



DEPARTEMENT DESSCIENCES ALIMENTAIRES

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

MERBAH Manel

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Sciences alimentaires

Spécialité: Production et transformation laitières

Thème

Séparation et caractérisation des caséines de laits de chèvre et de brebis (Étude comparative)

Soutenue publiquement le 14/07/2019

Devant les membres du jury

| | | | |
|-------------------------|----------------------------------|------------------|---------------|
| Présidente | Dr.TAHLAITI.H | MaitreAssistante | U. Mostaganem |
| Examineur | Dr. DAHOU.A | Maitre assistant | U. Mostaganem |
| Encadreur | Dr.RECHIDI-SIDHOUM.N | MaitreAssistante | U. Mostaganem |
| Co-Encadreur | Dr.SASSI.H | Docteur | U. Mostaganem |
| Invité d'honneur | Dr.Boucherf.DDocentU. Mostaganem | | |

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Productions Animales

Année universitaire 2018-2019

Remerciement

*Tout d'abord, je remercie Dieu, notre créateur de nos avoir donné la force, la Volonté
Et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.*

*Et c'est avec un très grand plaisir que je présente mes sincères remerciements à
Mr. Homrani directeur de laboratoire LSTPA pour m'avoir accueilli au sein de
son laboratoire.*

*Je remercie vivement **Mme.Rechidi Sidhoum** qui a accepté d'être notre encadreur
et orienté au bon chemin.*

*Je remercie mon Co-encadreur **Mr.Sassi** qui a été d'un grand apport pour
la réalisation de ce travail.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements à **Mr.Abdelmoumen** pour ses conseils
scientifiques judicieux et son suivi durant la période de
la réalisation de ce travail.*

*Je remercie vivement **Mme.Tahlaiti** qui a bien voulu nous faire l'honneur
de Présider le jury et de juger ce travail.*

*Je remercie aussi **Mr.Dahou** qui a bien voulu nous faire l'honneur
d'examiner ce travail.*

*Je remercie **Mr.Boucherf** pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail
et pour vos précieux conseils et remarques.*

*Ma plus sincère gratitude à **Mr.Benharat** technicien du laboratoire LSTPA
pour m'avoir accueilli et m'avoir fourni les moyens nécessaires
pour mener à bien cette étude.*

*A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce travail, trouvent ici
l'expression de ma reconnaissance.*

Manel

Dédicaces

*Tout au début, je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir donné
du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail
que je dédie à :*

*Mon cher père qui a été toujours un exemple pour moi, et
qui a veillé à ma réussite en déployant tous les efforts nécessaires.*

*Ma chère mère qui m'a appris à être femme et
qui m'a beaucoup aidé dans mes études, pour les sacrifices
qu'elle a fait, pour mon éducation et la confiance et*

L'amour qu'elle m'a toujours accordé.

Ma très chère grand-mère.

Mes adorables frères (Bouabdellah et kader)

Et sœurs (Bochra et Lamis).

Mes copines, A toute la promotion de

Production et transformation laitière

*A tous ceux qui m'ont soutenu et aidé pour la réalisation
de ce travail et tous ceux qui me sont chers.*

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). L'objectif de notre étude est de caractériser le lait de brebis et de chèvre produit dans les régions ouest de l'Algérie. Nous avons analysé et comparé, dans une première étape du travail, les caractéristiques physico-chimiques des deux laits d'origine ovine et caprine. Les analyses effectuées ont porté sur le pH, la densité, le point de congélation, la matière grasse, les protéines et la matière sèche. Les analyses physico-chimiques de lait de brebis et de chèvre respectivement obtenus notamment la densité (1034,79 vs 1035,60), point de congélation (0,59°C vs 0,68°C), la matière grasse (5,48% vs 5,27%), matière sèche (0,79% vs 0,78%) et la matière protéique (3,71% vs 3,54%). La deuxième étape de notre travail a consisté en l'isolement et à la caractérisation des caséines du lait. Pour cela, nous avons utilisé la précipitation à pH (pH 4,6) isoélectrique des caséines. Les fractions ont ensuite été contrôlées par électrophorèse sur gel polyacrylamide, en présence d'urée. Les laits de brebis et de chèvre diffèrent l'un de l'autre, mais présentent aussi entre eux des différences notables concernant certains critères. Ces laits pourront être destinés à la fabrication des laits de consommation, des produits fermentés type yaourt et des fromages. Le lait de brebis contient nettement plus de matières grasses et de protéines que de chèvre, et davantage de vitamines liposolubles (A et E). Il présente aussi, une teneur relativement élevée en calcium.

Mots clé : lait, chèvre, brebis, caséines, électrophorèse.

Abstract

Milk is considered a complete and balanced food because of its richness in several nutrients (proteins, lipids, mineral salts, lactoses and vitamins). The objective of our study is to characterize sheep and goat milk produced in the western regions of Algeria. We analyzed and compared, in a first stage of the work, the physicochemical characteristics of the two original milks sheep and goat. The analyzes performed included pH, density, freezing point, fat, protein and dry matter. The physicochemical analyzes of ewe's milk and goat's milk, respectively, obtained in particular the density (1034.79 vs 1035, 60), freezing point (0.59 ° C. vs. 68 ° C.) and fat (5.48%). vs 5, 27%), dry matter (0.79% vs. 0.78%) and the protein material (3.71% vs. 3.54%). The second stage of our work consisted of the isolation and characterization of the milk caseins. For this, we used the precipitation at pH (pH 4.6) isoelectric casein. The fractions were then monitored by polyacrylamide gel electrophoresis in the presence of urea. Sheep and goat milks differ from each other, but also show significant differences in some criteria. Sheep's milk contains significantly more fat and protein than goat, and more fat-soluble vitamins (A and E). It also has a relatively high calcium content.

Key words: milk, goat, sheep, caseins, electrophoresis.

يعتبر الحليب غذاءً كاملاً ومتوازناً بسبب ثرائه في العديد من العناصر الغذائية (البروتينات والدهون والأملاح المعدنية واللاكتوز والفيتامينات). الهدف من دراستنا هو وصف حليب الأغنام والماعز المنتج في المناطق الغربية من الجزائر ، وقمنا بتحليل ومقارنة ، في المرحلة الأولى من العمل ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحليبين الأصليين الأغنام والماعز. وشملت التحليلات التي أجريت على الرقم الهيدروجيني ، والكثافة ، ونقطة التجمد ، والدهون ، والبروتين والمواد الجافة. تحلل الفيزيائية الكيميائية حليب النعجة وحليب الماعز ، على التوالي ، التي تم الحصول عليها على وجه الخصوص الكثافة (1034.79 مقابل 1035 ، 60) ، نقطة التجمد (0.59 درجة مئوية مقابل 68 درجة مئوية) والدهون (5.48٪). مقابل 5 ، (27 ٪) ، المادة الجافة (0.79 ٪ مقابل 0.78 ٪) والمواد البروتين (3.71 ٪ مقابل 3.54 ٪). وتألفت المرحلة الثانية من عملنا من العزلة وتوصيف الكازين الحليب. لهذا ، استخدمنا هطول الأمطار في الكازين متساوي الجهد الكهربائي (pH 4.6). ثم تم رصد الكسور بواسطة الكهربائي بولي هلام الأكريلاميد في وجود اليوريا. تختلف حليب الأغنام والماعز عن بعضها البعض ، ولكنها تظهر أيضاً اختلافات كبيرة في بعض المعايير. يحتوي حليب الغنم على دهون وبروتين أكثر من الماعز ، وفيتامينات أكثر قابلية للذوبان في الدهون (A و E). كما أن لديها نسبة عالية نسبياً من الكالسيوم.

الكلمات المفتاحية: الحليب ، الماعز ، الأغنام ، الكازين ، الكهربائي.

Sommaire

Page

Abréviations, sigles et acronymes

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction 12

Première partie. Étude bibliographique

Chapitre I lait de chèvre 16

Chapitre II lait de brebis 27

Deuxième Partie. Recherche Expérimentale

Chapitre I. Matériel et méthodes 40

Chapitre II. Résultats et Discussion 49

Conclusion 69

Annexes 72

Liste des références 75

Table des matières 88

Liste des abréviations, des acronymes et des sigles

| | |
|----------------------------------|---|
| 2— ME : | 2— mercaptoéthanol |
| APS : | Persulfate ammonium |
| BBP : | Bleu de bromophenol |
| ANP : | Azote non proteique |
| Cn : | Caséine |
| AA : | Acide aminé |
| BSA : | L'albumine sérique bovine |
| FAO : | Food and Agriculture Organisation |
| GG : | Globule gras |
| Ig : | Immunoglobuline |
| KDa : | Kilos Daltons |
| Lf : | Lactoferrine |
| MG : | Matière grasse |
| MS : | Matière sèche |
| PAGE : | Électrophorèse sur gel de polyacrylamide |
| pH : | Potentiel hydrogène |
| ESD : | Extrait sec dégraissé |
| EST : | Extrait Sec Total |
| Pp : | protéose peptones |
| PS : | Protéine soluble |
| T (%) : | % D'acrylamide et de bisacrylamide dans un volume V de tampon |
| TCA : | Acide trichloracétique |
| TEMED : | N, N, N', Ne — tetramethyl-éthylène diamine |
| Tris : | Tris-hydroxy-méthyl-amino-méthane |
| α— La : | α — Lactalbumine |
| β— Lg : | β — Lactoglobuline |
| SA : | Sérum albumine |
| Vs : | Contre |
| P-urée : | polyacrylamide |

