production de lait chez les deux espèces varie selon le régime alimentaire, l'alimentation reste le déterminant le plus important. De meilleures conditions d'alimentation (régime riche en fourrages verts contenant de la luzerne, du mélilot ou du chou) peuvent prolonger la lactation et augmenter la production de Lait (Ramet, 1993 ; Faye et al., 1995). De plus, la disponibilité de l'eau a peu d'effet sur ce rendement, ne diminuant que légèrement pendant les sécheresses (Farah, 1993; Yagil et *al.*, 1994).

- **Stade de lactation**

Le stade de lactation prédomine également. En effet, des fluctuations de la production laitière ont été observées entre le début et la fin de la lactation. La plupart du lait est produit au cours des 7 premiers mois et les périodes de lactation sont souvent très variables entre 8 et 18 mois (Siboukeur, 2007).

- **Fréquence de la traite**

La quantité et la qualité du lait évoluent avec la fréquence de la traite. Le passage de deux à trois traites par jour augmente la production journalière de 28,5%, et les quantités produites sont différentes d'une traite à l'autre. La traite du matin donne plus de lait, mais ce lait est pauvre en matière grasse et par conséquent plus dense que celui des deux autres traites (Kamoun, 1995).

- **La race**

La composition du lait est influencée essentiellement par les facteurs génétiques. À l'intérieur d'une même race, il existe des différences de production. Généralement, les races camelines asiatiques sont considérées comme meilleures races laitières que celles africaines (Ramet, 1993).

- **Les conditions climatiques**

La variabilité saisonnière du disponible fourrager, associée aux facteurs strictement climatiques (chaleur, aridité), joue évidemment sur les performances laitières de la chamelle. La différence selon la saison de mise bas des jeunes peut jouer sur plus de 50% de la production.

Les performances laitières sont plus faibles en fin de saison sèche qu'en saison de pluie et sur la composition du lait (Faye, 2004).

1.3.2. La production laitière

Le plus grand producteur mondial de lait de chamelle est le Kenya (1 165 210 t/an), suivi de la Somalie (958 221 t/an) (FAO, 2019). L'Algérie se classe au 12^{ème} rang avec une production estimée par la FAO (2019) de 14 784 t/an. Une partie importante de ce produit est consommée localement par la famille de l'éleveur ou par les petits chamelons.

Les chamelles apportent une contribution assez limitée à la production mondiale de lait, mais sont essentielles pour les populations des régions arides et semi-arides (Faye, 2003).

1.3.3. Caractéristiques du lait camelin

1.3.3.1 Caractéristiques organoleptiques

Le lait de chamelle est de couleur blanc mat, il a un goût un peu salé et d'un aspect plus visqueux, qui est de couleur jaunâtre. Ces caractéristiques et surtout le goût du lait de chamelle diffère selon l'alimentation des animaux et la disponibilité en eau. L'ingestion de fourrages comme la luzerne, donne un goût sucré, certaines plantes halophytes le rendent salé (Farah, 1993).

1.3.3.2. Caractéristiques physico-chimiques

Le pH du lait camelin se situe autour de $6,68 \pm 0,12$ il est peu acide par rapport à celui du lait bovin (6,8) (Ghennam et *al.*, 2007). Son point de congélation est entre -0,53 et -0,61 (Hassan et *al.*, 1987) et sa densité est de $1,028 \pm 0,002 \text{ g /cm}^3$, cette densité le rend moins visqueux que le lait de vache (Boussouar, 2017). Il présente une acidité titrable de l'ordre de 15,6 °D (Ghennam et *al.*, 2007).

1.3.4. Composition chimique et biochimique

Les laits ont des caractéristiques communes, ils sont composés : d'eau, de matière grasse, de lactose, de caséines et protéines sériques, de sels minéraux notamment de calcium, des vitamines. Mais leur composition varie, qualitativement et quantitativement, selon les espèces. Le lait camelin contient un taux plus élevé en vitamine C et B3, en fer et en potassium (Tableau I).

1.3.4.1. Minéraux et vitamines

La matière sèche du lait présente une fraction de cendres représentant les concentrations minérales les minéraux totaux de lait de chamelle varient entre 0,60 % et 0,90%. (Polidori et *al.*, 2020).

Le lait de chamelle est plus riche en minéraux (tableau I) et vitamines (tableau II).

Tableau I : Concentrations minérales dans le lait de chamelle (Polzonetti et *al.*, 2020).

Minéraux	Valeurs
Macroéléments (mg/100g)	
Calcium	114-116
Phosphore	87,4
Potassium	144-156
Magnésium	10,5-12,3
Sodium	59,0
Microéléments (µg /100 g)	
Zinc	530-590
Fer	230-290
Cuivre	140,0
Manganèse	80,0
Iode	n.d.
Sélénium	n.d.

n.d : non déterminé

Tableau II : Teneur en vitamines du lait de chamelle (Barłowska et *al.*, 2011).

Vitamines	Lait de chamelle
Vitamine A (µ g /100 g)	126
Vitamine D (µ g /100 g)	2,0
Vitamine B1 (mg /100 g)	0,05
Vitamine B2 (mg /100 g)	0,16
Vitamine B3 (mg /100 g)	0,08
Vitamine B5 (mg/100 g)	0,32
Vitamine B6 (mg/100 g)	0,04
Vitamine B8 (µ g /100 g)	5
Vitamine B9 (µ g /100 g)	2
Vitamine B12 (µ g /100 g)	0,36
Vitamine C (mg/100 g)	0,94

Le lait de chamelle contient une composition relativement similaire à celle du lait bovin (Tableau III).

Tableau III : Composition du lait de différentes espèces (%) (Al Haj et Al-Kanhal, 2010).

	Eau	Protéines	Matière Grasse	Cendres	Lactose
Chamelle	86-88	3,0-3,9	2,9-5,4	0,6-0,9	33-5,8
Vache	85-87	3,2-3,8	3,7-4,4	0,7-0,8	4,8-4,9
Chèvre	87-88	2,9-3,7	4,0-4,5	0,9-10	3,6-4,2
Brebis	79-82	5,6-6,7	6,9-8,6	0,8-0,9	4,3-4,8
Maternelle	88-89	1,1-1,3	3,3-4,7	0,2-0,3	6,8-7,0

1.3.4.2. Glucides

Chez tous les mammifères, le lactose est le principal glucide du lait. La teneur en lactose du lait de chamelle varie entre 2,40 et 5,80% (Konuspayeva et *al.*, 2009).

La variation peut être dû à une grande variété de plantes arides et de buissons salés disponible dans le désert (Soomro, 2005).

1.3.4.3. Matières grasses

Le lait de chamelle à une teneur plus élevée en acides gras à longue chaîne et, par conséquent, une quantité moindre d'acides gras à chaîne courte (Tableau IV) (Sharma, 2011).

Tableau IV : Profil des acides gras (% des acides gras totaux) et teneur en cholestérol dans le lait de différentes espèces % (Barłowska, 2011).

Acides gras	Chamelle	Vache	Chèvre	Mouton	Âne	Humain
APC (%)	4,0-69,9	55,7-72,8	59,9-73,7	57,5-74,6	46,7-67,7	39,4-45,0
AGMI (%)	28,1-31,1	22,7-30,3	21,8-35,9	23,0-39,1	15,3-35,0	33,2-45,1
AGPI (%)	1,8-11,1	2,4-6,3	2,6-5,6	2,5-7,3	14,2-30,5	8,1-19,1
ω6 /ω3	n.d.	2,1-3,7	4	1,0-3,8	0,9-6,1	7,4-8,1
ALC (%)	0,4-1,0	0,2-2,4	0,3-1,2	0,6-1,1	n.d.	0,2-1,1

AGMI : Acide gras mono insaturée

AGPI : Acide gras polyinsaturée

ω6/ω3 : Famille oméga 6 et oméga 3

APC : Acide gras saturé

ALC : Acide linoléique conjugué

1.3.4.4. Les protéines

Selon leur solubilité en milieu acide, ces protéines se répartissent comme pour les laits d'autres espèces, en deux fractions : les caséines précipitent à leur point isoélectrique se situant à 4,3 (Wangoh et *al.*, 1993) et les protéines sériques restent solubles dans cette zone de pH considérée.

- **Les caséines**

Les caséines sont des phosphoprotéines élaborées dans les cellules lactogènes mammaires. Le lait de dromadaire contient à peu près 1,63 à 2,76% des caséines qui représentent environ 52 à 87% des protéines totales (Mehaia et *al.*, 1995; Al Haj et *al.*, 2010).

La composition des caséines camelines en acides aminés est caractérisée par un faible taux en glycine et en cystéine et cette composition est identique à celle de leurs homologues bovins (Kappeler et *al.*, 1998).

- **Les protéines du lactosérum**

Le terme « protéines sériques » désigne les protéines du lait qui restent solubles après précipitation des caséines à pH isoélectrique (Farrell et *al.*, 2004). Ce sont des protéines globulaires diversifiées en structure et en propriétés (Dewi et Klarenbeek, 1984).

Les protéines sériques englobent une fraction protéique composée : l' α -Lactalbumine qui est la protéine majoritaire, β -Lactoglobuline, la sérum albumine, les immunoglobulines et les protéines mineures telles que la Lactoferrine, le Lysozyme, la Lactoperoxydase (Farrell et *al.*, 2004 ; Fillion, 2006).

L' α -Lac cameline est très riche en acides aminés essentiels notamment en cystéine (8 résidus) qui sont impliqués dans la formation de ponts disulfures (Farrell, 2008).

La structure secondaire de l' α -Lac cameline (Figure 01) est constituée de deux domaines : un large domaine en hélice α et un petit domaine en feuillets β (Permyakov et Beliner, 2000). Le domaine α est composé de trois hélices α majeures (résidus 5-11, 23-24, et 86-98) et de deux courtes hélices β (résidus 18-20, et 115-118). Le petit domaine est composé d'une série de boucles, d'un petit feuillet β antiparallèle à trois brins plissé (résidus 41-44, 47-50 et 55-56) et d'une courte hélice β . Globalement, la structure de l' α -Lac est stabilisée par quatre ponts disulfures, deux dans le domaine α (Cys28- Cys11, Cys6- Cys120), un dans le domaine β (Cys61- Cys77) et un pont qui connecte le domaine α et le domaine β , formant la boucle de liaison au Ca^{2+} . Cette dernière assure la stabilisation de la structure native de l' α Lac (Permyakov et Beliner, 2000).

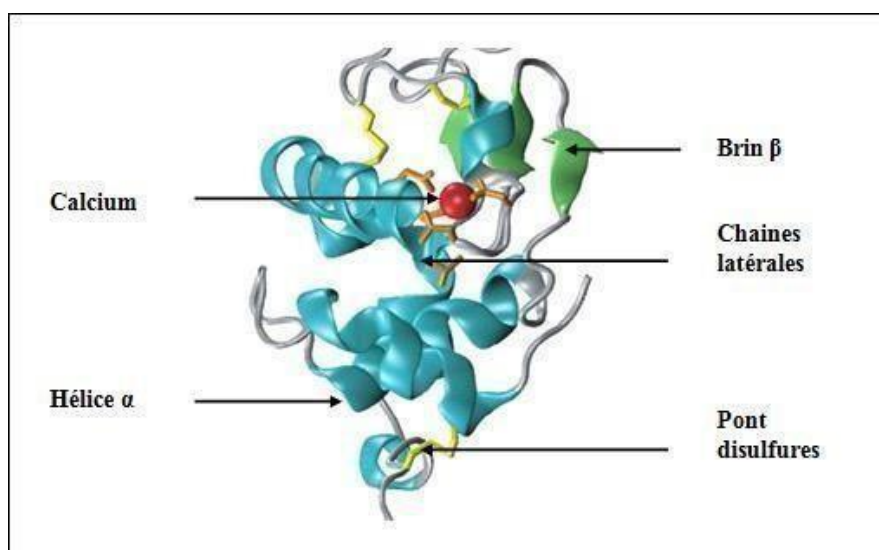


Figure 01: Structure de l' α Lactalbumine (Bushmarina et *al.*, 2005).

L' α -Lac est caractérisée par sa capacité à fixer des cations métallique (Zn^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Na^+ , Al^{3+}). Elle possède un seul site de liaison fort au calcium. Ce site est coordonné selon une structure pentagonale bipyramidale tordue par des ligands oxygénés provenant des groupes carboxyliques de trois résidus Asp (82, 87 et 88), de deux groupes carbonyles du squelette peptidique (79 et 84) et de deux atomes d'oxygène de la molécule d'eau dans une boucle entre deux hélices (Permyakov et Beliner, 2000).

1.3.5. Les protéines spécifiques au lait de chamelle

D'autres fractions protéiques ont été identifiées dans le lait de chamelle. La présence de ces protéines dans ce lait lui confère des vertus nutritionnelles supplémentaires par rapport aux autres types de lait.

- **La protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP)**

La protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP), protéine soluble qui a été identifiée chez les vertébrés et invertébrés (Liu et *al.*, 2000). Cependant cette protéine est détectée dans le lait de chamelle, mais pas dans le lait de vache (Mal et *al.*, 2010).

La PGRP présente une masse moléculaire de 19,1 kDa avec un pH isoélectrique de 9,02. Elle est constituée de 172 résidus d'acides aminés et elle est homologue à celle du lait humain.

Sa concentration dans le lait de chamelle est de 0,12 g/l ; La PGRP est riche en arginine mais pauvre en lysine (Kappeler et *al.*, 1998 ; Kappeler et *al.*, 2004).