Liste des tableaux

| N° | | Page |
|----|--|------|
| 1 | Répartition du cheptel caprin en Algérie (Feliachi, 2003). | 17 |
| 2 | Composition moyenne en g/litre et distribution des protéines dans le lait de diverses espèces animales (chèvre et brebis) (FAO, 2006). | 23 |
| 3 | Teneurs en éléments minéraux de lait chèvre et de brebis (FAO, 2002). | 37 |
| 4 | Materiel utilisé lors des analyses. | 41 |
| 5 | Valeurs du pH des laits analysés. | 49 |
| 6 | Valeurs de la densité des laits analysés. | 50 |
| 7 | Teneurs en matière sèche des laits analysés. | 51 |
| 8 | Teneurs protéiques des laits analysés. | 52 |
| 9 | Teneurs en Matière grasse des analysés. | 54 |
| 10 | Teneurs en cendre des laits analysés. | 55 |
| 11 | Teneurs en lactose des laits analysés. | 56 |
| 12 | Teneurs de point de congélation des laits analysés. | 57 |
| 13 | Les teneurs des laits en de caséines α_1 (%). | 61 |
| 14 | Les teneurs des laits en de caséines α_2 (%). | 62 |
| 15 | Les teneurs des laits en caséines β (%). | 63 |
| 16 | Les teneurs des laits en caséines K (%). | 64 |
| 17 | Les teneurs des laits en caséine γ (%). | 66 |

Liste des figures

| N° | | Page |
|----|--|------|
| 1 | Représentation des parties hydrophobes et hydrophiles des différentes Caséines bovines (Phoebe, 2007). | 19 |
| 2 | Effectif du cheptel en Algérie (FAO-stat, 2010). | 27 |
| 3 | Effectif (million de têtes) et pourcentage des différentes races locales. | 29 |
| 4 | Unité d'électrophorèse. | 42 |
| 5 | Les étapes de suivies pour la réalisation sur l'électrophorèse. | 46 |
| 6 | Valeurs du pH des laits des deux espèces. | 49 |
| 7 | Valeurs de la densité des laits des deux espèces. | 51 |
| 8 | Taux de matière sèche des laits des deux espèces. | 52 |
| 9 | Taux de matière protéiques des laits des deux espèces. | 53 |
| 10 | Taux de matière grasse des laits des deux espèces. | 54 |
| 11 | Taux de cendre des laits des deux espèces. | 55 |
| 12 | Taux de lactose des laits des deux espèces. | 56 |
| 13 | Taux de point de congélation des laits des deux espèces. | 57 |
| 14 | Electophoregramme d'UREE-PAGE des laits de brebis . | 60 |
| 15 | Electophoregramme d'UREE-PAGE des laits de chèvre . | 60 |
| 16 | Taux de Caséines α_1 chez les deux espèces animales. | 61 |
| 17 | Taux de Caséines α_2 chez les deux espèces animales. | 62 |
| 18 | Taux de Caséines β chez les deux espèces animales. | 63 |
| 19 | Taux de Caséines K chez les deux espèces animales. | 65 |
| 20 | Taux de Caséines γ chez les deux espèces animales. | 66 |

LISTES DES ANNEXES

| | page |
|--|------|
| Annexe A : Composition des gels et des tampons. | 74 |
| Annexe B : Composition des gels et des tampons. | 75 |

Introduction

Le lait est un produit indispensable à l'équilibre de l'alimentation humaine. Il contient de nombreux nutriments qui fortifient notre organisme : protéines, glucides, lipides, sels minéraux, vitamines et oligo-éléments. Le lait fut de tout temps, un symbole de fertilité, de richesse et d'abondance. Il représente un milieu biologique fortement altérable par voie microbienne en raison de sa forte teneur en eau, de son pH voisin de la neutralité et de sa richesse en composants biodégradables (lactose, protéines et lipides) (Debry ,2001).Le lait, dont le lait de chèvre fournit une matrice facilement accessible, riche en une grande variété de nutriments essentiels : des minéraux, des vitamines et des protéines faciles à digérer. Il est par conséquent essentiel à l'ensemble des fonctions du corps (Steijns, 2008).

Le lait de chèvre est considéré comme étant l'un des plus aliment complets et les mieux équilibrés parmi différents laits (Amroun-Laga et Zerrouki, 2011). Il est plus consommé par la communauté rurale, le lait de chèvre est transformé en produits laitiers tels que Raib, Lben, la klila, la Crème, la Zebda ou beurre frais et le Jben (produits traditionnels locaux).

Le lait de brebis est un aliment énergétique très digeste, réputé dans le monde par sa grande valeur nutritionnelle. Cependant, il contient beaucoup plus de matières grasses, protéines, cendres, vitamines et minéraux essentiels en comparaison au lait de chèvre (Alexopoulos *et al.*, 2011 et Hilali *et al.*, 2011). C'est pourquoi la demande en lait de brebis et ses dérivés sont en augmentation (Kacem *et al.*, 2011).

De ce fait, le lait ovin constitue une excellente matière première pour l'industrie laitière dans certaines régions du monde. Il est soit consommé à l'état frais ou bien transformé en fromage très réputé ayant le label d'Appellations d'Origine contrôlée (AOC) on peut citer : la Feta en Grèce, le Roquefort en France, le Manchego en Espagne, le Pecorino romano et la Ricotta en Italie. Selon les enquêtes de la FAO en 2007, notre pays a besoin de produire d'environ de 3,2 millions de litres de lait par an. Alors que seulement 2 millions de litres sont produits localement. Ce qui met l'Algérie au 3e rang mondial en matière d'importation de lait et de produit laitiers après l'Italie et le Mexique. Dans l'Ouest algérien, le lait de brebis est destiné en premier lieu à l'allaitement des agneaux.

Le reste est autoconsommé par les éleveurs de la région soit en nature, soit transformé en produit dérivés.

En Algérie, la filière d'élevage caprin reste peu développée. Malgré cela, l'effectif caprin a doublé en l'espace de dix ans. Le cheptel caprin a atteint, en 2008, un effectif de 3,8 millions de têtes, dont 2,2 millions de chèvres, et occupe la troisième place après l'ovin et le bovin (Kadi *et al.*, 2013).

Introduction

Il se trouve concentré essentiellement dans les zones montagneuses, les hauts plateaux et les régions arides (Mami, 2013).

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait de brebis et de chèvre occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des Algériens ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments (Ghaoues, 2011).

Dans cette perspective, la présente étude a comme objectif :

- 1- d'évaluer sur le plan physico-chimique la qualité du lait.
- 2- procéder à l'isolement et la purification des caséines du lait de brebis et de chèvre.
- 3- caractériser sur le plan de leur comportement électrophorétique.

Le présent travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre concerne une synthèse bibliographique sur le lait de chèvre et le deuxième chapitre concerne aussi une synthèse bibliographique sur le lait de brebis.

Le troisième chapitre est consacré à la démarche méthodologique, à l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus.

1. L'élevage caprin

Il y a plus de 10000 ans avant Jésus-Christ, la chèvre (*Capra Hircus*), est réputée pour sa rusticité. C'est un animal adapté aux conditions rudes et à la sécheresse (Shkolnik *et al.*, 2000), où bovins et ovins ne peuvent survivre (Gaddour *et al.*, 2007). Bien que relativement homogène, la population caprine algérienne est divisée en quatre races : la race Arabia, la race Makatia, la naine de Kabylie et la chèvre du M'Zab, auxquelles s'ajoutent le cheptel importé (notamment les races alpine et Saanen) et les produits issus de croisements (Feliachi, 2003).

2. Localisation et effectif

Les laits de mammifères qui ont une importance économique et nutritionnelle sont avant tout les laits de brebis, de chèvre, de vache, et de bufflonne.

La production du lait de chèvre se place en troisième position après celle du lait de vache et de bufflonne, mais elle est assez irrégulièrement répartie dans le monde selon les zones géographiques et selon les pays (Le Jaouen *et al.*, 2011).

Selon les statistiques de la FAO, en l'an 2000, l'Asie détenait 453 millions de caprins, soit 63% de l'ensemble du cheptel caprin mondial. La Chine et l'Inde, se partagent à eux seuls respectivement 21 et 17% du cheptel mondial. En seconde position vient le continent africain avec 29% du cheptel mondial. L'Amérique et l'Europe viennent clore ce classement avec respectivement 5 et 3%. Le caprin dans le monde montre une progression de 70% en passant de 462 millions de têtes en 1985 à 786 millions de têtes en 2005 (FAO, 2006).

Concernant les caprins en Algérie, leur effectif est plus élevé dans les zones montagneuses et surtout broussailleuses (piémonts des montagnes), dans les zones steppiques et le Sud saharien (oasis) que dans la zone littorale où l'espèce est faiblement présente (Badis *et al.*, 2005) (**tableau1**).

Pour les trois pays du Maghreb, l'élevage caprin est pratiqué par la quasi-totalité des foyers ruraux, les chiffres suggèrent que plus d'un tiers des foyers tunisiens, la moitié des foyers marocains et trois quarts des foyers algériens sont concernés (Badis *et al.*, 2005).

Cet élevage constitue 26% du produit brut agricole du Maroc, 30% celui de la Tunisie et 50% celui de l'Algérie (Badis *et al.*, 2005). Le cheptel caprin algérien comprend environ 2,5

millions de chèvres (Feliachi, 2003). Il représente 14% du cheptel global et vient après le cheptel ovin qui représente 26% (Badis *et al.*, 2005).

Malgré une progression de 4,7% en 2003, la production laitière en Algérie demeure encore insuffisante pour combler un déficit estimé à 3 milliards de litres (Ghozlane *et al.*, 2006), alors que le lait frais collecté (dont 80% issus du bovin) n'atteint pas 1 milliard de l/an. Dans cette proportion, le lait de chèvre représente environ 5% de cet apport.

Tableau 01 : Répartition du cheptel caprin en Algérie (Feliachi, 2003).

| Zone | Effectif | % |
|----------------------------------|-----------------|----------|
| Littoral et sublittoral | 212,80 | 8,26 |
| Atlas tellien | 462,83 | 8,75 |
| Hautes plaines telliennes | 439,61 | 17,81 |
| Hautes plaines steppiques | 531,49 | 21,54 |
| Atlas saharien et Sahara | 820,72 | 33,26 |

3. Productions caprines

Le fromage est le principal produit de transformation du lait caprin. Néanmoins, d'autres produits existent comme le yaourt, lait acidifié, Kéfir, huile de beurre, crème, beurre clarifié (Inde et Iran), glaces et même bonbon fabriqué à base de lait caramélisé sucré (Mexique, Norvège, Inde) (Soustre, 2007).

4. Caractéristiques du lait de chèvre

4.1. Caractéristiques organoleptiques

Le lait de chèvre est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse (sérum) comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous (lactose, protéines du lactosérum ... etc.), les autres sous forme colloïdale (caséines) (Doyon, 2005). riche en acide gras, en calcium, en potassium et en vitamine A et contient des protéines facile à digérer comparable au lait maternel.

En raison de l'absence de β -carotènes, le lait de chèvre est plus blanc, blancheur se répercutant sur les produits laitiers caprins. Le lait caprin a un goût légèrement sucré (Duteurtre *et al.*, 2005). Il est caractérisé par une saveur particulière. Cette saveur, en grande partie due à certains acides gras libres, est accentuée par la lipolyse (Morgan *et al.*, 2001).

4.2. Caractéristiques physico-chimiques

4.2.1. pH

Le pH du lait de chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (Remeuf *et al.*, 2011). Néanmoins, le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines se démarque par une variabilité du pH suivant le type génétique en question.

4.2.2. Acidité

Elle est exprimée en degré DORNIC, au moment de la traite, elle varie de 12 à 14 °D. Cette acidité naturelle est fonctionnée du stade de lactation qui lui-même, engendre une variation du taux de caséine. L'acidité naturelle est liée à la teneur en caséine, sels minéraux, ions. En fin de lactation, l'acidité liée à la richesse du lait en caséine est de 16 à 18 °D.

4.2.3. Densité

La densité du lait de chèvre est relativement stable (Veinoglou *et al.*, 2000) et se situe à 1,022.

4.2.4. Eau

Cet élément essentiel est le composé majoritaire du lait (Dahlborn *et al.*, 2011).

4.2.5. Minéraux

La fraction minérale du lait caprin, ne représente qu'une faible portion de celui-ci, en moyenne 8% de la matière sèche.

Elle joue un rôle important dans la structure et la stabilité des micelles de caséine (Gaucheron, 2005).

Le lait de chèvre semble être plus riche en calcium, phosphore, magnésium, potassium et chlore, mais moins riche en sodium (Mahieu *et al.*, 2000).

4.2.6. Vitamines

Le lait de chèvre contient de nombreuses vitamines à des concentrations satisfaisantes pour couvrir certains besoins journaliers. Il s'agit en particulier de certains acides gras polyinsaturés, dont l'acide linoléique, de certaines vitamines dont la vitamine E, la vitamine C, l'acide folique et la vitamine B12, et se distingue par l'absence de β -carotène.

4.2.7. Lactose

Le lait de chèvre est moins riche en lactose, avec une variation allant de 44 à 47g/l (Roudj *et al.*, 2005). C'est le constituant le plus stable du lait de chèvre au cours de la lactation (Roudj *et al.*, 2005).

4.2.8. Matière grasse

Moins riche en matière grasse (Roudj *et al.*, 2005), le lait caprin est aussi plus difficile à écrémer (Attaie *et richtert*, 2000). Du fait que les globules gras caprins se démarquent par leur petite taille, cette disparité leur confère une meilleure dispersion ainsi que l'obtention

d'une phase plus homogène (Heinlein *et caccese*, 2006). La membrane du globule gras caprin est composée de protéines montrant une forte tendance à l'association aux caséines. Le contenu lipidique total du lait caprin, sujet à une forte variation (Cerbulis *et al.*, 2000), se caractérise par une richesse en triglycérides à forte proportion d'acides gras à chaîne courte, notamment en C8 et C10, qui représentent de 11 à 12% des acides gras totaux caprins. On y trouve aussi des triglycérides polyinsaturés à chaîne moyenne.

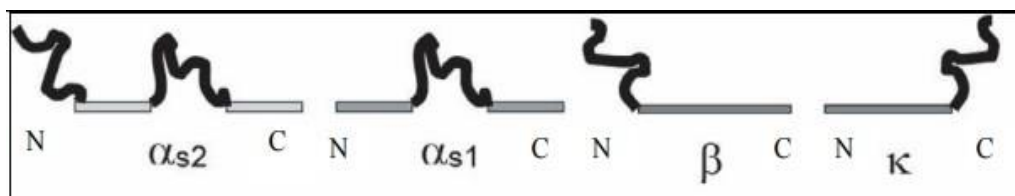
5. Fraction protéique

Les protéines du lait de chèvre comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions, l'une majoritaire dénommées caséines (représentant environ 80%) (Chanokphat, 2005), précipite à pH 4,2 pour le lait de chèvre. L'autre, minoritaire (représentant 20%) et dénommées protéines sériques se caractérisant par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH (Trujillo *et al.*, 2000 ; chanokphat, 2005).

5.1. Caséines

Le lait caprin présente ces constituants caséiniques (caséine α S1, α S2, β , κ et γ) (Roudj *et al.*, 2005). partage avec celui-ci plusieurs similitudes (Roudj *et al.*, 2005). Les caséines sont dépourvues d'acides aminés soufrés, donc non structurées par des ponts disulfures. Elles sont par contre riches en résidu proline (particulièrement la caséine β), résidus connus pour leur rigidité stéréochimique, expliquant ainsi l'absence de structure organisée pour ces protéines (Lorient *et cayot*, 2000).

Ces caséines possèdent des chaînes latérales polaires (résidus phosphoséryle, glutamyle et aspartyle) du côté N-terminal et des chaînes latérales apolaires du côté C-terminal (caséine α S et β), représentation inversée pour ce qui est de la caséine κ (**figure 01**) (Lorient *et cayot*, 2000).



— Région hydrophobe. N et C : Parties N et C terminale de la caséine.

⤿ Région hydrophile.

Figure 01 : Représentation des parties hydrophobes et hydrophiles des différentes Caséines caprines (Phoebe, 2007).

Ces protéines forment des structures micellaires en suspension par interaction du phosphate de calcium, avec les résidus phosphosérines de celles-ci (Marletta *et al.*, 2007). Ces

structures (pelote statistique) ont pour conséquence l'exposition des groupements hydrophobes des caséines, plus que ceux des protéines globulaires, ce qui explique la grande tendance des caséines à l'association (Leonil *et al.*, 2007). L'hydratation des micelles est corrélée positivement avec leur stabilité thermique et négativement avec leur minéralisation (Marletta *et al.*, 2007).

5.1.1. Caséine α S1

Des trois caséines, la caséine α S1 est la plus sensible au calcium, elle est composée de 199 acides aminés pour une masse moléculaire de 23600 Daltons (Marletta *et al.*, 2007) avec 80% de similitude (Trujillo *et al.*, 2000).

La caséine α S1 possède un domaine d'environ 40 acides aminés où sont localisés d'une part, des résidus phosphates (sept à dix) et, d'autre part, douze résidus carboxyliques (Trujillo *et al.*, 2000).conférant à cette protéine une grande acidité et une charge hautement négative (Trujillo *et al.*, 2000).

- **Impact du polymorphisme de α S1-CN**

Les gènes de la caséine caprine, montrent des modifications complexes conduisant à une grande hétérogénéité de cette fraction (Pierre *et al.*, 2001 ; Caroli *et al.*, 2006 ; Marletta *et al.*, 2007), ainsi qu'à sa variabilité tant au niveau quantitatif que qualitatif ce qui se répercute aussi bien sur la composition que sur les propriétés technologiques (propriétés fromagères) du lait de chèvre (Moatsou *et al.*, 2006).

Le polymorphisme le plus marqué est celui de la caséine α S1, qui en plus du fait d'avoir un effet sur son propre taux de synthèse, a aussi des répercussions sur les teneurs en caséines totales (Moatsou *et al.*, 2006). Le polymorphisme de cette fraction associe différents taux de synthèse à différentes classes allyliques fraction (Pierre *et al.*, 2001 ; Caroli *et al.*, 2006 ; Marletta *et al.*, 2007).

Ainsi, pour cette fraction il existe 7 allèles pouvant être regroupés en 3 groupes, le variant « fort » représenté par les allèles A, B et C et associés à des taux de synthèse élevés de 3,6g/l, le variant « intermédiaire » représenté par l'allèle E et associé à des taux de synthèse moyens de 1,6g/l, deux variantes « faibles » F et D associé à un taux de synthèse faible de 0,6g/l et un dernier variant « nul » O dépourvu de caséine α S1(Martin *et leroux*, 2000).

Chaque variant a un impact technologique significatif, c'est ainsi que pour le paramètre « diamètre des micelles » l'influence est nette. Les laits issus du variant (AA), ont des micelles de diamètre plus faible que les laits (EE), eux même de diamètre inférieur aux laits (FF), ($AA < EE < FF$) fraction (Pierre *et al.*, 2001 ; Caroli *et al.*, 2006 ; Marletta *et al.*, 2007). Alors que pour « le degré de minéralisation calcique des micelles », le phénomène s'inverse. Les taux pour les laits (EE) et (FF) sont supérieurs aux laits (AA) fraction (Pierre *et al.*, 2001).