Sur le plan fonctionnel, la PGRP manifeste une activité antimicrobienne importante. Elle inhibe la synthèse du peptidoglycane en se liant à ses précurseurs ou en limitant l'accès des enzymes catalyseurs de la biosynthèse de ce polymère à leurs substrats (Lu et *al.*, 2006). En outre, elle possède un effet apparent dans le cancer du sein en contrôlant la métastase et en stimulant la réponse immunitaire de l'organisme (Gizachew et *al.*, 2014).

- **La protéine acide du lactosérum (WAP)**

La (WAP) a été décrite pour la première fois par Beg et *al.*, (1984). C'est une protéine à caractère acide dont la concentration dans le lait de chamelle est de 0,16 g/l (Kappeler et *al.*, 2003). Elle a une masse moléculaire d'environ 12,6 kDa avec un pH isoélectrique de 4,70 et elle est composée de 117 acides aminés avec 17 groupements thiols libre (Kappeler et *al.*, 1998).

- **La protéine basique du lactosérum camelin (CWBP)**

C'est une protéine de 20 kDa, elle n'a pas d'homologue chez les autres espèces (Ochirkhuyag et *al.*, 1998) son pH isoélectrique est basique, il est de 9,3. L'analyse de la séquence primaire de la (CWBP) révèle sa richesse en résidus Gln, Arg et Gly (Ochirkhuyag et *al.*, 1998).

La CWBP est détectée par Hatmi et *al.* (2006) 48 heures après la mise-bas de la chamelle à un taux de 1,7 g/l, son taux augmente jusqu'à atteindre 3,1 g/l dans le lactosérum.

1.4. Aperçue sur le lait de vache

En Algérie il existe plusieurs races bovines qui sont : La race locale qui représente 48% de l'effectif national et assure 20% de la production laitière (Salhi, 2005). Alors que la race importée représente 9 à 10% et assurent environ 40% de la production totale de lait de vache (Nadjraoui, 2001). Il y a même des races améliorée ou mixtes qui représente 42 à 43% de l'ensemble du troupeau national, et assure 40% de la production (Debeche, 2006).

Selon la réglementation Algérienne, la dénomination (lait) est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis au traitement thermique (J.O.R.A, 1993).

Aboutayeb (2009). À définit le lait comme un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

1.5. Le lait bovin

Le lait de vache est un liquide biologique opaque blanc mat, plus au moins jaunâtre selon la teneur en matière grasse et en bêta carotène, d'odeur peut marquer et eu goût douceâtre, il est sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après l'naissance du jeune.

1.5.1. Les facteurs de variation de la qualité du lait de vache

La qualité du lait commence par la santé des animaux. L'éleveur, en contact quotidien avec son troupeau, connaît toutes ses vaches individuellement. Il tient un registre d'élevage qui détaille notamment leur « carnet de santé »: analyses, dépistages, vaccins, prescriptions...etc. Il est assisté par des vétérinaires. Au niveau national, c'est le réseau sanitaire bovin, mis en place par le Ministère de l'agriculture et de la pêche, qui assure la surveillance et le suivi des maladies bovines contagieuses (tuberculose, brucellose) (Schultz, 1990).

Le lait collecté et mis à la vente provient ainsi exclusivement de vaches en bonne santé. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (Stoll, 2003): L'espèce de l'animal laitier, la race, l'âge et l'alimentation, ainsi que le stade de lactation, la parité (nombre de parturitions), le système d'exploitation, l'environnement physique et la saison influencent la couleur, la saveur et la composition du lait et permettent de produire une variété de produits laitiers (tableau V).

• Age

La quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème}, le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer (Veisseyre, 1979).

Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (Boukhelifa, 2019).

D'une manière générale, plus la mammite n'est grave et plus la composition du lait se rapproche du plasma sanguin. La mamelle lésée se comporte comme un organe d'élimination : il y a donc une diminution des molécules élaborées (lactose, caséines, lipides) et une augmentation des molécules filtrées (protéines solubles : immunoglobulines et albumines sériques, matières minérales) (Stoll, 2003).

• Facteurs génétiques

Jakob et *al.* (2004) ont rapporté l'existence de variantes génétiques A et B issues des mutations ponctuelles. Ces dernières donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variantes génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ (κ -CN) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches.

• Colostrum

Le Colostrum est liquide jaunâtre, épais et visqueux, à réaction acide présent dans la mamelle quelques jours avant et après le vêlage. Ce colostrum est très riche en protéines solubles, les immunoglobulines, qui proviennent pour moitié du sang de la vache et pour l'autre d'une synthèse locale dans la mamelle (Guiraud, 2003).

Les immunoglobulines ont un rôle protecteur contre les bactéries (coliformes...) et virus. La concentration en immunoglobulines atteint son maximum quelques jours avant l'élevage. Elle décroît très rapidement au fil des traite. La proportion des caséines est faible bien que leur quantité soit supérieure à celle du lait. Ses concentrations en azote et en matières grasses passent respectivement de la première traite au 10^e jour de 160g/l à 35g/l et de 50g/l à 39g/l (Guiraud, 2003).

- **Stade de lactation**

La quantité de matières grasses diminue jusqu'au pic de lactation puis augmente par la suite à raison de 0,05% par mois. La plupart des études rapportent une diminution du taux protéique au cours des premiers jours de lactation avec une concentration minimale au moment du pic de production puis une augmentation constante jusqu'au moment du tarissement (Coulon et *al.*, 1991).

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. C'est à dire une augmentation du comptage leucocytaire, l'apparition d'un goût de rance, une augmentation du taux de protéines solubles, une diminution des caséines et donc du rendement fromager et augmentation de la teneur en chlorures (goût salé). En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (Meyer et *al.*, 1999).

- **Alimentation**

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments) (Boukhelifa, 2019).

Dans les conditions pratiques l'ensilage de maïs permet de produire un lait plus riche en matières grasses (de 3 à 4g par kg) et en protéines (de 1 à 2g par kg). La teneur en protéine varie moins que la teneur en matières grasses et se trouve plus difficilement modifiée par le régime alimentaire. À l'inverse des facteurs environnementaux qui tendent à avoir des effets semblables sur les taux de matières grasses et de protéines, la plupart des facteurs alimentaires sont des effets inverses sur les taux de matières grasses et protéines, c'est-à-dire que l'accroissement de la teneur en matières grasses entraîne une diminution de la teneur en protéines et vice versa (Coulon et *al.*, 1991).

- **Saison et climat**

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (Coulon et *al.*, 1991). L'effet global se traduit par : Une production maximale au printemps et minimale en été selon l'influence de la saison de vêlage. Une teneur en matières grasses minimale à fin du printemps et maximale en automne. Une teneur en calcium

minimale en été et maximal au printemps (Keiling et *al.*, 1985).

Tableau V : Effet des facteurs de variation sur la teneur en protéines du lait (Stoll, 2003).

Stade de lactation	Diminution de la teneur en protéines pendant les deux premiers mois de la lactation, suivie d'une augmentation.
Age de la vache	La teneur en protéines décroît avec l'âge.
Saison	La teneur en protéines est généralement plus basse en été et plus élevée en hiver.
La race de la vache	La teneur en protéine varie d'une race à une autre.
L'alimentation	Augmentation en cas d'alimentation riche en Maïs.
Mammites	La teneur en protéines décroît lorsque la vache souffre de mammites.

1.5.2. La production laitière

La production laitière nationale ne couvre actuellement que 38% des besoins usuels (Madr, 2009). Les besoins algériens en lait et produits laitiers sont très importants (une consommation moyenne de 120 L/an /habitant) (Kacimi El Hassani, 2013).

Le déficit de la production laitière est essentiellement dû à cause du mauvais régime alimentaire du cheptel, que ce soit la quantité ou la qualité, cette situation indique qu'il est extrêmement urgent d'inverser les tendances pour améliorer la sécurité alimentaire par la mobilisation des moyens d'accroissement de la production nationale de lait cru et de son taux d'intégration dans le circuit d'approvisionnement de l'industrie laitière et du marché de consommation (Benyoucef, 2005).

1.5.3. Les caractéristiques physico-chimiques

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants. De point de vue physique, le lait présente une hétérogénéité, puisque certains composants sont dominants de point de vue quantitatif, ce sont l'eau, la matière grasse, les protéines et le lactose; les composants mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes et les vitamines. Les propriétés physiques comme la densité absolue, la viscosité, la tension superficielle et la chaleur spécifique dépendent de l'ensemble des constituants (Mathieu, 1999) (Tableau VI).

Tableau VI : Constantes physiques usuelles du lait de vache (Luquet, 1985).

Constantes physiques	Valeurs
pH (20°C)	6,5 à 6,7
Acidité titrable (D°)	15 à 18
Densité	1,028 à 1,036
Température de congélation (°C)	(-0,51) à (-0,55)
Point d'ébullition (°C)	100,5

- **La masse volumique**

Le lait contient différents éléments dispersés (micro-organismes, globules gras, micelles de caséines) qui peuvent être séparés selon leur masse volumique. Selon Guiraud, (2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogramme par litre, est une propriété physique qui varie selon la température puisque le volume d'une solution varie selon la température (Vignola, 2002).

- **La densité**

La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante, elle varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse (Alais, 1984). D'après Vignola (2002), la densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Vierling, 2008).

- **Point de congélation**

Neville et Jensen, (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

- **Point d'ébullition**

D'après Amiot et al., (2002), le point d'ébullition est la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100°C.

- **Acidité du lait**

L'acidité du lait est une notion importante pour l'industrie laitière. Elle permet de juger l'état de conservation du lait. Elle est exprimée en degré Dornic (°D), ce dernier exprime la teneur en acide lactique soit $1^{\circ} D = 0,1 \text{ g d'acide lactique}$. L'acidité titrable est comprise entre $15^{\circ}D$ et $18^{\circ}D$ (Alais, 1984). Elle varie entre 0,13 et 0,17% d'équivalent d'acide lactique (Vignola, 2002).

1.5.4. Les caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques du lait basé sur quatre critères : l'odeur, couleur, saveur, et la viscosité. En réalité le lait n'a pas d'odeur c'est la matière grasse présent qui fixe des odeurs animales. Ces odeurs sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation ou à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette (Vierling, 2003).

Le lait de vache est de couleur blanc mat, il est dépourvu de carotène (la femelle transforme le β -carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait). Deux composants sont présents dans le lait : les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines (Jandal, 1996), avec une saveur légèrement sucrée.

1.5.5. Composition chimique et biochimique

Franworth et Mainville (2010) évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes. Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon Pougheon et Goursaud (2001) sont :

- L'eau, très majoritaire.
- Les glucides principalement représentés par le lactose.
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras.
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire.
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles.
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

1.5.5.1. Matières grasses

Jeant et *al.* (2008) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de $0,1\mu\text{m}$ à $10\mu\text{m}$ et est essentiellement constituée de

triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (150 différents).
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes.
- Une teneur élevée en acide oléique (C18 : 1) et palmitique (C16 : 0).
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18 : 0).

La figure 02 représente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérebrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (Bylund, 1995).

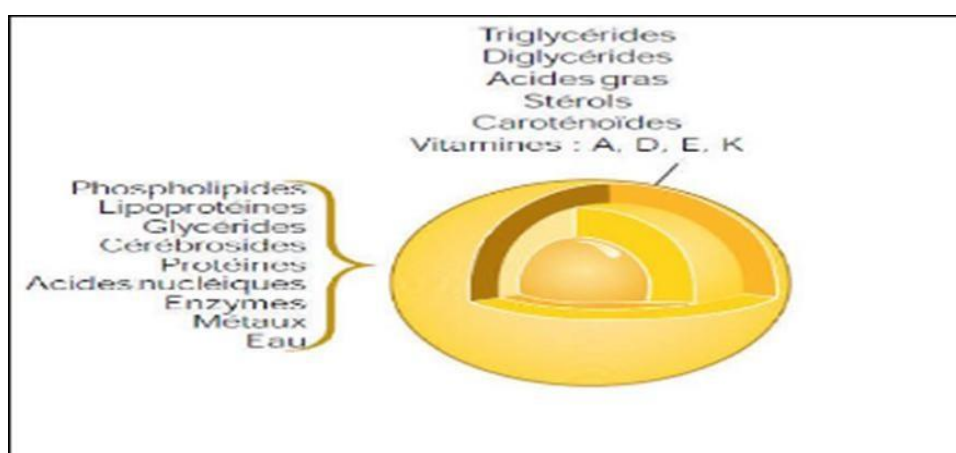


Figure 02 : Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995).

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 : 2 et acide linolénique C18 : 3) par rapport au lait de femme (1,6% contre 8,5% en moyenne) (Jeantet et *al.*, 2008).

1.5.5.2. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (Amiot et *al.*, 2002). Les protéines du lait sont classées en deux catégories selon leur solubilité dans l'eau et leur stabilité. Ainsi, on distingue d'un côté les différentes caséines qui sont en suspension colloïdale dans la phase aqueuse du lait et les protéines du lactosérum dites protéines solubles ou protéines du petit lait. Les caséines sont celles qui sont impliquées dans le processus de gélification du lait (Bonfatti et *al.*, 2010 ; Ilboudo et *al.*, 2012)

- **Les caséines**

Les caséines forment près de 80% de toutes les protéines du lait. Elles se regroupent sous forme sphérique appelée micelle. Les micelles de protéine sont constituées de 92% de protéines et de 8% de minéraux. - La caséine α S1 est la protéine la plus abondante du lait puisqu'elle représente environ 40% des caséines. - La caséine α S2 représente environ 10% des caséines. - La caséine β est une protéine qui constitue environ 35% des caséines. - La caséine K ne représente qu'environ 12% des caséines.

- **Les protéines de sérum**

Les protéines de sérum, qui représentent environ 20% des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine ; les autres protéines du sérum sont les immunoglobulines, le sérum albumine bovine (SBA) et la lactoferrine.

- **β -lactoglobuline**

β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle représente environ 55%. Son point isoélectrique est de 5,1. La lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques.

- **α -lactalbumine**

α -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques. Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globuline (Structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (Vignola, 2002).

- **Immunoglobulines**

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont des protéines du sérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

- **Sérum albumine bovine (SBA)**

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant une seule variante génétique est identique au sérum albumine sanguin (Vignola, 2002) (Figure 03).

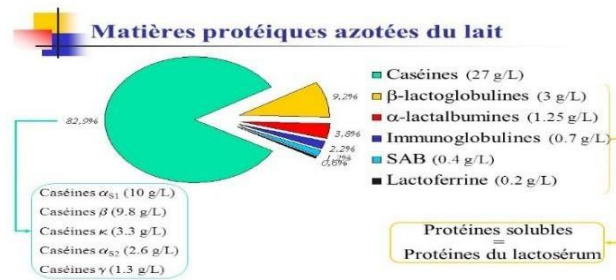


Figure 03 : Pourcentage des différentes protéines du lait (Cayot et Lorient, 1998 cités par Vignola, 2002).

1.5.5.3. Les minéraux

Selon Gaucheron (2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. La composition minérale du lait de vache est représentée dans le tableau VII.

Tableau VII : Composition minérale du lait de vache (Jeantet et *al.*, 2007)

Elément minéraux	Concentration (mg. Kg)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

1.5.5.4. Vitamines

Selon Vignola (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (Tableau VIII).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (Jeantet et *al.*, 2008).

Tableau VIII : Composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot et *al.*, 2002).

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5µg/100ml

1.5.5.5. Glucides

Le principal glucide du lait est le lactose qu'est synthétisé dans le pis à partir du glucose et du galactose. Bien que le lactose soit un sucre, il n'a pas une saveur douce (Brule, 1987). Le lactose est le constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Mathieu, 1999). Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Le Lactose est un sucre spécifique du lait (Hoden et Coulon, 1991).

1.6. Lactosérum

Le lactosérum est un sous-produit de la fabrication fromagère, est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure, ou suivant l'acidification du lait (lactosérum acide) (Morr, 1989). La production de 10-20 Kg de fromage donne 80 à 90 Kg de lactosérum (Ilker et *al.*, 2006). Le lactosérum est C'est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/L) et riche en élément nutritif (Muller et *al.*, 2003). C'est produit intéressant par ses teneurs en protéines riches en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane), en lactose et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B comme la thiamine et la riboflavine (Veisseyre, 1975). Il représente essentiellement une source d'énergie et de carbone de part, et sa teneur élevée (75% de la matière sèche) en lactose (Kennedy et Cabral, 1985). D'autres éléments de valeur s'y retrouvent, dont les protéines (10% de la matière sèche), le calcium (0,45% de la matière sèche

, le phosphore (0,40% de la matière sèche), et les vitamines hydrosolubles, sont les plus importants (Modler, 1988).

1.6.1. La composition du lactosérum

Selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (donc la saison, la race des animaux, le type d'alimentation, etc.), la composition du lactosérum peut varier sensiblement (Bergel et *al.*, 2004), le lactosérum riche en protéines, en minéraux et en sucre qui est la source d'énergie.

1.6.1.1 . Lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de α ou β - D- glucose et d'une molécule de β -D-galactose, ce qui est à l'origine de la présence de deux lactoses stéréo-isomères réducteurs (Luquet et François, 1990).

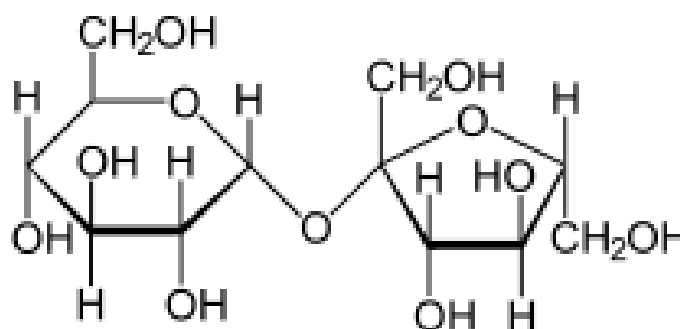


Figure 04 : La structure d'un diholoside

1.6.1.2 Protéines du lactosérum

Deux grandes familles de protéines entrent dans la composition du lait à savoir, la première famille est constituée de caséines qui représentent environ 80% des protéines totales du lait et la seconde est composée des protéines solubles constituées essentiellement de β -lactoglobuline (β -Lg), α -lactalbumine (α -Lac), l'albumine sérique bovine (BSA), les immunoglobulines (Ig) et les protéases peptones (De Wit, 1981 ; De Wit et Hontelez, 1981 ; De Wit, 1989).

- **β -lactoglobuline (β -Lg)**

La β -lactoglobuline (β -Lg) est la plus abondante des protéines du lactosérum, elle représente environ 2 à 4 g/L, ce qui correspond à 50% des protéines totales du lactosérum (Eugenia et *al.*, 2006 ; Roufik et *al.*, 2007). Il s'agit d'une protéine globulaire de structure compacte, composée de 162 résidus d'acides aminés et dont la masse moléculaire relative est de 18,3 kDa. Jusqu'à présent 9 variants génétiques ont été identifiés dans cette protéine (Uchida et *al.*, 1996 ; Roufik et *al.*, 2007 ; Eugenia et *al.*, 2006).

- **α - Lactalbumine (α -Lac)**

L' α -lactalbumine est une protéine globulaire de structure primaire avec 47 résidus d'acides aminés identiques sur 123, avec une concentration de 1 à 1,5 g/L de lactosérum (environ 20% des protéines totales de lactosérum) (Cheftel et *al.*, 1985). Cette protéine intervient comme cofacteur dans la biosynthèse du lactose, à partir du galactose et du glucose (De Wit, 1989 ; Brew et Grobler, 1992 ; Creamer et Mac Gibbon, 1996 ; De Wit, 1998).

- **Sérum albumine bovine (BSA)**

Sérum albumine bovine représente 0,1 à 0,4 g/L des protéines de lait, elle est constituée de 582 acides aminés. Les liaisons des acides gras stabilisent la molécule de protéine contre la dénaturation par la chaleur. Elle est soluble jusqu'à 35% à température de 3°C (Morr et *al.*, 1993).

- **Immunoglobuline (Ig)**

L'immunoglobuline se réfère à une famille hétérogène des glycoprotéines, ayant une activité d'anticorps (Eigel et *al.*, 1984). L'immunoglobuline se compose de quatre classes : IgG1, IgG2, IgA, IgM, et IgE. Ceux-ci ont été identifiés dans le lait. Ces protéines sont des monomères de deux chaînes polypeptides de 20 kDa et deux chaînes polypeptides de 50 à 70 kDa qui sont liées par des ponts disulfures (Brunner, 1977). Le lait de vache contient 0,6 à 1,0 g/L d'immunoglobuline, 80% c'est IgG. Cette protéine est caractérisée par un plus haut dévoilement thermique que l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline (Eigel et *al.*, 1984).

1.6.2 Utilisations du lactosérum

Le lactosérum est utilisé dans différents domaines, parmi ces domaines : en alimentation humaine, alimentation animale, dans la biotechnologie...etc.

Tableau IX : Les domaines d'utilisation du lactosérum

L'alimentation animale	Le veau	L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide est bien toléré par le veau, après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110kg (Luquet et Boudier, 1984).
L'alimentation humaine	Industrie de boisson	Les boissons à base de lactosérum ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréables à boire (Nelson et Coll., 1978).

Synthèse des données Bibliographiques

	Industrie laitière	La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers (Luquet et Boudier, 1984).
	Dans la confiserie	Le lactosérum a d'importantes utilisations dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins couteux des produits laitiers utilisables du fait de ses importances teneur en eau (Vrignaud, 1983).
	En boulangerie	La combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables (contre le rancissement). Amélioration du gout et l'arôme du pain, amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration, pâte plus tendre et augmentation du rendement (Apria, 1980).
	Dans les glaces et crèmes glacées	La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé. Lactosérum peut acide remplacer une partie du sucre pour fabrication des sorbets de bonne qualité (Apria, 1973).
Biotechnologie	Substrat de fermentation	Vu sa composition le lactosérum est choisi comme un milieu de culture pour les microorganismes (levure), qui dégradent le lactose (Anonyme, 2002).

1.8. Propriétés techno-fonctionnelles des protéines

Les propriétés fonctionnelles sont définies comme l'ensemble des propriétés physiques et chimiques affectant le comportement des protéines dans une formulation lors de la production, l'entreposage et la consommation de produits alimentaires (Kilara, 1984). La connaissance des propriétés fonctionnelles d'un ingrédient permet d'améliorer les procédés de fabrication des aliments car elle donne accès à son domaine d'utilisation et permet de prévoir ses principaux effets dans une formulation. En général, les propriétés techno-fonctionnelles des protéines sont classées en trois groupes, selon les interactions mises en jeu :

- **Les propriétés d'hydratation**, comme la solubilité ou la rétention d'eau, dépendent des interactions protéines-eau ;
- **Les propriétés de surface** régissent les interactions protéines-lipides et protéines-air, en particulier les pouvoirs moussant et émulsifiant ;
- **Les propriétés de texturation**, comme la gélification ou la coagulation, dépendent des interactions protéines-protéines.

Ces propriétés font principalement intervenir les liaisons chimiques suivantes: les liaisons « hydrogène », les interactions électrostatiques, les interactions hydrophobes, les liaisons covalentes (pont disulfures).

1.7.1. La solubilité

La solubilité d'une protéine est un paramètre thermodynamique défini comme la concentration de protéines dans une solution. La solubilité des protéines est une propriété physico-chimique qui est liée à d'autres propriétés fonctionnelles. La connaissance de cette propriété peut fournir des informations utiles sur l'utilisation potentielle des protéines et leur fonctionnalité, notamment dans les mousses, les émulsions et les gels (Zayas, 1997).

La solubilité des protéines dépend :

- Des interactions polaires avec le solvant aqueux ;
- Des interactions ioniques avec les sels en solution ;
- Des forces électrostatiques répulsives entre molécules ou agrégats de charge similaire.

1.7.1.1. Les facteurs influençant sur la solubilité

La solubilité des protéines est influencée par le pH, la température, la force ionique et les solvants organiques.

-Le pH : Le pH est le facteur déterminant la solubilité des protéines. Au voisinage du point isoélectrique (Pi), les protéines ont une charge nette nulle par suite d'un maximum d'attractions électrostatiques entre les protéines ce qui favorise le relargage donc la solubilité est minimale. Les interactions protéine-eau augmentent à des valeurs de pH supérieure ou inférieures au Pi parce que les protéines portent une charge positive ou négative. A des valeurs de pH peu éloigné du Pi, les interactions protéine- eau sont minimales (Zayas, 1997).

-La température : La solubilité des protéines augmentées avec une température comprise entre 40 et 50°C. Une élévation plus forte de la température diminue la solubilité des protéines suite à la dénaturation de leur structure secondaire, favorisant les interactions hydrophobes entre les protéines (Mine, 1995).

- La force ionique : L'effet des sels neutres sur la solubilité des protéines dépend de la force ionique de la solution, c'est-à-dire de la concentration et de la charge des ions :

- **Force ionique faible (salting in) :** à des concentrations en sels inférieurs 1M, la solubilité des protéines augmente (interaction protéine-eau).
- **Force ionique élevée (salting out) :** à des concentrations en sels supérieurs 1M, la solubilité des protéines diminue (interaction protéine-protéine) (Li et Xiong, 2020).

1.7.2. Le pouvoir moussant

Une mousse est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi-solide ; il s'agit donc dans le cas le plus simple d'un système biphasique avec un mélange de deux phases non-miscibles (Bouquelet, 2008).

Les mousses sont constituées par trois phases ; la phase continue qui est formée de liquide, dans laquelle une deuxième phase importante est dispersée formée par les bulles de gaz, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse. Ces deux phases sont séparées par un espace appelé la phase inter faciale qui forme une barrière entre les bulles de gaz (Gonzalez et *al.*, 2004).