Sur plan technologique, ces laits adoptent des comportements différents. Ainsi, la fermeté du gel présure est supérieure pour le lait (AA) par rapport au lait (EE) lui-même supérieur au lait (FF), la même tendance est suivie pour la vitesse de raffermissement, et aussi pour le taux de matière grasse (Remeuf *et al.*, 2001).

Les laits (FF) étant les moins riches en matière grasse, se caractérisent par des anomalies de comportement à l'écémage avec aussi un degré de lipolyse plus important (Lauret, 2002a; Raynal-Ljutovac *et al.*, 2004), ce qui est à l'origine de la flaveur "chèvre" plus prononcée pour celui-ci (Martin *et al.*, 2000) et est bien moins marquée pour les fromages issus des laits (AA) (Remeuf *et al.*, 2001).

5.1.2. Caséine α_2

La caséine α_2 caprine est la caséine la plus phosphorylée avec plus de 13 résidus du phosphate. Elle contient 288 résidus d'acides aminés pour une masse moléculaire de 25 300 Daltons (Remeuf *et al.*, 2001).

• Impact du polymorphisme de α_2 -CN

Les travaux sur le polymorphisme des caséines caprines, ont permis de mettre en évidence l'existence de 3 variantes pour la caséine α_2 , qui sont, l'allèle A (allèle le plus répandu (Remeuf *et al.*, 2001) B et C (Remeuf *et al.*, 2001). Associés à une production de 2,5g/l de caséine α_2 , ainsi qu'un variant à taux faible et un autre de taux nul (Moatsou *et al.*, 2006). Aucune association entre les aptitudes technologiques et les variantes de cette fraction n'a pour le moment été établie (Remeuf *et al.*, 2001).

5.1.3. Caséine β

La caséine β est une phosphoprotéine constituée d'une seule chaîne polypeptidique (Chanokphat, 2005). Avec cinq résidus phosphosérines pour une masse moléculaire de 24000 Daltons. Cette protéine est bien plus hydrophobe que la caséine α_1 , mais d'une sensibilité moindre au calcium (Chanokphat, 2005).

Cette fraction est constituée par deux composants de poids moléculaire identique, mais avec deux niveaux de phosphorylation différents (cinq et six). La caséine β est composée de 207 résidus d'acide aminé.

Le clivage de la caséine β conduit d'une part à la formation des caséines γ et d'autre part à la synthèse de plusieurs des composants de la fraction protéose-peptone (Chanokphat, 2005).

- **Impact du polymorphisme de β -CN**

Pour la caséine β , 3 variantes A, B et O ont été identifiées (Trujillo *et al.*, 2000). L'existence du variant O de teneur en caséines β nul s'accompagne d'une baisse sensible de la teneur en caséines totales du lait caprin. En contrepartie, ceci s'accompagne d'une augmentation des teneurs en caséine α S1. Il a été constaté que les laits sans caséine β ont un temps de prise beaucoup plus long et donnent des caillés plus mous par rapport aux laits ayant une teneur normale en caséine β (Trujillo *et al.*, 2000).

5.1.4. Caséine κ

Seule la caséine κ est une glycoprotéine dotée de propriétés amphiphiles (Martin *et leroux*, 2000). La caséine κ caprine a une masse moléculaire de 19000 Daltons pour 171 résidus d'acides aminés. Elle contient deux résidus phosphate. Elle est difficilement précipitée par les ions calcium (Chanokphat, 2005). Ces deux facteurs combinés font que la caséine κ joue le rôle de stabilisant pour les autres caséines (Chanokphat, 2005).

Pour ces raisons, la caséine κ est localisée à la périphérie de la micelle de caséine, jouant le rôle à la fois de limitant de la croissance de la micelle et de maintien de celle-ci en suspension dans le lait (Leonil *et al.*, 2007).

La fraction κ se démarque des autres fractions par son contenu cystéinique, au nombre de deux résidus localisés dans la frange hydrophobe. Ces résidus permettent la polymérisation via des ponts disulfures (Chanokphat, 2005).

5.1.5. Caséine γ

Cette fraction se retrouve en faible quantité dans le lait, et résulte d'une protéolyse naturelle et limitée de la caséine β (Chanokphat, 2005). D'un point de vue sensibilité au calcium, cette dernière fraction de caséine est plus affectée que la caséine α S1 et β (Chanokphat, 2005).

5.2 Protéines du lactosérum

Ces protéines ont une bonne valeur nutritionnelle, car elles sont riches en Lysine, Tryptophane et acides aminés soufrés (Lorient *et cayot*, 2000). Elles ont une structure compacte stabilisée par des ponts disulfure. Ce sont des protéines qui sont sensibles au traitement thermique (Lorient *et cayot*, 2000).

Tableau 02 : Composition moyenne en g/litre et distribution des protéines dans le lait de diverses espèces animales (chèvre et brebis) (FAO, 2006).

| Protéines | Chèvre | Brebis |
|--|-----------------|-----------------|
| α-lactalbumine | 2,0 g/l (25%) | 1,3 g/l (10%) |
| β-lactoglobuline | 4,4 g/l (55%) | 8,4 g/l (67%) |
| Albumine sérique | 0,6 g/l (7%) | 0,6 g/l (5%) |
| Immunoglobulines | 0,5 g/l (6%) | 2,3 g/l (18%) |
| Protéose-peptone | 0,6 g/l (7%) | - |
| Total PS (100%) | 8,10 g/l (100%) | 12,6 g/l (100%) |
| Caséine αs | - | 21 ,0 g/l (47%) |
| Caséine β | - | 16,1 g/l (36%) |
| Caséine κ | - | 4,5 g/l (10%) |
| Caséine γ | - | 3,0 g/l (6%) |
| Total CN (100%) | 26,0 g/l (100%) | 44,6 g/l (100%) |
| Protides totaux | 34,1 g/l | 57,2 g/l |

5.2.1 β – lactoglobuline

La β -lactoglobuline est la protéine majeure du lactosérum caprin (Fox, 2003). Elle représente environ 55% soit plus de 4,4g /l de lait. Cette protéine possède une structure globulaire maintenue et stabilisée par deux ponts disulfures (Fox, 2003). On y note aussi la présence, en un cœur central de feuilletts β antiparallèles, formant un site de fixation hydrophobe (Fox, 2003).

Cette dernière caractéristique permet la fixation de petites molécules hydrophobes tels les acides gras et explique la fonction supposée de cette protéine dans la fixation et le transport du rétinol, précurseur de la vitamine A (Fox, 2003).

5.2.2 L' α -lactalbumine

Représentant environ 20 à 25% des protéines sériques (Marshall, 2004), l' α -lactalbumine, est une métalloprotéine globulaire, caractérisée dans sa structure par la présence de 4 ponts disulfures lui conférant une stabilité thermique remarquable (Haertle, 2000). Il faut néanmoins noter que malgré une structure proche de celle du lysozyme, celle-ci ne présente pas d'activité enzymatique (Haertle, 2000). Toutefois l' α -lactalbumine, présente la particularité de fixer certains ions tels le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le

cuivre et le zinc et aussi et surtout elle intervient dans le processus de biosynthèse du lactose (Haertle, 2000).

5.2.3 Sérum albumine

Le sérum albumine est une protéine largement décrite dans le lait, il est toutefois clairement démontré qu'elle possède une similitude physique et immunologique accrue avec son homologue sanguin (Lieske *et al.*, 2005), ceci s'explique par le passage du sérum albumine du sang vers le lait, au travers des jonctions des vaisseaux sanguins de la glande mammaire (Lieske *et al.*, 2005).

Cette protéine caractérisée par une forte tendance à l'agrégation (Lieske *et al.*, 2005), celle-ci se retrouve dans le lait associé au cuivre et au zinc, ce qui est en phase avec la capacité de cette dernière à lier un nombre élevé de ligands (Lieske *et al.*, 2005).

5.2.4 Immunoglobulines

D'une grande hétérogénéité, les immunoglobulines sont un groupe protéique complexe et différent significativement des autres protéines sériques (Park, 2007). Sur les 5 classes d'immunoglobulines seules les Ig G, A et M se retrouvent dans le lait caprin (Park, 2007). La fonction protectrice largement connue de ces protéines s'exprime à travers le lait d'une part par la protection des glandes mammaires et d'autre part par celle du nouveau-né (Marshall, 2004).

5.2.5 Protéose-peptones

Les protéoses-peptones constituent une fraction protéique soluble après traitement thermique à 95°C pendant 30 minutes suivies d'une acidification au pH isoélectrique des caséines (Ng *et al.*, 2000).

Les constituants de cette fraction se distinguent en fonction de leur origine : ceux issus de l'hydrolyse de la caséine β (composant 5 et 8) (Vojtech *et al.*, 2008) et le composant 3 (ou PP3) (Ng *et al.*, 2000), qui est une glycoprotéine phosphorylée, représentant le composant majeur de la fraction hydrophobe des protéoses-peptones (Vojtech *et al.*, 2008).

5.2.6 Lactoferrine

La lactoferrine est une Métalloglycoprotéine fixatrice du fer (Marshall, 2004). La lactoferrine joue le rôle de promoteur dans l'absorption intestinale de celui-ci (Marshall, 2004). De plus, du fait de son homologie avec la transferrine, elle est souvent qualifiée de lactotransferrine (Vojtech *et al.*, 2008).

Connue pour ses propriétés bactériostatiques (Maubois, 2002), par Ferri privation (Maynard *et al.*, 2004), sa concentration dans le lait est un indice de résistance des glandes mammaires à l'implantation d'une infection bactérienne (Maynard *et al.*, 2004).