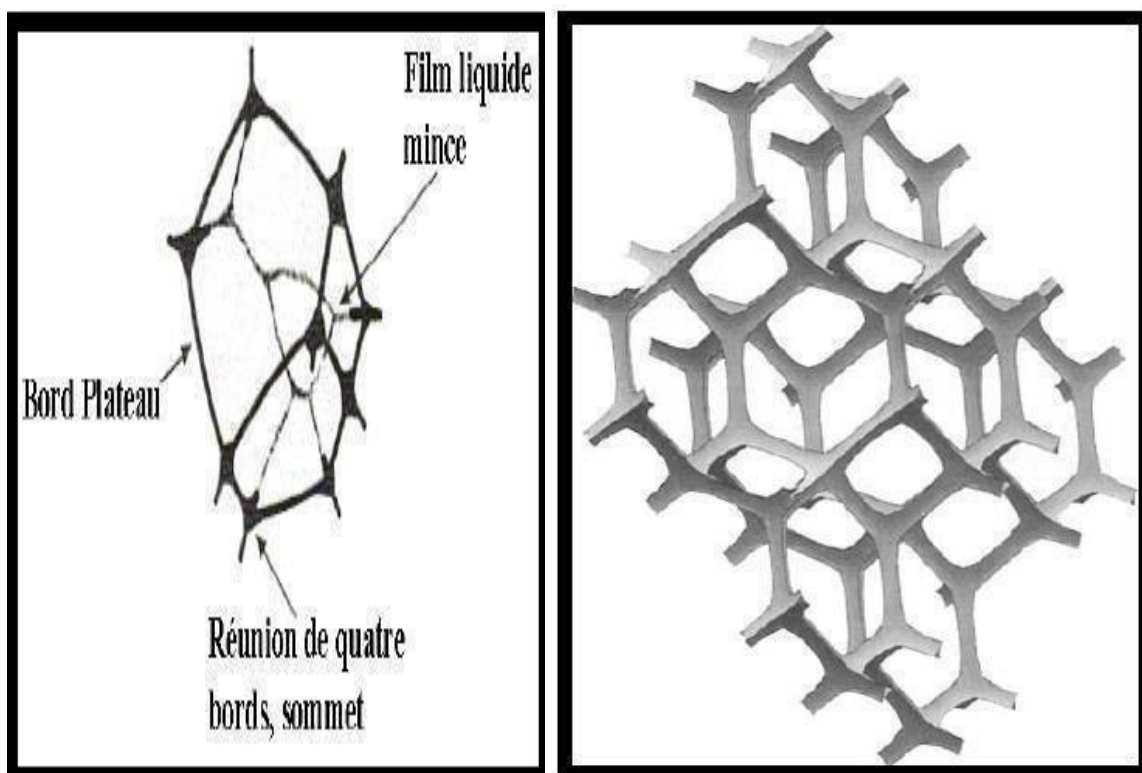


Figure05 : Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules : bulles de gaz entourées par du liquide (structure à gauche représente une cellule et la structure à droite représente agencement de cellules) (Bruchon, 2004).

Les mousses sont classées selon leur stabilité en deux classes :

- Les mousses éphémères : sont des mousses instables dont la durée de vie est de quelques secondes.
- Les mousses permanentes : sont des mousses métastables dont la durée de vie est de quelques jours.

La stabilité de ces deux types dépend de la forme des bulles. La forme polyédrique stabilise la mousse, dont le rapport gaz sur liquide est si élevé, forme une structure de nid de l'abeille. A l'inverse des bulles sphériques, la quantité de gaz est suffisamment faible pour que les bulles conservent une taille stable (Gonzalez et *al.*, 2004).

Les mousses sont caractérisées par plusieurs paramètres :

- Variabilité des dimensions des bulles qui dépend de la composition du liquide et du mode d'obtention de la mousse ;
- Le volume de la mousse est mesuré suivant la hauteur, ce paramètre dépend de la nature et de la composition de liquide ;
- La densité appelée aussi le rapport de liquide au gaz ;
- L'écoulement est le rapport de la quantité finale et la quantité initiale du liquide dans la mousse (Chitour, 2004).
- Le fouettage et le bullage parmi les méthodes utilisées pour former des mousses. Le fouettage utilise plusieurs dispositifs comme l'agitateur et le mélangeur de cuisine, elle s'agitent vigoureusement un liquide et son interface avec une phase gazeuse. Le bullage permet l'introduction de l'air dans le liquide sous forme de fines bulles à travers une buse ou un verre fritté (Ganesan et Ning, 2017).

La stabilité des mousses est liée à la surface interfaciale et la solubilité de la protéine dans le liquide. Plus le film protéique à l'interface gaz/liquide est plus épais, cohésif, élastique, continu et imperméable au gaz plus la stabilisation est grande et plus la protéine est soluble dans le liquide plus la capacité moussante est bonne (Bouquelet, 2008).

L'instabilité des mousses est due à plusieurs mécanismes tel que :

- ✚ **Le drainage de la mousse** : c'est l'écoulement du liquide du film mince vers la frontière de plateau ;
- ✚ **Le crémage** : C'est le déplacement des bulles vers le haut, lorsque la densité des bulles dans la mousse est beaucoup plus faible que la densité de milieu de suspension ;
- ✚ **La floculation** : c'est la collision entre les petites bulles d'air suite à un mouvement brownien. Cette collision est le résultat des interactions électrostatiques et stériques répulsives qui entraînent une barrière énergétique entre deux bulles (Ganesan et Ning, 2017).

1.7.2.1. Les facteurs influençant la formation et la stabilité de la mousse

De nombreux facteurs influencent à la fois la formation et la stabilité de la mousse.

✚ **Activité de surface des protéines** : C'est un facteur qui influence fortement la formation et la stabilisation des mousses. Les protéines ont la capacité d'abaisser la tension de surface. Le pouvoir moussant dépend de la valeur à l'équilibre de la tension de surface et de réarrangement des protéines à l'interface. Les

protéines qui migrent rapidement aux interfaces présentent un pouvoir moussant très important. Cette vitesse de migration dépend de la taille, la flexibilité et de l'hydrophobicité de ces macromolécules (Cuvelier et Michon, 2003).

✚ **La solubilité des protéines** : Les composés insolubles peuvent jouer un rôle bénéfique sur la stabilisation des mousses par leur effet sur la viscosité de surface (Cheftel et *al.*, 1985).

✚ **Le pH** : Il joue un rôle clé, même si la stabilité de la mousse est optimale, la formation d'une mousse est difficile à pHi (Thakur et *al.*, 2003)

✚ **La concentration en protéines** : La concentration nécessaire pour la stabilité de la mousse est comprise entre 2-8% (Halling, 1981)

✚ **L'intensité du battage** : La vitesse d'agitation élevée favorise la formation d'une mousse. Une agitation trop intense peut favoriser la renaissance des bulles (Halling, 1981). Le diamètre des bulles peut être diminué faiblement avec une vitesse d'agitation de 200 à 1000 rmp (Thakur et *al.*, 2003).

1.7.3 Le pouvoir émulsifiant

Une émulsion est une dispersion colloïdale de gouttelettes de liquide dans une phase continue dans laquelle elles sont immiscibles.

Deux types d'émulsions sont possibles, les premières sont constituées d'une phase dispersée dans une phase continue, et sont de type « huile-dans-eau ». Dans la seconde, lorsque l'eau est la phase dispersée et l'huile la phase continue, l'émulsion est appelée « eau- dans- huile ». Dans la plupart des cas, le diamètre des gouttelettes est compris entre 0,1 et 50 μm .

Le processus de formation d'une émulsion s'appelle l'émulsification. L'émulsification consiste donc à transformer un système à deux phases séparées en un système homogène caractérisé par une troisième phase inter faciale formée d'un ou de plusieurs agents émulsifiants (Dickinson et Tanai, 1992 ; Mc Clements, 1999 ; Bouquelet, 2008).

L'émulsifiant s'agit de petites molécules amphiphiles qui possèdent une partie hydrophile et une partie lipophile appelée tension actif (Duchesne, 2002 ; Portier, 2008). Son rôle est de stabiliser le système dispersé en diminuant la tension inter faciale en s'adsorbant à l'interface liquide-liquide (Dickinson, 1998).

1.7.3.1. Facteurs influençant l'émulsification

- ✚ **La stabilité** : La stabilité d'une émulsion maintenue par des protéines est influencée par le pH. Lorsque la protéine est à son point isoélectrique, la solubilité de la protéine est minimale, donc la capacité émulsifiante de la protéine diminue. En effet, une bonne solubilité facilite la diffusion de la protéine dans la phase aqueuse vers l'interface huile-eau (Dickinson, 1992). Cependant, la β -lactoglobuline native fait exception à cette règle puisqu'elle est soluble à tous les pH (Klemaszewski et *al.*, 1992).
- ✚ **La force ionique** : L'ajout de NaCl, même à faible concentration ($5 \times 10^{-3} \text{M}$), conduit à une augmentation du diamètre des gouttes d'huile lors de la formation de l'émulsion (Destrib, 2010). Cela est dû à la solubilité maximale des protéines de l'interface huile-eau en présence de sel à des concentrations inférieures à 1M par un effet salting-in. Cependant, des fortes concentrations en sel au-delà de 1M, la solubilité des protéines est minimale par effet salting-out, donc la capacité émulsifiante est minimale.
- ✚ **La température** : La formation des émulsions est influencée par la température. Les températures élevées favorisent les interactions hydrophobes des protéines adsorbées à l'interface avec les autres protéines adsorbées sur les autres gouttelettes. Dans ce cas, le phénomène de floculation est maximal (Dalglish, 1996 ; Monohon et *al.*, 1996). Les températures de réfrigération diminuent la stabilité de l'émulsion par la diminution des interactions hydrophobes entre les protéines adsorbées à l'interface, favorisant la coalescence des gouttelettes d'huile (Mongino, 1994).



Partie Expérimentale

Le présent travail a été réalisé au niveau de laboratoire de Biochimie, département de Biochimie-Microbiologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2.1 Matériel

2.1.1. Laits

Le lait de chamelle provient d'un troupeau de chameaux sains (*Camelus dromedarius*) de la population Sahraoui vivant en élevage extensif dans des parcours naturels de la région de Tindouf Algérien. Il est recueilli proprement dans une bouteille de 1 L, puis acheminé au laboratoire dans une glacière.

Le lait bovin provient d'un troupeau de vaches saines (ferme d'élevage de Hennia Draa El Mizane, Tizi Ouzou, Algérie). Il est recueilli dans une bouteille de 1 L, puis acheminé au laboratoire dans une glacière.

2.1.2. Produits chimiques

- ✚ Produits d'électrophorèse : acrylamide, N, N-méthylène-bis-acrylamide, dodécylsulfate de sodium (SDS), N, N, N', N'-tétra méthyl éthylène diamine (TEMED,) tris- hydroxy- méthyl-aminomethane, glycine, 2-Mercaptoéthanol, persulfate d'ammonium, bleu de bromophénol, bleu de Coomassie.
- ✚ Autres produits : acide chlorhydrique, acide acétique, glycérol, méthanol, réactif de Gornall, 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle...etc.

2.1.3. Appareillage

- ✚ Unité d'électrophorèse en mini-cuves (HOEFFER SE 260) composée de : couleur de gel, cuves d'électrophorèse, générateur de courant (max250V, 100mA), plaques en verre et en hydroxyde d'alumine (10×12 cm), espaceurs de 1mm d'épaisseur.
- ✚ Agitateurs magnétiques ;
- ✚ Balance de précision (0,01mg) (OHAUS, USA) et balance analytique (0,01g)
- ✚ ;Centrifugeuse réfrigérée (SIGMA) ;
- ✚ Lyophilisateur (Telstar, LyoQuest) ;
- ✚ pH-mètre (HANNA) ;
- ✚ Spectrophotomètre UV-Visible (SHIMADZU).

2.2. Méthodes

2.2.1 Isolement des protéines lactosériques totales

Les protéines sériques camelines et bovines sont séparées à partir du lait entier suivant les étapes illustrées par la figure 06.

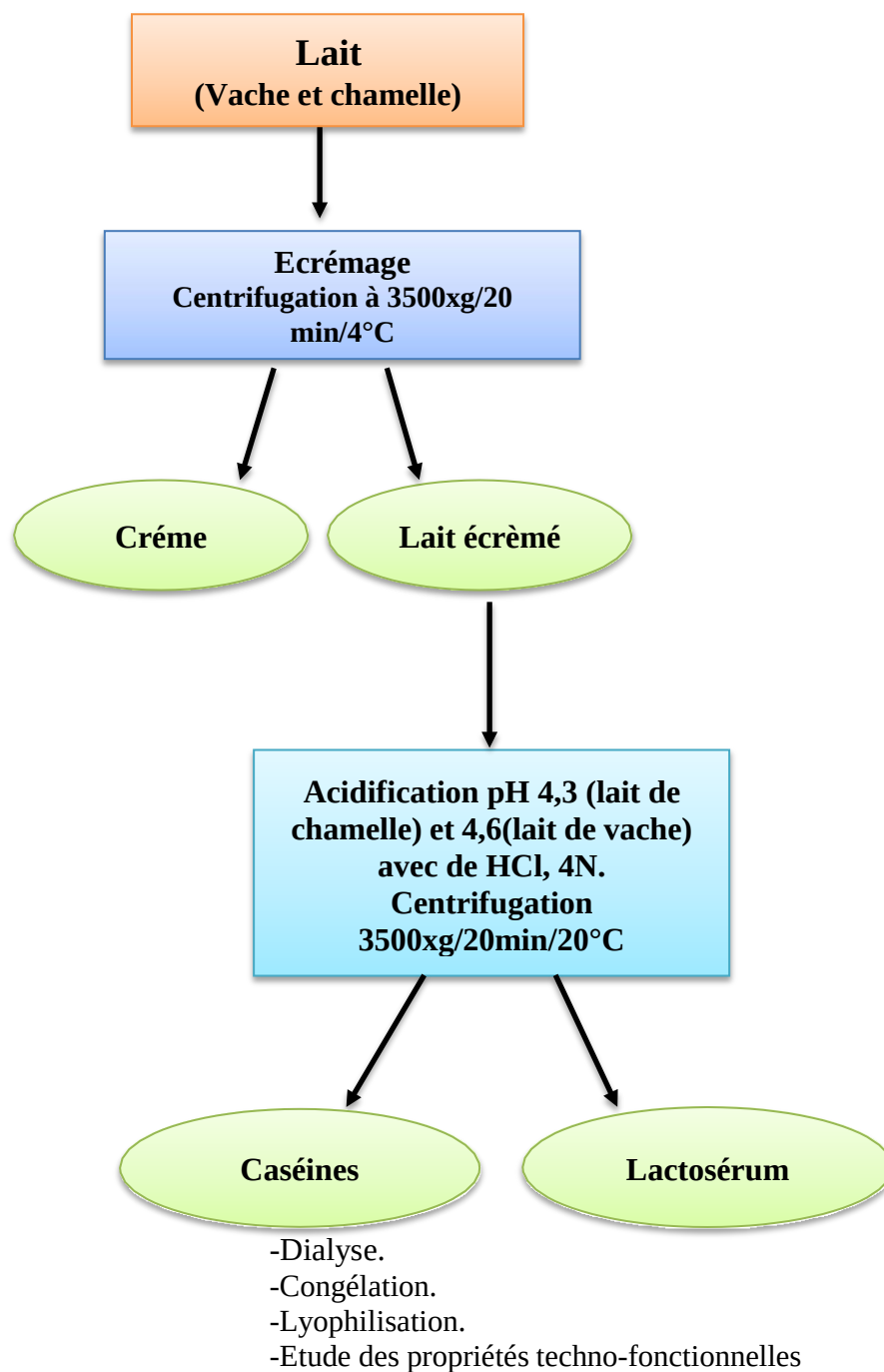


Figure 06 : Etapes suivies pour l'isolement des protéines sériques du lait camelin et bovin.