5.2.7 Lactoperoxydase

Enzyme la plus abondante du lait (Marshall, 2004), la lactoperoxydase est connue pour son caractère bactéricide du fait qu'elle est le catalyseur de l'oxydation par le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) du thiocyanate (SCN⁻) donnant naissance à l'hypothiocyanate (OSCN⁻) (Marshall, 2004), composé actif sur les bactéries Gram négatif (Zapico *et al.*, 2004).

Du fait de cette caractéristique bactéricide, la lactoperoxydase est utilisée comme agent protecteur du lait cru en particulier dans les régions tropicales et cela par l'ajout de faibles quantités de thiocyanate et de peroxyde d'hydrogène au lait de chèvre (Zapico *et al.*, 2004).

6. Comportement technologique

Le lait de chèvre a un comportement technologique, en raison de sa forte variabilité protéique (Remeuf *et al.*, 2011).

Néanmoins, même à teneur égal en caséines. Le gel formé est moins ferme, plus friable. Il est caractérisé par un temps de prise plus court et une vitesse de raffermissement plus grande et surtout un rendement moindre (Remeuf *et al.*, 2011). Particulièrement pour les laits à teneur faible en caséines α S1 (Remeuf *et al.*, 2011). La grande taille des micelles caprines explique la faible fermeté du gel du fait de la corrélation négative entre diamètre des micelles et fermeté du gel (Remeuf *et al.*, 2011).

1. L'élevage ovin

En Algérie, l'effectif des petits ruminants est composé d'environ 20 millions des têtes d'ovins. Ils prédominent et représentent 78% de l'effectif national (Benyoucef *et al.*, 2000) et 4% de la production mondial. Dont près des 2/3 sont des femelles ONS. (2004) avec plus de 10 millions de brebis Suivi par les caprins qui représentent 14% du troupeau national (**Figure 02**).

En Algérie, l'élevage ovin est une source de protéines considérable, il est constitué essentiellement de races locales de faibles productivité, mais bien adaptées aux conditions de différentes régions naturelles : pâturage dans la steppe et pâturage des chaumes de céréales sur les hauts plateaux, Il constitue donc la première ressource renouvelable (Zoubeidi *et al.*, 2014).

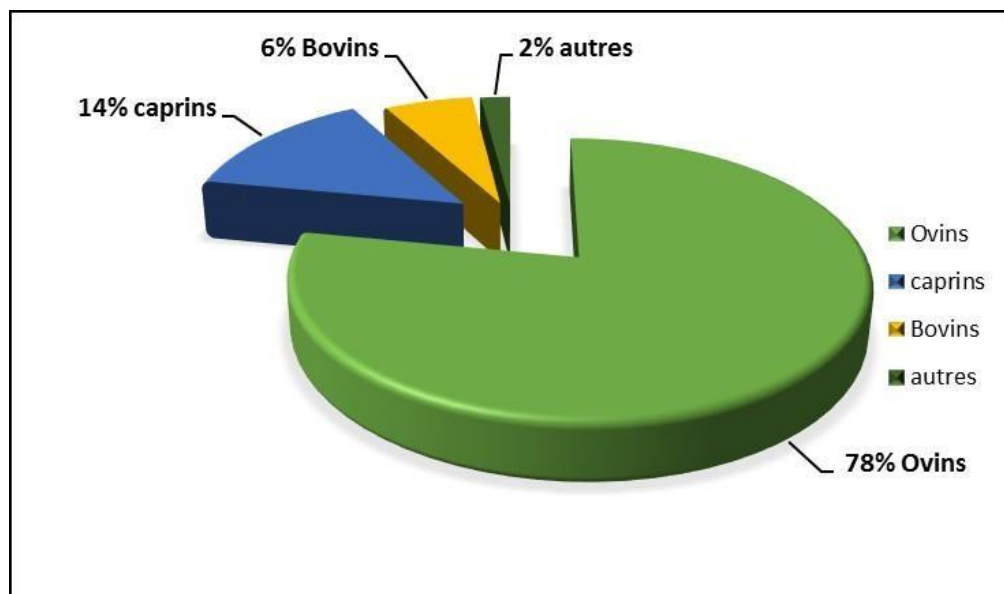


Figure 02 : Effectif du cheptel en Algérie (FAO-stat, 2010).

L'élevage en Algérie est caractérisé par l'adaptation aux conditions climatiques du pays. En effet, l'inégalité observée dans la répartition de l'élevage ovin en Algérie est dû aux différents modes d'élevage utilisés. Ces modes comprennent deux types différents un élevage extensif nomade sur les zones steppique et saharienne, important, plus de 13 millions de têtes et un élevage semi-extensif sédentaire sur les hauts plateaux céréalières, le tell et le littoral intéressant environ 6 millions de têtes (Boussena, 2013). Le cheptel ovin occupe une place importante dans l'économie nationale de l'Algérie, c'est une source polyvalente. En outre il est utilisé pour la production nationale de viandes rouges en contribuant par 50% de la production globale (Moula, 2014). Son prix est tributaire des aléas climatiques, des disponibilités alimentaires chez les éleveurs et de certaines circonstances religieuses (Ramadan et fête de l'Aïd El kébir).

Les ovins jouent d'autres rôles importants. A savoir l'assurance d'une trésorerie permanente pour la plupart des éleveurs, la contribution à la fertilisation des terres cultivées par la production du fumier et l'approvisionnement de l'industrie en matière première comme la laine et la peau pour la fabrication des matelas, des tentes pour les nomades et les habitas, dont la quantité produite échappe à tout contrôle.

Ces petits ruminants participent à la production du lait. Il est utilisé pour l'autoconsommation familiale et parfois à la fabrication du beurre mais sans aucun circuit de commercialisation. Malgré l'importance du lait de brebis dans l'industrie fromagère, il n'y a aucune industrie de lait de brebis en Algérie, quelques investisseurs privés étudiant actuellement la faisabilité (Bencherif, 2011).

2. Production laitier

La production laitière moyenne annuelle au cours de la dernière décennie est environ de 1 milliard de litres dont 60 % provient de l'élevage bovin, 26 % fournit par les brebis et 13 % de lait de chèvre (Fao, 2005).

La production laitière moyenne par jour des races ovines algériennes est de 400 g pendant 4 à 5 mois. Elle est destinée exclusivement à l'allaitement des agneaux. Une très faible partie est utilisée pour l'autoconsommation familiale pour les ménages pastoraux (Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes) (Dutilly-Diane, 2006).

3. Races ovines algérienne

Les ovins sont essentiellement composés de races locales (Benyoucef *et al.*, 2000). Qui se répartissent inégalement entre races principales (Ouled-Djellal, Rumbi et Hamra) et race secondaire moins abondantes (Berbère, Barbarine, D'men et Targuia-Sidaou) (Chellig, 1992). La race Ouled-Djellal représente, à elle seule, environ 63% de l'effectif total tandis que la race Rumbi (11%) détient la deuxième position (Anonyme1, 2003). **La figure 03** illustre L'effectif (million de têtes) et le pourcentage des différentes races locales

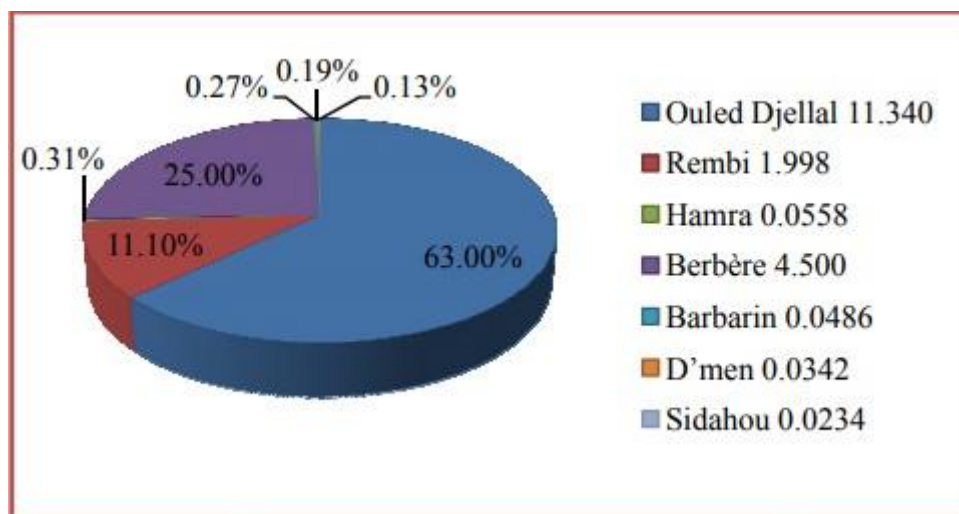


Figure 03 : Effectif (million de têtes) et pourcentage des différentes races locales (Moualek, 2011).

4. Caractéristiques du lait de brebis

4.1. Caractéristique organoleptique

Selon l'étude de (Maurer *et al.*, 2007), le lait des brebis laitières est un aliment précieux d'une grande valeur nutritive (acides gras, substances minérales, vitamines), avec une densité nutritive élevée représentée par la matière grasse, protéines et sa teneur en extrait sec (18%), le lait de brebis a une odeur et une saveur caractéristiques. Il est extrêmement blanc.

C'est par excellence un lait de fromagerie. Il est toutefois utilisé également pour la consommation en nature mais il est trop riche et trop concentré, et doit être dilué.

Le lait de brebis permet également la fabrication de laits acidifiés. Il existe un grand nombre de variétés de fromages au lait de brebis susceptibles d'être maturés de façons très différentes.

4.2. Caractéristique physico chimique

4.2.1. pH

Le pH global d'un lait frais varie d'une espèce à l'autre. Pour le lait ovine, le pH moyen se situe autour de 6,65 (Park *et al.*, 2007).