2.2.1.1 Ecrémage

L'écémage du lait entier est réalisé par centrifugation à 3500 g pendant 20 minutes à 4°C. La crème est écartée, alors que le lait écrémé est filtré par une gaze. Cette opération est répétée deux à trois fois afin d'éliminer totalement la matière grasse.

2.2.1.2 L'acidification

La séparation des caséines et des protéines sériques a été réalisée par acidification des laits jusqu'à pHi des caséines avec du HCl 4N (4,3 pour le lait camelin et le lait bovin 4,6). L'acidification a été suivie, d'une centrifugation à 3500g pendant 20 min à 4°C. Le surnageant obtenu après cette étape et qui représente la totalité des protéines sériques, est neutralisé à pH 7. L'étape de précipitation est répétée une seconde fois afin d'éliminer les caséines résiduelles, qui risquent de contaminer les protéines sériques.

2.2.1.3 Dialyse

Les protéines sériques obtenues sont dialysées contre de l'eau distillée pendant 72 heures à 4°C et sous agitation douce, en utilisant des membranes de dialyse avec un seuil de coupure de 8000 Da. L'eau de contre dialyse est changée 2 fois par jour.

Cette technique permet de débarrasser les échantillons des molécules dont la taille est inférieure à 8000 Da (lactose, sels minéraux, composés azotés non protéiques).

2.2.1.4 Lyophilisation

Après la dialyse, les solutions de protéines sériques sont congelées dans des coupelles. Après cette procédure les protéines sont lyophilisées et récupérées sous forme de poudre et conservées dans un dessiccateur.

2.2.2 Dosage des protéines sériques par la méthode de Biuret

La méthode consiste en une réaction entre la liaison peptidique des protéines et un métal de transition (Cu, Ni...) pour former un complexe stable et coloré. Cette méthode présente un intérêt plus grand pour une détermination quantitative puisqu'elle fait appel à une caractéristique commune à toutes les protéines.

Le principe de cette méthode est le suivant : dans un milieu alcalin, la liaison peptidique forme avec les ions du cuivre (Cu^{2+}) contenu dans le réactif de Gornall (annexe 01) un complexe de couleur pourpre qui absorbe fortement à 540nm.

La teneur en protéines des échantillons analysés est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en utilisant l'Albumine Sérique Bovine (BSA, 10 g/l) comme protéine étalon (Figure 07).

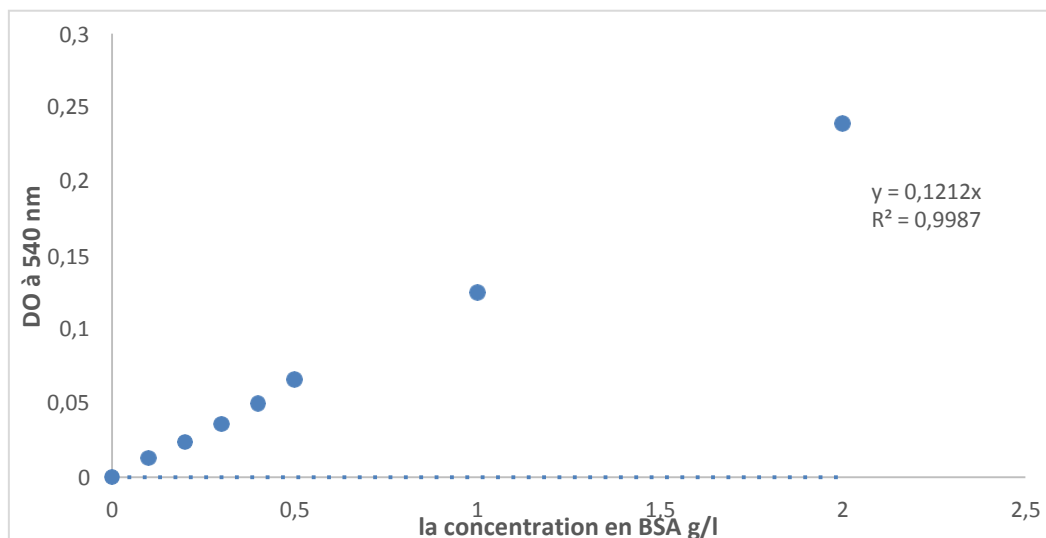


Figure 07 : Courbe étalon du dosage de protéines par la méthode de Biuret (Gornall et al (1949) ; réalisée avec l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence.

2.2.3 Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques

2.2.3.1. Solubilité

Pour déterminer la solubilité des protéines sériques des deux espèces, on prend 20ml de lactosérum des deux échantillons, puis ajuste le pH des deux échantillons à 2, 3, 4, 6,8 et 10 avec de HCl 4N ou de NaOH 4N. Les mélanges ont été agités à température ambiante pendant 30 min et centrifugés à 7500 x g pendant 15 min (Klompong et al., 2007).

Incuber à l'obscurité pendant 30 min, l'absorbance de la solution diluée a été mesurée à 540 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Les teneurs en protéines dans le surnageant ont été déterminés par la méthode de Biuret. La solubilité des protéines a été calculée comme suit :

$$\text{La solubilité (\%)} = \frac{\text{teneur en protéines dans le surnageant}}{\text{teneur totale en protéines dans l'échantillon}} \times 100$$

2.2.3.2. Pouvoir moussant

Pour déterminer la capacité moussante des protéines sériques des deux échantillons camelin et bovin, on prend un volume de 25 ml (v) de chaque échantillon puis ajuste le pH des deux échantillons à 2, 3, 4, 6,8 et 10 avec de HCl 4N ou de NaOH 4N puis sont transférés

Partie expérimentale

dans des éprouvettes graduées de 50ml. A l'aide d'un homogénéisateur, les solutions protéiques sont homogénéisées à une vitesse de 13500 rpm pendant 2 min et prendre la valeur v' , les solutions sont laissées en repos pendant 20 min puis en prélève la valeur v'' .

Le volume total des échantillons a été mesuré avant et après le fouettage. La capacité moussante (CM) a été calculée par cette équation :

$$CM(\%) = \frac{V' - V}{V} \times 100$$

V' : Volume après homogénéisation.

V : Volume initial avant homogénéisation.

La stabilité des mousses (SM) après 20 minutes est calculée comme suivant :

$$SM(\%) = \frac{v''}{v'} \times 100$$

V'' : Volume après 20minutes.

V' : Volume après homogénéisation.

2.2.3.3. Pouvoir émulsifiant

Pour déterminer le pouvoir émulsifiant des protéines sériques des deux échantillons camelin et bovin, 20ml de de chaque échantillon, ajuster les pH des deux échantillons à 2, 3, 4, 6, 8 et 10 avec de HCl 4N ou NaOH 4N, pour chaque pH des deux échantillons prendre 5ml dans des éprouvettes graduées de 50ml mélangés avec 5ml d'huile d'olive. Les mélanges ont été homogénéisés à l'aide d'un homogénéisateur à 17200 rpm. A partir des émulsions mère 20 µl de chaque pH, a été diluée dans une solution SDS de 9, 98ml. L'absorbance des solutions diluées a ensuite été mesurée à 500 nm à l'aide d'un spectrophotomètre selon Patel et Kilara, (1990).

A partir des valeurs enregistrées, nous avons déterminé la capacité émulsifiante, exprimée par l'indice d'activité émulsifiante (IAE) et ce paramètre est donné par la formule :

$$IAE (m^2/g) = \frac{2 \times 2,303 \times A500}{f \times l \times c}$$

f : fraction volumique de la phase dispersée.

L : longueur du trajet de la cellule (en mètres).

C : poids du produit par unité de volume de la dispersion de dispersion du produit (eng/m³).



Résultats et discussion

3.1. pH et la concentration du lait de vache et le lait de chamelle

Le tableau X représente les valeurs du pH et les concentrations des deux laits camelin et bovin.

Tableau X : Les valeurs du pH et la concentration du lait camelin et bovin.

	Lait de vache	Lait de chamelle
pH	6,8	5,48
La concentration en protéines sériques (g /L)	14,48 ±0,77	13,77 ± 0,51

Le pH du lait de chamelle (5,48) est inférieur à celui de lait de vache qui est de 6,8. La valeur du pH de lait de chamelle trouvée dans notre étude est inférieure de celle rapporté par Ghennam et *al.* (2007), ce faible pH du lait camelin serait lié à sa teneur relativement élevée en vitamine C (60,06mg /ml) (Chetouna, 2011). Concernant le lait de vache la valeur trouvée est concorde avec les résultats de Ghennam et *al.* (2007).

La concentration des protéines sériques du lait de vache ($14,48 \pm 0,77$ g/L) est supérieure à celle du lait de chamelle ($13,77 \pm 0,51$ g/L).

Nous avons enregistré un taux élevé en protéines sériques dans les deux laits, les valeurs enregistrées sont supérieures aux résultats trouvés par, Moualek (2011) et celle trouvées par Siboukeur (2007).

3.2. Comportement électrophorétique des protéines sériques en PAGE Native

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide en conditions non dénaturantes et dissociantes est résolutive et bien adaptée pour la séparation des protéines sériques bovines et camelines. L'analyse d'électrophorégramme obtenu montre un décalage dans la mobilité électrophorétique des protéines, elle diffère dans le lait de chamelle et le lait de vache (lactosérum camelin et bovin) (figure 08).

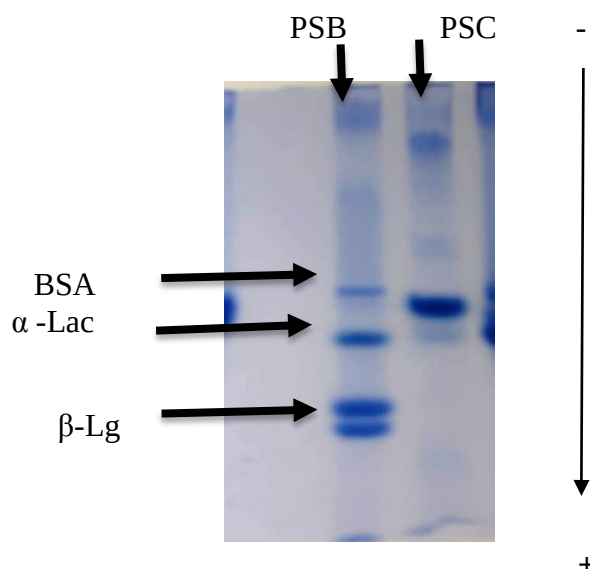


Figure 08 : Profil électrophorétique des protéines du lactosérum en PAGE native (15% ; LV : lait de vache ; LC : lait de chamelle ; PSB : protéines sériques bovines, PSC : protéines sériques camelines).

En PAGE native les protéines sériques bovines migrent en quatre bandes, distinctes selon l'ordre décroissant de leurs mobilités $BSA < \alpha\text{-Lac} < \beta\text{-Lg}$.

Les protéines sériques camelines migrent en deux niveaux différents. La première bande intense et qui migre au même niveau que la BSA pourrait correspondre à CSA cameline. La troisième bande désigne l' $\alpha\text{-Lac}$ cameline qui se situe au même niveau que l' $\alpha\text{-Lac}$ bovine et absence de la bêta -lactoglobuline.

L'électrophorègramme obtenu confirme l'absence de la $\beta\text{-Lg}$ dans le lait camelin, en raison l'absence de bande de migration équivalente au niveau de la $\beta\text{-Lg}$ bovine (Farah et *al.*, 2004).

3.3. L'effet de pH sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques

3.3.1. L'effet sur la solubilité

L'évolution de la solubilité en fonction de pH des protéines sériques camelines et bovines est présentées dans la figure 09.

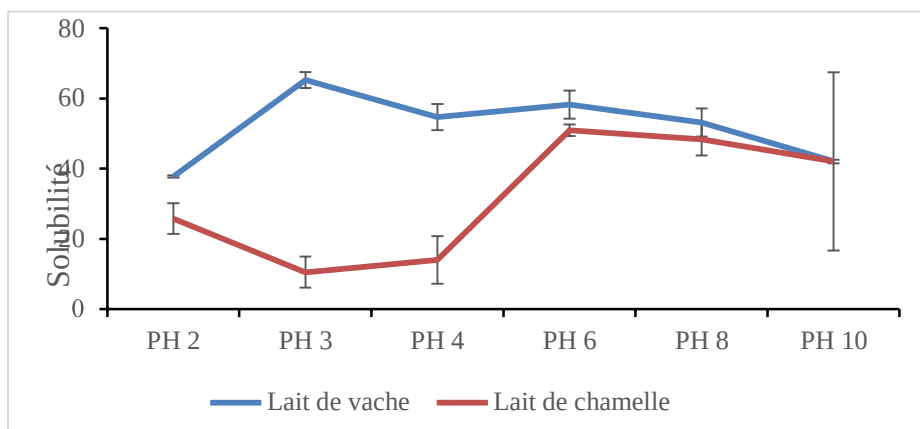


Figure 09 : Evolution de la solubilité des protéines camelines et bovines en fonction de pH

Les résultats obtenus montrent que la solubilité diffère d'un pH à un autre, la courbe de solubilité des protéines sériques camelines et bovines ne suivent pas la même allure.