Le pH du lait de brebis, se caractérise par des valeurs allant de 6,51 à 6,85 (Haenlein *et al.*, 2008) avec une moyenne de 6,65 différent peu, du pH moyen du lait caprin qui est de 6,45 à 6,90 respectivement (Park *et al.*, 2007).

Bien que l'amplitude de variation de cette grandeur soit assez faible pour un lait frais, elle est étroitement liée à la composition de ce dernier, plus particulièrement en phosphore, citrates et caséines (Park *et al.*, 2007).

En plus de ces données, certains auteurs attribuent aussi les fluctuations constatées à l'effet de race (Martini et Caroli, 2003) et au stade de lactation (Gonzalo *et al.*, 2005).

La mesure du pH renseigne beaucoup plus sur la stabilité du lait et celle de ses micelles (Park *et al.*, 2007). De plus, il n'a été relevé que les paramètres rhéologiques, en particulier, le Sur le plan hygiénique, considèrent le pH du lait des petits ruminants comme l'un des indicateurs de la qualité de produit, ce qui introduit de facto la nécessité de recourir à cette mesure dès l'arrivée du lait dans les laiteries (Pirisi *et al.*, 2007).

4.2.2. Acidité du lait

L'acidité du lait est influencée par certains facteurs tels que les conditions hygiéniques et climatiques (température) ainsi que le stade de lactation (Pavic *et al.*, 2002). Il faut cependant distinguer entre l'acidité naturelle, traduisant la richesse du lait en différents constituants de celle dite développée, dure à la formation d'acide lactique. L'acidité titrable d'un lait varie en fonction de l'évolution de la teneur en protéines du lait et varie selon certains auteurs selon la saison (Debry, 2001).

L'acidité du lait de brebis reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,22 et 0,25% d'acide lactique, elle est plus élevée que celle du lait bovin et caprin (0,15 et 0,18%, 0,14 et 0,23% respectivement) (Debry, 2001).

4.2.3. Densité

La densité moyenne du lait de brebis, à la température de 20°C, se situe à 1,036 (Rouissi *et al.* 2006) mentionnent des valeurs similaires variant entre 1,035 et 1,037. Par contre, (Martini *et al.*, 2008b) rapportent une valeur plus faible égale à 1,030.

La densité du lait dépend étroitement de sa composition, particulièrement de sa richesse en matières sèches dégraissées (Croguennec *et al.*, 2008). Dans ce sens, la densité varie au cours de la lactation (Kuchtik *et al.*, 2008), de façon plus notable si l'on considère les mois de lactation plus que les semaines (Croguennec *et al.*, 2008).

L'écémage augmente la densité du lait par contre le mouillage la diminue (Amiot *et al.*, 2002).

4.2.4. Viscosité

La viscosité est inversement proportionnelle à la température. La viscosité du lait de brebis est plus élevée que celle du lait chèvre (Park *et al.*, 2007).

4.2.5. Point de congélation

Le point de congélation est le paramètre le plus constant. Il est utilisé pour détecter un éventuel mouillage du lait, alors que l'hydrolyse du lactose provoque son abaissement (Croguennec *et al.*, 2008).

Sa valeur moyenne est estimée pour le lait ovin à -0.570°C (Anonyme, 2000).

En effet, sont déterminé entre des valeurs des fluctuations plus ou moins importantes du point de congélation ont été relevées :

} $0.564\text{à}0.570^{\circ}\text{C}$ (Pavic *et al.*, 2002) ;

} $0.560\text{à}0.86^{\circ}\text{C}$ (Hilali *et al.*, 2011) ;

} $0.575\text{à}0.571^{\circ}\text{C}$ (Gonzalo *et al.*, 2005).

4.2.6. Eau

Pondéralement, l'eau est le composant le plus important du lait, il représente environ 9/10 du lait. Les autres éléments constituent la matière sèche totale, qui est plus importante chez le lait de brebis (Vignola *et al.*, 2002).

4.3 Composition chimique

Le lait de brebis, se singularise par des teneurs en lipides et en moyenne deux fois plus élevées que celles de lait de chèvre, lui conférant ainsi une très bonne valeur nutritionnelle. Ce lait est de couleur blanc nacré, plus visqueux. Il présente une odeur, dite de suint, discrète quand il est récolté dans de bonnes conditions.

4.3.1. Lactose

Le lactose est le sucre spécifique du lait et est un des constituants importants de sa matière sèche. Selon les valeurs rapportées par la bibliographie, ce glucide est l'un des constituants les plus stables et ne subit que de faibles variations, comparativement aux autres constituants majeurs. En effet, la valeur la plus faible (3,49%) a été enregistrée par (Maamouri *et al.*, 2008) en Tunisie par contre celle la plus élevée (5,27%) est rapportée par (Kremer *et al.*, 2011) en Uruguay. L'amplitude de l'écart entre le maximum et le minimum est assez réduite (1,78%). Les variations enregistrées à ce niveau sont liées, selon (Assenat, 1985), à de multiples facteurs tels que les conditions climatiques, l'alimentation, la conduite du troupeau et la sélection. Cependant, le même auteur signale qu'il peut exister des différences importantes dans la teneur en lactose entre les laits d'animaux pris individuellement.

4.3.2. Matières azotées

Les différents constituants azotés du lait sont représentés par la fraction protéique (qui renferme environ 95% de l'azote total du lait) et la fraction azotée non incluse dans les protéines ou azote non protéique (ANP) qui en renferme environ 5%. Cette dernière est de nature hétérogène car elle comprend de nombreux produits de dégradation du métabolisme de l'animal et de la mamelle (Assenat, 1985).

a) L'azote non protéique

La fraction de l'azote non protéique (ANP), qui est un des reflets de l'activité métabolique, est constituée de composés divers (acides aminés libres, urée, acide urique, créatine, créatinine, ammoniacale...) qui n'ont pas pour la majorité d'entre-eux une valeur nutritionnelle (Pirisi *et al.*, 2001) fraction, du fait qu'elle existe à des teneurs variables entre les espèces laitières, doit être prise en compte dans les dosages pour la détermination de la teneur en protéines (Pirisi *et al.*, 2001). Dans le lait de brebis, la teneur en ANP varie de 0,04% (Pirisi *et al.*, 2001) à 0,8% (Park *et al.*, 2007).

b) L'azote protéique

Les protéines du lait sont des constituants essentiels et vitaux en raison de leur grande valeur nutritionnelle, de leurs propriétés biologiques et de leurs qualités techno-fonctionnelles recherchées (Barlowska *et al.*, 2011).

Selon son organisation tridimensionnelle, la fraction protéique du lait peut être scindée en deux grands groupes de protéines :

- la première, qui représente environ 80%, des protéines totales est de type micellaire et peu organisées. Ce sont les caséines, qui ont la particularité de précipiter entièrement à leur pH isoélectrique ;
- la seconde (environ 20 % restant), comprend des protéines relativement organisées, pour la plupart de type globulaires à savoir les protéines du lactosérum.

Dans le cas du lait de brebis, le taux de protéines totales est estimé, selon (Martini *et al.*, 2008), à 5,71 (lait collecté en Italie), 5,7 (lait Grec) et 5,83% (lait Bulgare). (Assenat, 2000) et (Pellegrini *et al.*, 2000) ont avancé des valeurs plus faibles (5,35 et 5,51%) pour le lait de brebis collecté en France.

b.1) Caséines

D'un point de vue nutritionnel, les caséines constituent une source relativement bon marché d'acides aminés (AA), notamment d'acides aminés essentiels non synthétisés par l'organisme, de calcium alimentaire et de phosphore pour le nouveau-né (Pelmus *et al.*, 2012). La transformation des caséines en fromage est l'une des plus importantes transformations

technologiques dans le domaine des industries agro-alimentaire (Hinrichs, 2004). Les caséines sont actuellement recherchées aussi pour leurs propriétés fonctionnelles que pour les activités biologiques de leurs peptides constitutifs (Pelmus *et al.*, 2012).

- **Aspects quantitatifs**

Le lait de brebis est plus riche en caséines que le lait de chèvre (Pelmus *et al.*, 2012) Leur taux, se situe entre 3,38% (Rassu *et al.*, 2007) et 7,75% (Potocnik *et al.*, 2011) avec une valeur moyenne de 4,50% (Pelmus *et al.*, 2012).

Les caséines du lait ovin constituent 74,1% (Pelmus *et al.*, 2012) à 83% (Park *et al.*, 2007) des protéines présentes. Comme dans le lait de référence, elles regroupent plusieurs protéines dont les caséines α_1 , α_2 , β et κ . sont majoritaires.

Ces fractions caséiniques se distinguent les unes des autres par leur taille et leur composition en acides aminés (Leonil *et al.*, 2001). Elles se retrouvent dans lait essentiellement sous formes de particules sphériques dites micelles de dimensions légèrement réduites par rapport à celles du lait de chèvre (193 vs 260 nm, Park *et al.*, 2007) et (210 vs 260 nm, Potocnik *et al.*, 2011).

La teneur en caséine α_2 (ou α_2 -CN) semble être inférieure à celle de la caséine α_1 (ou α_1 -CN) (14,7 vs 15,5%, Assenat, 1985 ; 12,0-16,4 vs 33,9-38,8%, Moatsou *et al.*, 2004 ; 19,31 vs 23.43%, Pelmus *et al.*, 2012). D'après (Assenat, 1985), le lait de brebis est plus riche en α -CN (30,2%) que le lait de chèvre (12,6%). Les caséines α_1 , α_2 ovines présentent les plus hauts niveaux de phosphorylation (Giambra, 2011).