La courbe de solubilité des protéines sériques camelines montre que dans la plage de pH 2 ($25,83 \pm 4,37\%$) et 3 ($10,51 \pm 4,42\%$) la solubilité est minimale, en s'éloignant de cette plage à pH 4 ($14,01 \pm 6,75\%$) la solubilité augmente, et à pH 6 ($50,96 \pm 1,65\%$) la solubilité des protéines sériques camelines est maximale, de pH 8 ($48,38 \pm 4,60\%$) et 10 ($42,09 \pm 0,49\%$) la solubilité diminue légèrement.

Par contre la courbe de la solubilité des protéines sériques bovines montre que la solubilité est maximale dans la plage pH 2 ($37,75 \pm 0,3\%$) et 3 ($65,27 \pm 2,30\%$) en s'éloignant de cette plage pH 4 ($54,64 \pm 3,73\%$) la solubilité diminue de pH 6 ($58,28 \pm 3,99\%$) la courbe augmente faiblement, à partir de la zone pH 8 ($53,12 \pm 3,99\%$) et 10 ($42,01 \pm 25,33\%$) la solubilité des protéines diminue.

A des valeurs de pH inférieures et supérieures à la zone de point isoélectriques, la solubilité augmente est due à des forces de répulsion donc les protéines prennent des charges soit négatives (-) soit positive (+) par contre dans le point isoélectrique la solubilité des protéines devient insoluble. La diminution de la solubilité est due à l'augmentation des interactions protéines-protéines.

La courbe obtenue prend l'allure d'une cloche pour le lait camelin seulement car la solubilité soit augmentée soit diminuée en raison de l'absence des précipitants au niveau de pHi.

3.3.2. L'effet sur le pouvoir moussant

Les résultats de l'effet de pH sur la capacité moussante des protéines sériques camelines et bovines sont présentées dans la figure 10.

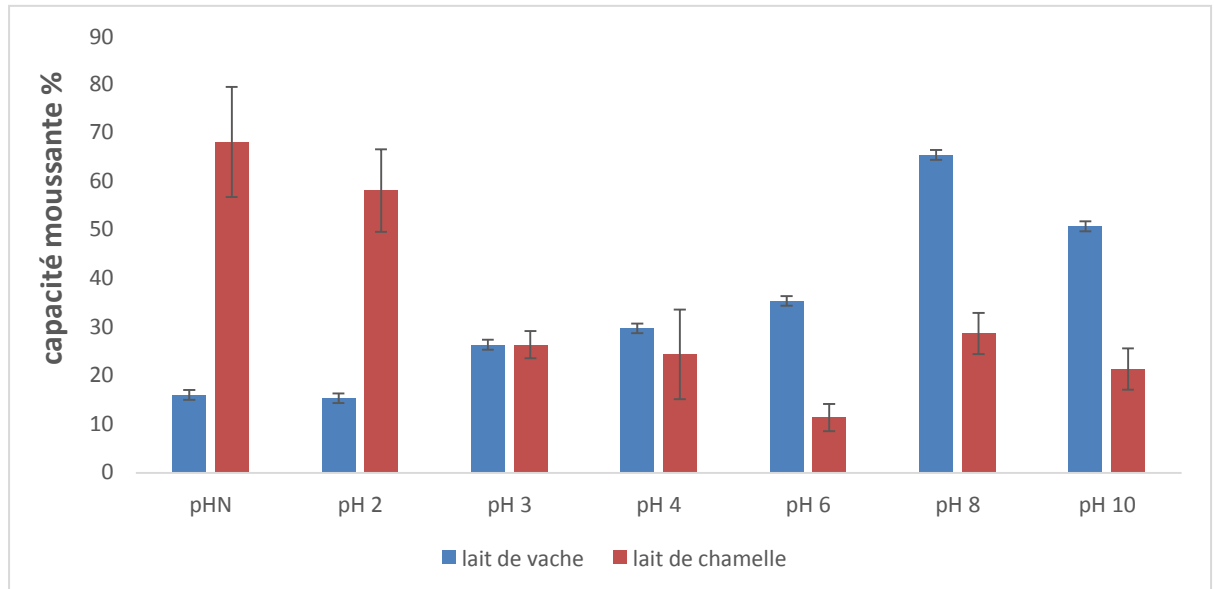


Figure10 : Capacité moussante des protéines camelines et bovines en fonction de pH.

Dans le lactosérum camelin la capacité moussante des protéines est supérieure ($68 \pm 11,31\%$) à celle de lait bovin ($16 \pm 5,65\%$).

Les résultats de la capacité moussante des protéines sériques camelines à pH 2 ($58 \pm 8,48\%$), montrent une amélioration.

Dans le lait de vache la capacité moussante des protéines sériques bovines à pH 8 ($65,33 \pm 8,48\%$) et pH 10 ($50,66 \pm 7,07\%$) montrent une amélioration.

Donc de lait de vache a une bonne capacité moussante par rapport à celle de lait de chamelle parce que ce dernier contient une teneur élevée en matières grasses qui a un effet sur la mousse.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Van Dam, (1922) qui a expliqué la persistance de la mousse et la teneur en matières grasses, il a remarqué aussi qu'à chaque fois qu'on élimine un pourcentage de graisse la mousse augmente. Genin, (1932) a constaté que le lait du matin mousse plus que celui du soir. D'après Kamoun, (1991), le lait du matin est pauvre en matière grasse. Donc la présence de matière grasse peut influencer la formation de la mousse, ce qui nous permet de constater que la présence de matière grasse diminue l'aptitude à former une mousse (Gonzalez et al., 2004) ont confirmé que dans un lait écrémé, plus la séparation de la crème est efficace, plus la tendance au moussage est importante.

Les résultats de l'effet du pH sur la stabilité moussante des protéines sériques camelines et bovines sont présentés dans la figure 11.

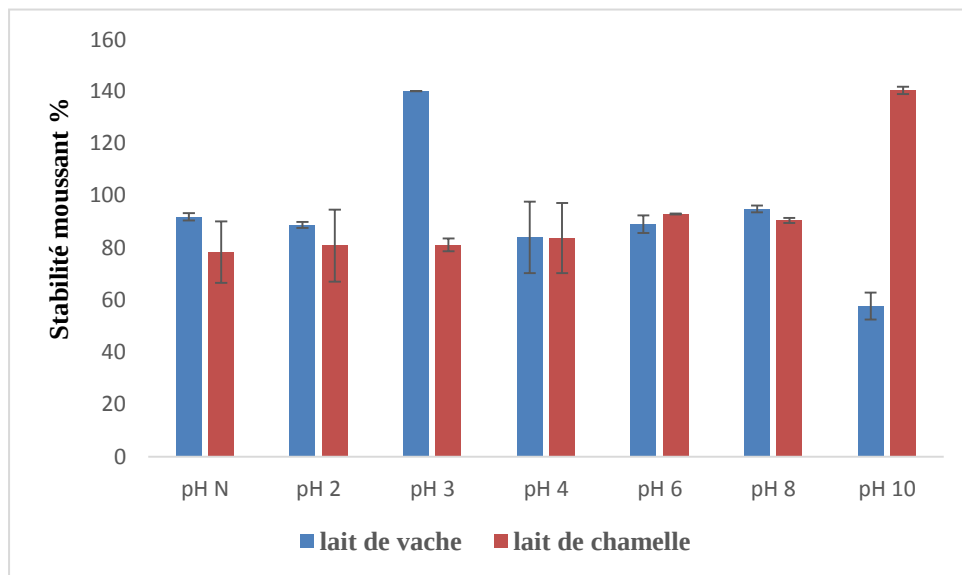


Figure 11 : Stabilité moussante des protéines camelines et bovines en fonction de pH.

Dans le lactosérum bovin la stabilité moussante des protéines sériques est supérieur ($91,87 \pm 1,37\%$) à celle du lait camelin ($78,33 \pm 11,78\%$).

Les résultats obtenus de la stabilité moussante des protéines sériques camelines à pH 10 ($140,28 \pm 1,42\%$) montrent une amélioration de la stabilité de la mousse.

Dans le lait de vache, la stabilité moussante des protéines sériques bovines à pH 3 ($140,6 \pm 0,09\%$) montre une amélioration dans les pH 2-4-6-8 en remarquant une diminution de la stabilité dans les deux espèces.

Les résultats obtenus de la stabilité moussante des protéines sont supérieurs à pH acide dans le lait bovin et à pH alcalin dans le lait camelin.

La diminution de la stabilité de la mousse pourrait être due à la réduction de l'interaction protéine-protéine, qui est affectée par l'augmentation exressive de la charge de la protéine (Suppavorasatit et *al.*, 2011).

3.3.3. L'effet sur le pouvoir émulsifiant

Les résultats de l'effet de pH sur la capacité émulsifiante des protéines sériques camelines et bovines sont présentés dans la figure 12.

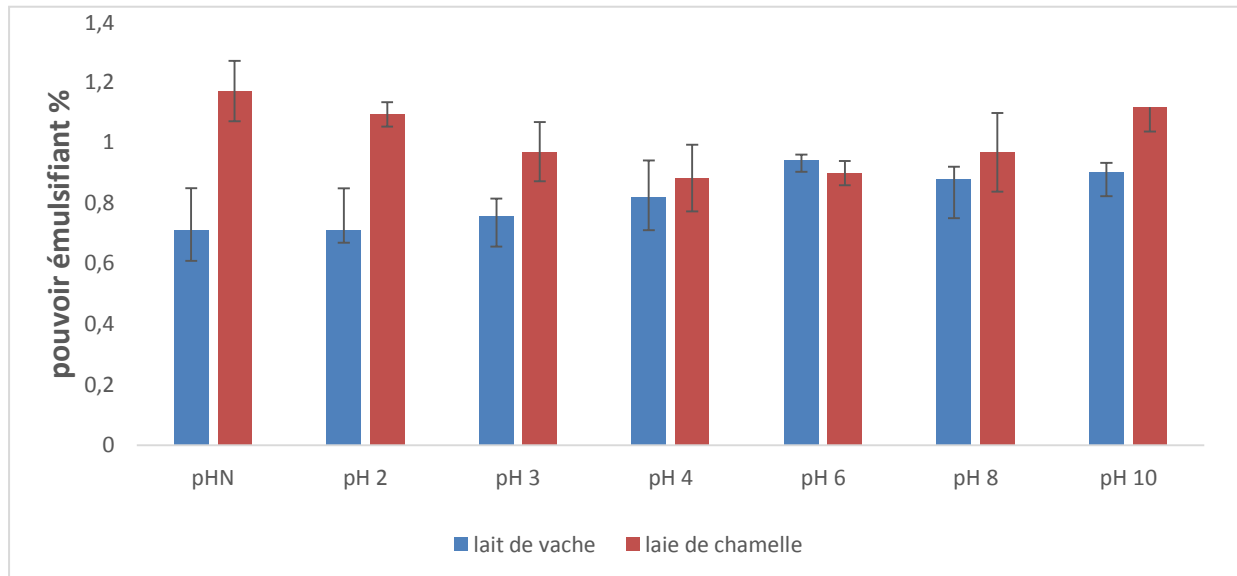


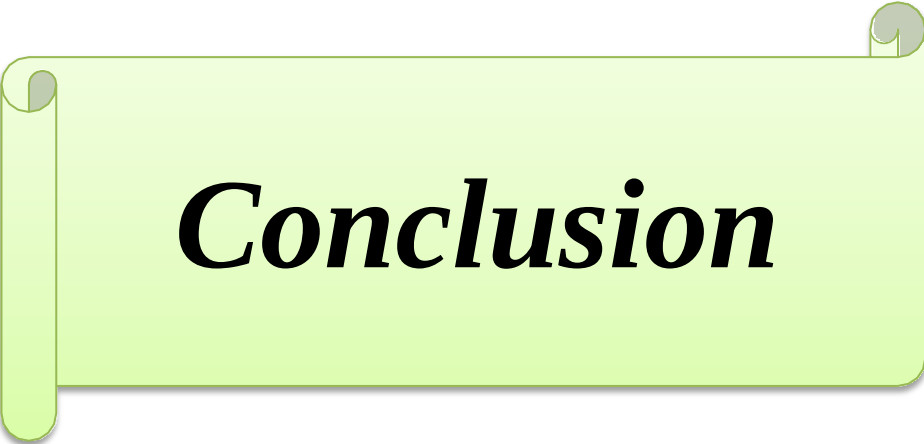
Figure 12 : Capacité émulsifiante des protéines camelines et bovines en fonction de pH.

Dans le lactosérum camelin la capacité émulsifiante des protéines sériques est supérieur ($1,17 \pm 0,10\%$) à celle du lait bovin ($0,709 \pm 0,14\%$).

Les résultats de pouvoir émulsifiant des protéines sériques camelines à pH 2 ($1,093 \pm 0,04\%$) et pH 10 ($1,166 \pm 0,08\%$) montrent une amélioration, mais dans le lait de vache montre une amélioration seulement dans le pH 6 ($0,993 \pm 0,088\%$).

Nos résultats montrent que le lait de chamelle a un bon pouvoir émulsifiant dans un milieu acide et alcalin et le lait de vache à un bon pouvoir émulsifiant à pH neutre.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Lorient et al (1991), ont tiré de leurs travaux que les propriétés émulsifiantes sont définies par la stabilité (aptitude à garder l'émulsion inchangée pendant un certain temps), une comparaison entre les propriétés de quelques protéines du lait, a montré que les caséines ont d'excellentes propriétés émulsifiantes surtout à pH neutre et alcalin, tandis que les protéines de lactosérum ont des bonnes propriétés émulsifiantes sauf à pH 4 à 5. D'autres auteurs, notamment (Cayot et Lorient, 1998), ont constaté également que les caséinates de sodium et les concentrés des protéines sériques possèdent une activité émulsifiante assez voisine et en même temps supérieure à celle du lait écrémé séché.



Conclusion

Le lait est un aliment dont l'importance nutritionnelle n'est plus à démentir. En effet, il constitue un apport protéique très élevé, et le premier aliment naturel complet dès le jeune âge. Il renferme les nutriments de base nécessaires au bon développement d'organisme humain. Il demeure en même temps indispensable tout au long de la vie.

Le lait de dromadaire constitue une ressource alimentaire inestimable pour les populations des régions arides et semi arides, car c'est un produit relativement riche en éléments nutritifs et un certain nombre de vertus thérapeutiques. Ce lait présente des aptitudes limitées à la transformation en produits dérivés, particulièrement en fromage, en raison de ses caractéristiques physico-chimiques particulières.

L'objectif de la présente étude est l'évaluation de l'effet de pH sur les propriétés technofonctionnelles des protéines sériques camelines et bovines. Après l'isolement des protéines sériques à partir des deux laits, le dosage des protéines par la méthode de Biuret a donné des teneurs en protéines égales à $(13,77 \pm 0,51 \text{ g/L})$; $(14,48 \pm 0,77 \text{ g/L})$ dans le lactosérum camelin et lactosérum bovin, respectivement.

Un contrôle électrophorétique dans des conditions non dissociantes et non dénaturantes des protéines sériques camelines et bovines a révélé que les protéines sériques bovines ont migré en quatre bandes selon l'ordre décroissant de leur mobilité $\text{BSA} < \alpha\text{-Lac} < \beta\text{-Lg}$. Cependant, nous avons observé l'absence de la $\beta\text{-Lg}$.

Nous avons déterminé quelques protéines technofonctionnelles à savoir la solubilité, pouvoir moussant, et pouvoir émulsifiant, et nous avons étudié aussi l'effet du pH sur ces propriétés. Nous avons remarqué que le pH influe sur ces propriétés. La solubilité est affectée, dans le lait de vache elle est maximale à pH 3 $(65,27 \pm 2,30\%)$, par contre dans le lait de chamelle elle est maximale à pH 6 $(50,96 \pm 1,65\%)$. Le pouvoir moussant et émulsifiant sont meilleures dans le lait de chamelle par rapport au lait de vache.

Les résultats de cette étude permettent d'ouvrir de nouvelles perspectives. Donc pour compléter ce travail sur les propriétés technofonctionnelles des protéines sériques camelines et bovines, nous proposons de :

Etudier d'autres propriétés technofonctionnelles : gélification, rétention d'eau, coagulation...

Purifier les protéines sériques et étudier leurs propriétés technofonctionnelles.



Références bibliographiques

A

- **Al Haj O., et Al Kanhal H. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk – review. *International Dairy Journal*. 1-11.
- **Alais. (1975).** Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.
- **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., et Turgeonh. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN : 3 -25-29.
- **Anonyme. (2002).** « Manuel de transformation du lait », chapitre 15 : le traitement de sérum de fromage.CD ROM 2000).
- **Apria. (1973).** Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris.

B

- **Barłowska J., Szwajkowska M., Litwinczuk Z., Król J. (2011).** Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. *Comprehen. Rev. Food Sci. Saf.* 2011, 10, 291–302.
- **Benhamed N. (2014).** Evaluation de la qualité microbiologique et sanitaire du lait cru dans la région d’Oran, Algérie : étude du profil moléculaire virulent des *staphylococcus aureus* impliquées dans les mammites bovines. (Oran). 287P.
- **Benyoucef M.T. (2005).** Thèse de doctorat en agronomie, INA d’El-Harrach, Alger.
- **Boukhelifa KH. (2019).** Qualité physico-chimique et microbiologique du lait cru de vache des races bovines locales et importées. Mostaganem-Algérie.
- **Bouquelet S. (2008).** Les Protéines alimentaires in : « Biochimie alimentaire », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.
- **Brew K., et Grobler J.A. (1992).** α -Lactalbumine. In: *Advanced dairy technology* - 1. P.F. Fox (ed). Elsevier. Applied Science, London and New York., chap. 3, pp. 191-223.
- **Bruchon J. (2004).** Etude de la formation d'une structure de mousse par simulation directe de l'expansion de bulles dans une matrice liquide polymère. Thèse Doctorat en Mécanique Numérique, Paris, 191p.
- **Brule G. (1987).** Le lait matière première de l’industrie laitière. CEPIL-INRA. Paris 132).
- **Brunner J.R. (1977).** Milk proteins, in food proteins, Whitaker, J.R and Tannenbaum, S.R. AVI Publ., Westport CT, pp 175.

Références bibliographie

- **Bylund G. (1995).** Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86, Lund, Sweden: 18-23-381.

C

- **Cayot P., et Lorient D. (1998).** Structures et techno fonctions des protéines du lait. Ed Tec & Doc Lavoisier, Paris, 363 p.
- **Cheftel J.C., Cu J. L., Lorient D. (1985).** Protéines alimentaires, biochimie- propriétés Fonctionnelles. Valeur nutritionnelle- modification chimique. Tech et Doc. Lavoisier, pp 295. Chemistry. P.F. Fox (ed), Elsevier Science Publ., London and New York, chap 7, pp. 285-322.
- **Cheftel J.C., et Lorient D. (1982).** Aspects technologiques : Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. Lait, 62, 435-483.
- **Chethouna F. (2011).** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse Magister. Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- **Chitour C. (2004).** Physico-chimie des surfaces, les interfaces liquide-liquide et gaz-liquide dans les solutions aqueuses. Ed OPU, N°2, Alger, 249p.
- **Creamer L. K., Mac Gibbon A.K.H. (1996).** Some recent advances in the basic chemistry of milk proteins and lipids. Int. Dairy J. 6(6) : 539-568.
- **Cuvelier G., et Michon C. (2003).** Remplacer la gélatine : quelle fonctionnalité ? In Proceeding of Polymerix, Renne, France, 1-9.

D

- **Dalgleish D. (1996).** - Food Emulsions, in: Sjoblom I. (eds) - Emulsions and Emulsion stability, Marcel Dekker inc., New York, 287-325.
- **De Wit J., et Klarenbeek G. (1984).** Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. Journal of Dairy Science, 67, 2701-2710.
- **De Wit J.N. (1981).** Structure and functional behavior of whey proteins Netherlands milk and Dairy journal, 35, 47- 64.
- **De Wit J.N. (1989).** Functional properties of whey proteins. In : Développement in Dairy.
- **De Wit J.N. (1998).** Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. J. Dairy Sci., 81 (3) : 597-608.

Références bibliographie

- **De Wit J.N., et Hontelez-Backx E. (1981).** Les propriétés fonctionnelles des protéines du Lactosérum, conséquences des traitements thermiques. La technique laitière, 952, pp 19- 22.
- **Dick A., Sleimane F., El Kory M., et El Kory O. (2011).** La variabilité de la teneur en calcium du lait de chamelle en Mauritanie, ScienceLib Editions Mersenne. Vol3, N ° 111008.
- **Dickinson E. (1998).** Proteins at interfaces and in emulsions Stability, rheology and interactions. J Chem Soc Faraday Trans, 94.
- **Dickinson E., et Tanai S. (1992).** Protein displacement from the emulsion droplet by oil-soluble and water- soluble surfactant, J Agric Food Chem, 40 (2), 179–183.
- **Duchesne C. (2002).** Caractéristiques et usages des émulsions bitumineuses (liant d'accrochage). Bulletin d'information technique.

E

- **Eigel W.N., Butter J.E., Ernstron C.A., Forrell H. M., et Harwalkar.V.** Epicier Avril, biscuits sucrés.
- **Eugenia Lucena M., Alvarez S., Menendez C., et Francisco A. (2006).** Riera, Alvarez Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Département des sciences de la nature et de la vie. Alimentation et nutrition.

F

- **Farah Z. (2004).** Milk.In Z. Farah, A. Fisher (Eds), Milk and meat from the camel. Han book on products and processing. P. 25-28. Zurich. Switzer-land.Swiss Federal Institute of technology.
- **Farrell H. M., Jimenez Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng Kwaihang K. F. et Swaisgood H. E. (2004).** Nomenclature of the proteins of cow milk-sixth revision. Journal of Dairy Science, 87, 1641-1674.
- **Faye B. (2003).** Performances et productivité laitière de la chamelle : les données de la Littérature « lait de chamelle pour l'Afrique ». Atelier sur la filière laitière cameline en Afrique. Comptes rendus de la FAO, Niamey.
- **Faye B. (2004).** Performances et productivité laitière de la chamelle : les données de la littérature. Lait de chamelle pour l'Afrique. FAO. Rome. P. 7-15
- **Fredot E, (2005).** Connaissance des aliments base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. TEC et DOC, Lavoisier : 10-14 (397p)

G

- **Gamal N. (2005).** Nutritional effect of milk and milk products on the body. Manual of pediatric.
- **Ganesan N., et Ning X. (2017).** Role of Proteins on Formation, Drainage, and Stability of Liquid Food Foams.
- **Gaucheron F. (2004).** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier : 783.
- **Génin Mg. (1932).** La mousse du lait. Lait, 12, 1079-1088.
- **Ghennam E., Alloui L., et Ghennam A. (2007).** Evolution de quelques caractères physico-chimiques et flore microbienne du lait de dromadaire conservé aux températures ambiante et de réfrigération. Laboratoire de Technologie Alimentaire, Université de Batna, Renc. Rech. Ruminants, 109.
- **Gizachew A., Teha J., et Birhanut. (2014).** Ethiopia Nekemte. Review on Medicinal and nutritional Values of Camel Milk. Nature & Science, 12, 35.
- **Gonzalez C., Herranz A., et Vallée C. (2004).** Les propriétés moussantes du lait. Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 20p.
- **Gornall A., Bardawill C., et M. D. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J Biol Chem 177, 751-766
- **Guiraud JP. (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. Pp : 136-139).
- **Gumpen S., Hegg P.O., et Martens M. (1979).** Thermal stabilization of fatty acid- serum Albumin complexes studied by differential scanning calorimetry, biochim. Biophys. Acta, 574, 189.

H

- **Halling P. (1981).** Protein-stabilised foams and emulsions. c.r.c crit. Rev food science and nutrition. 15, 55-203.
- **Haroun O., et Eltinay A. (2009).** Changes in chemical composition of camel's milk during storage. Pakistan Journal of Nutrition, 8(5), 607- 610.
- **Hassan A.A., Hagrass A.E., Soryal K.A., et El-Shabrawy S.A. (1987).** Physico-chemical properties of camel milk during lactation period in Egypt. J. Food Sci. 15: 1-14.
- **Hemme A., et Otte F. (2010).** Status and Prospects for Smallholder Milk Production: A Global Perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Références bibliographie

- **Henri L. (1987).** Chameau et dromadaire en Afrique du Nord et en Sahara. Edition office national des approvisionnements et des services agricoles (ONAPSA), Alger.
- **Hoden A., et Coulon J.B. (1991).** Maîtrise de la composition du lait. – Influence des Facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5), p.p. 361 – 367).

I

- **Ilker E., Mushsin C., Sebnem H. (2006).** Separation of whey Components by using ceramic composite membranes; desalination 189).

J

- **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., et Brule G. (2008).** Les produits laitiers ,2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17.
- **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., et Brule G. (2007).** Science des alimentstechnologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17.208.

K

- **Kacimi El Hassani S. (2013).** La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? Méditerranéen Journal Of Social Sciences Vol 4, N°11, 152-158.
- **Kamoun M. (1991).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In : « Option Méditerranéenne », CIHEAM, 12, 23-103.
- **Kamoun M. (1995).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. Ciheam-iamm. Options méditerranéennes, Séries séminaires. n°13. P. 81- 103.
- **Kappeler S. (1998).** Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Doctorat thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Suisse.
- **Kappeler S., Farah Z., et Puhan Z. (1998).** Sequence analysis of Camelus dromedarius milk caseins. Journal of Dairy Research, 65, 209-222.
- **Kappeler S., Heuberger C., Farah Z., et Puhan Z. (2004).** Expression of the peptidoglycan recognition protein, PGRP, in the lactating mammary gland. Journal of Dairy science, 87, 2660-2668.
- **Kelling J., Wilde C. (1985).** Lait et produits laitiers le lait de la mamelle à la laiterie. pp. 207-
- **Kennedy J.F., et Cabral M.S., (1985).** *I. n immobilizeed enzymes and cells. J Woodward (Ed) p 19-37 I. RL Press Oxford, U.K).*

Références bibliographie

- **Khaskheli M., Arain MA., Chaudhry S., Soomro AH., Qureshi TA. (2005).** Physico-chemical quality of camel milk. J Agric Soc Sci 2:164–166.
- **Klemaszewski J., Das K., et Kinsella J. (1992)** Formation and Coalescence Stability of Emulsions Stabilized by Different Milk Proteins - Journal of Food Science, 57, 366-379.
- **Konuspayeva G, Faye B, Loiseau G (2009).** The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data. J Food Compos Anal 22 :95–101.
- **Konuspayeva G., Loiseau G., et Faye B. (2004).** Le plus-value "santé " du lait de chamelle cru et fermenté l expérience du kazakhstan. Rencontre de recherche Ruminants, 11, 47-50.