La caséine β (ou β -CN) est la fraction la plus abondante avec des teneurs qui varient entre 33,72 (Pelmus *et al.*, 2012) et 37-42,3% (Moatsou *et al.*, 2004) par rapport à la caséine totale. Pour (Assenat, 1985), le pourcentage de β -CN représente presque la moitié de la caséine totale (47,1%). Concernant la caséine κ (κ -CN), bien qu'elle détient le rôle clef dans la coagulation du lait par la présure (Cayot *et Lorient*) elle est présente dans le lait ovin mais avec des teneurs plus faibles (7,3, Assenat, 1985 ; 9,1-10.8%, Moatsou *et al.*, 2004) à l'exception des résultats trouvés par Pelmus *et al* (2012) pour qui, la teneur en κ -CN est estimée à 23,54%. La caséine κ possède plusieurs niveaux de glycosylation (Giambra, 2011).

Notons que quelques fragments peptidiques (caséine γ), provenant de l'hydrolyse enzymatique de la caséine β par la plasmine, peuvent s'associer à la micelle (Croguennec *et al.*, 2008).

- **Aspects moléculaires**

La composition en acides aminés des caséines a été étudiée et leur séquences ont été établies (Jolles *et al.*, 2011).

Le séquençage des caséines $\alpha 1$, $\alpha 2$ ovines permet d'énumérer 199 acides aminés (AA) pour $\alpha 1$ -CN avec une masse molaire de 22,7KDa et 208 pour $\alpha 2$ -CN avec une masse molaire de 24,7KDa (Park *et al.*, 2007).

Shalichev *et tanev* (1972) ont isolé, purifié et déterminé quelques caractéristiques chimiques et physico-chimiques des caséines α ainsi que leur composition en(AA). Les caséines $\beta 1$ et $\beta 2$ ont le même polypeptide et sont constituées de 207 (Richardson et *Mercier*, 1979) à 209(AA) (Park *et al.*, 2007). La séquence primaire de κ -CN a été déterminée par Jolles *et al.*, (1974). Cette protéine, constituée d'une seule chaîne polypeptidique, compte 172 (AA) avec une masse molaire de 19.1KDa. (Souliers *et al.*, 1975) estiment que la taille de la molécule peut varier de 169-172(AA). Selon Amigo *et al* (2000), aucun variant génétique n'a été observé pour cette protéine. Selon eux, les variations relevées par certains auteurs sont dues probablement aux divers degrés de glycosylation et de phosphorylation.

L'hétérogénéité de la caséine a été relevée et établie depuis 1937 grâce à son fractionnement par électrophorèse (Mathieu, 1998). Pour le lait ovin, cette hétérogénéité est déterminée, selon Amigo *et al* (2000), soit par la présence de variantes génétiques ou par d'autres facteurs tels que le niveau de phosphorylation, la variation de la glycosylation de la fraction κ -CN et la coexistence des formes de protéines à différentes longueurs de chaînes. Les caséines ovines sont caractérisées à l'instar de leurs homologues bovines par un polymorphisme génétiques. Ainsi, cinq variantes de ($\alpha 1$ -CN) notés (A, B, C, D, E) ont été identifiées par Chianese *et al* (1996). Deux variantes de la caséine $\alpha 2$ (A et B) sont décrits (Park *et al.*, 2007). Ils se différencient par le remplacement des acides aminés Asn49 et Lys200 respectivement par Aspect Asn. Un autre variant de la caséine $\alpha 2$ a été trouvé par Chianese *et al* (1993) pour la race ovine Manchega.

La caséine β se présente sous deux formes $\beta 1$ et $\beta 2$ (Richardson et *mercier*, 1979) qui se différencient par le nombre de groupe phosphate (6 pour $\beta 1$ et 5 pour $\beta 2$). Enfin, Alais *et jolles* (1967) ont isolé et purifié deux variantes de κ -CN (A et B).

Il est admis que plus la teneur en caséines n'augmente, plus l'aptitude du lait à la transformation fromagère est meilleure. C'est ainsi que le ratio caséines/protéines totales est considéré comme critère conditionnant la qualité fromagère du lait (Assenat, 1985).

Par ailleurs, il semble que la nature de $\alpha 1$ -CN soit déterminante, comme dans le cas du lait caprin, pour la qualité fromagère du lait de brebis (Amigo *et al.*, 2000).

b.2) Protéines solubles

Les protéines solubles ou protéines du lactosérum varient de 0,95 (Pellegrini *et al.*, 2000) à 1,44% (Baltadjieva *et al.*, 2007) et représentent environ 17-25,84% de l'ensemble des protéines du lait de brebis (Park *et al.*, 2007 ; Pelmus *et al.*, 2012).

Ces protéines sont essentiellement représentées par la β -lactoglobuline (β -Lg), l' α -lactalbumine (α -La), les immunoglobulines (Ig), le sérum albumine (SA), les protéoseptones (Pp), et d'autres protéines mineures tels la lactoferrine (Lf), la plasmine, la lactoperoxydase (Lp)...etc.

La β -Lg est la plus dominante parmi les protéines sériques dans le lait excepté le lait humain et camelin (où elle est peu présente ou absente, (Barlowska *et al.*, 2011). Elle représente environ 50 à 60% des protéines solubles totales (Pelmus *et al.*, 2012).

La structure primaire de la β -Lg ovine permet de distinguer 162(AA) et une masse molaire de 18,1KDa (Park *et al.*, 2007).

Trois variants génétiques pour cette protéine ont été identifiés dans le lait ovin : A, B et C (Park *et al.*, 2007). Recio *et al.* (1997), en analysant 574 échantillons de lait Italien, ont pu mettre en évidence cinq phénotypes (A, B, AB, AC et BC) dans le lait de la race Merino et seulement trois dans celui de la Lacha. En 1993, Fernandez-espla *et al.* (1993) ont pu isoler les variants génétiques de la β -Lg et mettre en évidence l'hétérogénéité de la β -Lg A.

Selon Park *et al.* (2007), l' α -La dans le lait ovin et caprin est homologue à celle du bovin. C'est une métalloprotéine renfermant un atome de Ca par molécule. Son importance physiologique réside dans la synthèse du lactose. Deux variants génétiques ont été identifiés α -La A et α -La B bien que ce dernier soit rare et spécifique à certaines races (Amigo *et al.*, 2000). L' α -La est une petite protéine sous forme de monomère de 123 (AA) et une masse molaire de 13.8KDa (Mercier *et al.*, 1978).

Le taux d' α -La, dans le lait ovin est variable selon les auteurs : Potocnik *et al.* (2011) ainsi que Moatsou *et al.* (2005) l'estiment entre 8,97 et 17%. Assenat (1985) rapporte quant à lui un taux égal à 25,1%. Potocnik *et al.* (2011) signalent que le lait ovin contient 3,6-5,1% d'albumine sérique et 5,6% de protéoses-peptones par rapport aux protéines solubles.

4.3.3. Matière grasse

a) Composition et variabilité

Le lait de brebis est réputé pour sa richesse en matière grasse. Cette dernière varie largement en fonction de plusieurs facteurs. Certains sont liés à l'alimentation (qualité et quantité de l'aliment), d'autres sont d'ordre non nutritionnel (génétiques, stade de lactation, parité, saison,...) (Perea *et al.*, 2000 ; gargouri, 2005 ; lock *et al.*, 2005 et Sanz sampelayo *et al.*, 2007). Le taux des lipides varie entre 4.96 (Kuchtik *et al.*, 2008) et 9.60% (Simos *et al.*, 2008). Ces valeurs sont bien supérieures à celle rapportée sur le lait de vache (2,8-4,8%) ou encore de la chèvre (4,1-4,5) (Huebner, 2012). Selon ce dernier auteur, l'absence de β carotène dans la matière grasse laitière du lait ovin contribue à la blancheur de ce dernier.

La matière grasse laitière est constituée essentiellement de triglycérides (98%). Les diglycérides, mono-glycérides et les acides gras libres sont naturellement présents en faibles quantité mais leur proportion peut augmenter en cas de lipolyse (Jeantet *et al.*, 2007). De nombreux autres composés sont présents mais à des teneurs beaucoup plus réduites (phospholipides, cholestérol, vitamines) (Amiot *et al.*, 2002).

b) Globule gras

Comme dans tous les laits, la matière grasse est présente sous forme de globules gras (GG) sphériques en émulsion dont la taille et le nombre varient d'une espèce à l'autre. (Huebner, 2012).

4.3.4 Matières minérales

Les sels minéraux correspondent aux matières salines sans les anions organiques, essentiellement les citrates (Croguennec 2008).

Les minéraux du lait jouent un rôle important sur les plans physico-chimiques, technologiques et nutritionnel. Ils interviennent dans la stabilité des micelles de caséines (Croguennec *et al.*, 2008), dans le processus de coagulation du lait (Mahaut *et al.*, 2003) et dans la diversité de texture des fromages élaborés (Croguennec *et al.*, 2008). D'un point de vue nutritionnel, le lait constitue la principale source alimentaire de calcium et de phosphore (Mahaut *et al.*, 2003). Le lait de brebis, comme celui de vache, renferme des éléments minéraux majeurs dont la teneur est supérieure à 0,1g/l et des oligo-éléments présents à l'état de trace. Dans ces fractions, certaines proportions sont sous forme colloïdale, d'autres sous forme soluble (cas du sodium, potassium et chlorure).

Ainsi, les caséines ont une affinité pour les éléments minéraux et peuvent fixer divers cations grâce aux groupements carboxyliques de leurs résidus aspartyle, glutamyle et phosphoséryle. De ce fait, elles séquestrent 70% du calcium total, la moitié du cuivre et du fer, tout le z

le manganèse du lait de vache (Mahaut *et al.*, 2003) .Selon Gaucheron (2005), presque la totalité du potassium et du sodium est sous forme soluble.