L

- **Lapointe-Vignola C. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait : pressesinter polytechnique.
- **Lasmani K. (1986).** Le dromadaire en Algérie, perspective d'avenir. Thèse de Magister en Sciences agronomique, Institut National Agronomique d'El-Harrach. Alger.
- **Laurent S. (1992).** Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la soca. (Senegal). 245P
- **Li R., et Xiong Y. (2020).** *Sensitivity of oat protein solubility to changing ionic strength and pH.*
- **Lin V.J. C., and Koenig J. L. Raman. (1976).** Studies of bovine serum albumin, biopolymers, p: 15, 203).
- **Liu C., Gelius E., Liu G., Steiner H., et Dziarski R. (2000).** Mammalian peptidoglycan recognition protein binds peptidoglycan with high affinity, is expressed in neutrophils, and inhibits bacterial growth. Journal of Biological Chemistry, 275, 24490-24499.
- **Lorient D., Closs B., et Caurthaudan JI. (1991).** Connaissances nouvelles sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lait et des dérivés, Lait, 71, 141-171.
- **Lu X., Wang M., Wang J., Gupta X., et Dziarski R. (2006).** Peptidoglycan recognition proteins are a new class of human bactericidal proteins. Journal of Biology and chemistry, 281, 5895-5907.
- **Luquet F.M., et Boudier J.F. (1984).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. Apria., 21, p : 1-7, 66, 83-90).

M

- **Madr. (2009).** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Communication sur le développement de la production laitière.
- **Mal G., et Pathak K.M.L. (2010).** Camel milk and milk products. Milk & milk products. SMVS' Dairy Year Book, 97-103.
- **Manginome. (1994).** Protein Interactions in Emulsions: Protein-Lipid Interactions. in: hettiarachchy n.s. et ziegler g.r. (eds) - protein functionalty in food systems, marcel dekker inc., new york, 147- 179.
- **Mathieu J. (1999).** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris : 3-190 (220 pages).
- **McClements D. (1999).** Food emulsions ; Principles, practice, and techniques. CRC Press LLC.
- **Mehaia M. (1995).** The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. Milchwisens chaft, 50.
- **Meyer C., et Denis J.P. (1999).** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.
- **Modler H.W. (1988).** Development of a continuous process for the Production of ricottacheese J. of Dairy Science, Vol 71-2009
- **Morr C.V. (1989).** Whey proteins: manufacture. In: Development in Dairy Chemistry - 4 P.F. Fox (ed), Elsevier Science Publ., London and New York, chap 6, pp. 245-283.
- **Morr C.V., and Ha E.Y.W. (1993).** Whey protein concentrates and isolates processing and Functional properties. Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6) (1993), pp431-476).
- **Moualek I. (2011).** Caractérisation du lait de chèvre collecté localement : Séparations chromatographiques et contrôles électrophorétiques des protéines. Thèse Magistère, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.
- **Muller A., Bernard C.H., Uzi E., et Georges D. (2003).** Prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. Lait 83 (2003), 111-129).

N

- **Navrátilová P., Borkovcová I., Kaniová L., Dluhošová S., Zachovalová H. (2019).** The content of selected vitamins and iodine in mare's milk. *Acta Vet. Brno* 2019, 88, 473–480
- **Nedjraoui D. (2001).** Profil fourrager. FAO.
- **Nelson F. (1978).** Whey utilisation in first flavored drinks. *Dairy and food science* 14.

P

- **Polidori P., Cammertoni N., Santini G., Klimanova Y., Zhang J.J., Vincenzetti S. (2020).** Nutritional Properties of Camelids and Equids.
- **Polzonetti, V., Pucciarelli S., Vincenzetti S., Polidori P. (2020).** Dietary Intake of Vitamin D from Dairy Products Reduces the Risk of Osteoporosis. *Nutrients*, 12, 1743.
- **Pougheon S. (2001).** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 34.

R

- **Romain J., Thomas C. (2008).** Les produits laitiers 2ème Ed ; Tech et Doc Lavoisier. 185.
- **Roufik S., Sylvie F., Gauthier Sylvie L., Turgeon. (2007).** Physico-chemical characterization and in vitro digestibility of β -LG F142-148 complexes. *Inter dairy journal* 17, pp471- 480.

S

- **Salhi M. (2005).** Approche descriptive génétique et reproductive des races bovines laitières : cas de la Mitidja. *Mem. Ing. Agro. El Harach, Institut National Agronomique*, 55p.
- **Schultz M., Hassen L., Steuernagle G., Kuck A. (1990).** Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy. *J. DairySci*, 73, 484p.
- **Sharma S. (2011).** Structural Basis of Recognition of Pathogen-associated Molecular Patterns and Inhibition of Proinflammatory Cytokines by Camel Peptidoglycan Recognition Protein. *J. Biol. Chem.* 2011, 286, 16208–16217
- **Siboukeur O. (2007).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse Doctorat. Institut national agronomique El-Harrach-Alger, Algérie.

Références bibliographie

- **Stoll W. (2003).** Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri. N° 15/2003, vol. 9, Suisse.
- **Suppavorasatit I., De Mejia E., et Gadwallader K. R. (2011).** Optimization of the enzymatic deamidation of soy protein by protein glutaminase and its effect on the functional properties of the protein. Journal of agricultural and food chemistry, 59(21), 11621-11628.

T

- **Tapernoux A., Vuillaume R. (1934).** Viscosité du lait de vache. Le Lait, INRA Editions, 1934, 14 (135), pp.449-456. Ffhal-00895153f.
- **Thakur R. K., Vial Ch., et Djelveh G. (2003).** Foaming of commercial grade food products in a continuous stirred column. International group of chemical and process engineers and material scientist. 81, 1083-1089.
- **Thapon J.L. (2005).** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France : 14.
- **Thieulin G., et Vuillaume R. (1967).** Elément pratique d'analyse et d'inspection du lait de Produits laitiers des oeufs –revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73.

U

- **Uchida Y., Shimatani M.M., Mitsuhashi T., Koutake M. (1996).** Process for preparing a fraction having a high content of α -LA from whey and nutritional compositions containing such fractions, US patent 5, 503, 864.

V

- **Veisseyre R. (1975).** Technologie du lait, La Maison Rustique, Paris, (1975).
- **Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait : reconstitution, récolte, traitement et transformation du lait. Ed : la maison Rustique. Paris. 709P
- **Vierling E. (2003).** Chapitre X les corps gras. Dans : Aliments et boissons : Filières et produits, 3ème édition : Doin, p.191, 192).
- **Vierling E. (2003).** Aliment et boisson-filière et produit, 2ème édition, doin éditeur, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine : 11.
- **Vignola C. (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presse Internationales Polytechniques, Canada. Pp :3-75).

Références bibliographie

- **Vignola Carole L. (2002).** Science et technologie du lait transformation du lait. Ecole Polytechnique de Montréal ,2002).
- **Vrignaud Y. (1983).** Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière française n°422, PP : 41-46).

W

- **Wangoh J., Farah Z., et Puhon Z. (1998).** Isoelectric focusing of camel milk proteins. International dairy journal. 8: 617-621.



Annexes

Annexe 01 : Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Biuret

1. Solutions

Solution mère de BSA

BSA 10mg.

Eau physiologique 1000ml.

Le réactif de Gornall

Sulfate de cuivre 5g.

Tartrate double anhydre N^+ , K^+ 8.70g.

KI 5g.

NaOH 24g.

- Mélanger les deux premiers produits puis solubiliser sans chauffage ;
- Ajouter le KI puis solubilisé ;
- Ajouter le NaOH puis ajusté avec d'eau distillé jusqu'à 1000 ml.

2. Gamme étalon

A partir de la solution de BSA (10 g/l), des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère de BSA (ml)	0	10	20	30	40	50	100	200
Réactif	2 ml							
Eau Physiologique (µl)	490	480	470	460	450	440	430	420

3. Méthode

- 1ml d'échantillon contenant 100 µg de protéines maximum et 25 µg minimum ;
- Ajouter 2 ml du réactif Gornall ;
- Laisser 30 min l'obscurité ;
- Lire la DO à 540 nm.

4. Expression des résultats

Une courbe étalon est tracé en portant sur l'axe des abscisses, les concentrations en BSA des dilutions préalablement préparées et sur l'axe des ordonnées, les DO mesurées respectivement pour chaque dilution.

Annexe 02: Electrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE native)

1. Solutions

Solution d'acrylamide (A)

Acrylamide	36g.
Bis acrylamide	1g.
Eau distillée	100ml.

Tampon de gel (B)

Tris	9,14g.
Eau distillée	100ml.

- Ajuster à pH 8,9 avec HCl 4N.

Tampon d'électrode

Tris.....	0.12g.
Glycine.....	0,58g.
Eau distillée	200ml.

- Ajuster à pH 8,3 avec du Tris

Tampon d'échantillon

Tampon du gel(B).....	100µl
Eau distillée	700µl
Glycérol 50%	200µl
Bleu de bromophénol.....	une tête d'aiguille

- Dissoudre 1mg de protéines lyophilisées dans 1ml de ce tampon.

2. Electrophorèse

Préparation du gel (T= 12% et 2,7%)

Solution(A).	3,25ml.
Solution(B)	..5ml.

Annexes

Eau distillée	1,68ml.
TEMED	10µl.
Solution de persulfate d'ammonium 10%	75µl.

- Couler et mettre le peigne immédiatement

Solution de fixation

TCA.....	12g.
Eau distillée (qsp).....	100ml.

Solution de coloration

Bleu de Coomassie R250... ..	0,55g.
TCA.....	4g.
Méthanol.....	100ml.
Eau distillée	100ml.

Solution de décoloration

Acide acétique	37,5ml.
Eau distillée	312,5ml.
Méthanol.....	150ml.

Dépôt d'échantillon : 10 à 20 µl.

Mise sous tension : 20mA, 250V.

Fixation : 45 mn dans la solution de fixation.

Coloration : 1 heure dans la solution de coloration.

Décoloration : dans la solution de décoloration.

Annexes

Annexe 05 :



pH-mètre (HANNA)

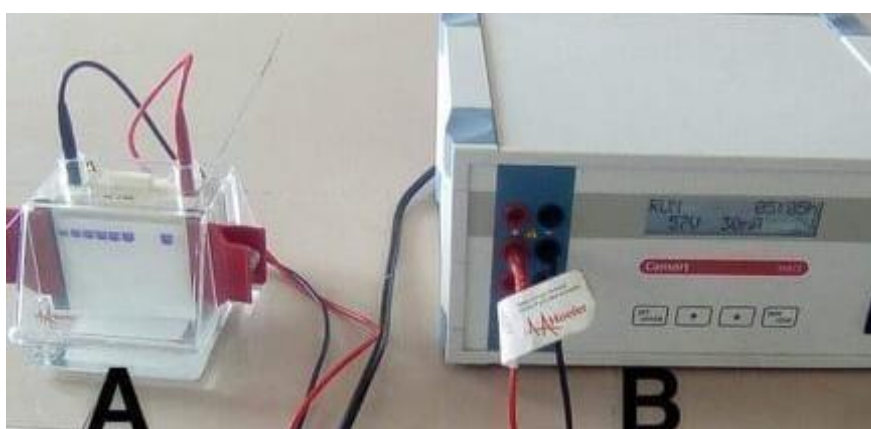


**Photographie d'une Centrifugeuse réfrigérée,
max28000g (SIGMA)**

Annexes



Photographie d'un Spectrophotomètre UV-Visible (SHIMADZU)



Photographie d'une unité d'électrophorèse

(HOEFFERSE 260) A : cuve de migration ;

B : générateur de courant.

Annexes



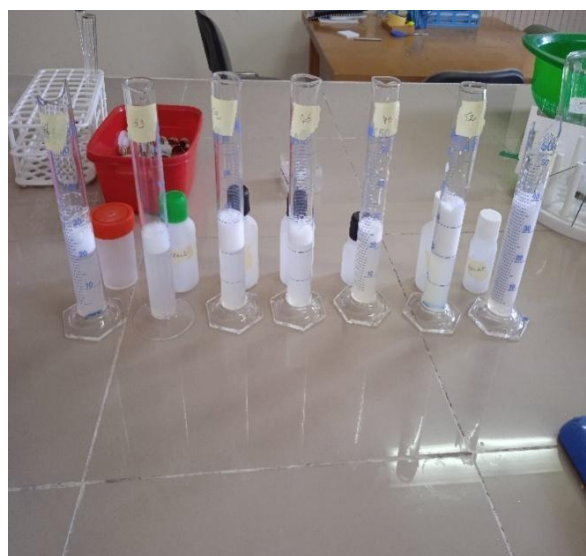
Lait bovin lyophilisé



Lait camelin lyophilisé



Pouvoir moussant de lait de



Pouvoir moussant de lait de chamelle

Annexes



Pouvoir émulsifiant du lait camelin et bovin



Dialyse des protéines sériques contre l'eau distillée pendant 72 heures à 4°C et sous agitation douce avec un agitateur magnétique.