Tableau 03 : Teneurs en éléments minéraux du lait chèvre et de brebis (FAO, 2002).

| Minéraux: mg/Litre | Chèvre | brebis |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Calcium | 1350 | 1900 |
| Phosphore | 1000 | 1500 |
| Magnésium | 180 | 160 |
| Potassium | 1800 | 1250 |
| Sodium | 400 | 450 |
| Fer | 0,1 | 0,5 à 0,7 |
| Chlore | 2,20 | 1,21 |

5. Facteurs de variation de la composition du lait

La composition du lait cru ovin n'est pas stable et est sujette à de multiples variations. Pour cela, plusieurs facteurs ont été rapportés dans la littérature. Certains sont intrinsèques ou liés à l'animal tel que : la race (Haenlien, 2002 ; Tsiplakou *et al.*, 2006 ; Mierlita *et al.*, 2011), le stade de lactation (Sahan *et al.*, 2005 ; Kuchtik *et al.*, 2008 ; Hejtmankova *et al.*, 2012), le rang de lactation (Piras *et al.*, 2007), le numéro de lactation (Oravcova *et al.*, 2007), l'âge de l'animal (Abdallah *et al.*, 2011) et l'état de santé des mamelles (Raynal-Ijutovac *et al.*, 2007). D'autres sont liés à aux facteurs extrinsèques tels : l'alimentation (Bovera *et al.*, 2003), les pratiques de la traite (Abdallah *et al.*, 2011), ainsi que divers autres facteurs (Morand-fehr *et al.*, 2007).

1. Objectif

L'objectif principal du présent travail est de réaliser d'une part, une étude comparative entre les laits de chèvre et de brebis prélevés dans deux régions de l'ouest algérien ainsi que, l'évaluation de leurs qualités physico-chimiques. D'autre part, de procéder à l'isolement et à la purification des caséines des laits de brebis et de chèvre.

Le présent travail a été affilié au niveau de l'université Abdelhamid ben Badis Mostaganem, au Laboratoire de Sciences et Techniques de Production Animales.

2. Echantillonnage

Les échantillons de lait prélevés à partir de chèvres et de brebis proviennent de l'ouest algérien exactement, de deux wilayas : Mostaganem (Hassi Mameche) et Relizane (Sidi Khateb). Le lait est traité proprement dans des flacons stériles, Tous les échantillons de lait sont soigneusement étiquetés (espèce, lieu, date). Ces échantillons sont placés immédiatement dans une glacière et transportés vers le laboratoire où ils sont aussitôt analysés. A l'arrivée, une mesure de pH est immédiatement effectuée. Suivant l'objectif expérimental visé, le lait est fractionné. Une partie est destinée aux analyses physico-chimiques et une autre, au phénotypage protéique. Pour le reste, il est reparti en petites fractions et congelées à -18°C pour une utilisation ultérieure.

Le nombre d'échantillons prélevés et analysés était de 33 échantillons, 16 échantillons pour le lait de brebis et 17 échantillons pour le lait de chèvre.

3. Présentation des zones d'étude

3.1 Situation géographique de la commune Hassi Mameche

Hassi Mameche est une commune de la wilaya de Mostaganem qui s'étend sur 63km² et compte 32903 habitants (2012). La densité de population est de 522 habitants par km² sur la ville (Andi, 2014). Le climat de Hassi Mameche est dit tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Hassi Mameche qu'elles ne le sont en été. Sur l'année, la température moyenne à Hassi Mameche est de 17.0 °C. Il tombe en moyenne 406 mm de pluie par an. (Andi, 2014)

3.2 Situation géographique de la commune de Sidi khatteb

Sidi khatteb est situé dans la daïra d'El Matmar de la wilaya de Relizane la ville s'étend sur 182 km² et compte 14 074 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 77,3 habitants par km² sur la ville. Entourée par la commune Belassel Bouzegza, Ouled Maallah et Oued El Kheir, Sidi Khettab est située à 12 km au sud-est de Oued El Kheir la plus grande ville du alentours. Située à 79 mètres d'altitude, Sidi

Khettab a pour coordonnées géographiques : Latitude: 35° 54' 39" nord, Longitude: 0° 30' 40" (Andi, 2014). La région de Sidi Khettab bénéficie d'un climat tempéré chaud. L'hiver à Sidi Khettab se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été, avec une moyenne 367 mm de pluie par an. (Andi, 2014). Le climat est semi-aride. Sur l'année, la température moyenne à Sidi Khettab est de 18,0 °C.

4. Appareillage

Tableau 04 : Matériel utilisé lors des analyses.

| Nature | Désignation |
|-----------------------|--|
| Appareillage | Unité d'électrophorèse sur mini cuves verticales comprenant (figure 04) -une cuve verticale -un générateur de courant -une plaque de verre |
| | Centrifugeuse type Sigma |
| | Utilisation d'un appareil type lactoscan |
| | Une hotte biochimique PSM |
| | Bain marie |
| Logiciel informatique | Image logiciel pour le traitement des images. |



Figure 04 : Unité d'électrophorèse.

5 Méthodes d'analyses

5.1 Analyses physico-chimiques

5.1.1 Mesure du pH

Les mesures du pH effectuées sur les échantillons, sont basées sur une méthode potentiométrique dont le principe repose sur une mesure de la différence de potentiel entre une électrode dite de mesure et une autre de référence. La valeur de pH caractérisant l'échantillon analysé, est lue directement sur l'appareil (pH mètre) après immersion de son électrode dans le lait. Cette opération comme pour toutes les autres mesures physico-chimiques qui suivent est répétée 3 fois, avec rinçage de l'électrode de l'appareil entre chaque mesure. La mesure du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (Mathieu, 1998). Nous avons déterminé le pH à l'aide du pH-mètre (inolab, pH 720, Germany).

5.1.2 Détermination de l'acidité Dornic

L'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude Dornic (N/9). Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de

Phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est rajoutée (à la burette) jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes (Guiraud, 1998). L'acidité du lait peut être exprimée de plusieurs façons: En degré Dornic (°D): le degré Dornic correspond au nombre de 1/10e de ml de soude Dornic N/9 nécessaire pour assurer le virage de la phénolphtaléine (L'AOAC, 2000).

5.1.3 Extrait sec total (E.S.T)

Dans une capsule préalablement pesée, on introduit 5 ml de lait à l'aide d'une pipette jaugée puis on la place dans une étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3 heures dans un dessiccateur garnie d'anhydride phosphorique ou un autre déshydratant efficace (Benlahcen *et al.*, 2013).

5.1.4 Détermination de la densité

Elle varie avec le taux butyreux et la teneur en matière sèche dégraissée. La densité diminue lorsque le taux butyreux augmente et augmente en même temps que la teneur en matière sèche et dégraissée. Nous avons mesuré la densité à l'aide de densimètre sur le lait maintenu au repos (Benlahcen *et al.*, 2013). Le principe consiste à plonger un densimètre dans une éprouvette de 100ml remplie de lait à analyser. Lorsqu'il se stabilise, une lecture directe, nous donne le résultat (Mathieu, 1998).

5.1.5 Détermination de la matière grasse

Elle est déterminée par la méthode de Gerber (acidobutyrométrie). Nous avons dissous les protéines du lait par l'addition de 10 mL d'acide sulfurique (91%). Ensuite, nous avons séparé les matières grasses résistantes à l'action de l'acide sulfurique concentré par centrifugation dans un butyromètre à chaud, en présence de 1 ml d'alcool isoamylique (3-méthyl-1-butanol) qui facilite la séparation. Afin d'obtenir une bonne homogénéisation, nous avons mis le butyromètre dans un bain marie pendant 5 minutes puis nous l'avons centrifugé pendant 5 minutes et mesuré le volume vers $65-70^\circ\text{C}$ dans un butyromètre de Gerber (AOAC, 2000). La teneur en matière grasse exprimée en g/l, est obtenue par la lecture de la graduation sur le butyromètre.

$$MG \text{ (g/l)} = (B-A) \times 100$$

A: la valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse.

B : la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasse.

5.1.6 Détermination du taux de cendre

Nous avons déterminé le taux de cendre par incinération de l'échantillon à 550°C pendant 4 heures dans un four électrique à moufle avec thermostat (AOAC, 2000).

5.1.7 Dosage des protéines

La teneur en protéines (protéines totales) est déterminée par la méthode de Bradford (1976). Elle est réalisée par l'emploi d'un spectrophotomètre visible. La concentration en protéines de l'échantillon analysé est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en employant de l'albumine sérique bovine (BSA) (2µg/ml à 20µg/ml) (Guillou *et al.*, 1986). Cette technique se base sur la modification de la longueur d'onde d'absorption du bleu de Coomassie lorsque ce dernier se fixe sur les protéines (entre 460 nm et 595 nm).

5.1.8. Détermination de la teneur en lactose (méthode de BERTRAND, 1988)

Une solution tartro-alcaline est réduite à chaud par le filtrat obtenu. Le précipité d'oxyde cuivreux formé est dosé par le permanganate de potassium. Certaines analyses biochimiques ont été préalablement réalisées, à savoir le taux butyreux et le taux de protéines.

- Utilisation de la méthode de référence Gerber pour la détermination du taux butyreux.
- Utilisation de la méthode de Bradford pour la détermination du taux de protéines.

6.1. Isolement et extraction des caséines

5.2.1 Ecrémage du lait

Le lait est chauffé et agité légèrement au bain marie à 60°C afin de permettre la remontée de la matière grasse en surface puis, écrémé par centrifugation à 10000 tours pendant 10 min.

5.2.2 Extraction des caséines du lait

Le lait écrémé a été pesé puis acidifié à pH 4,6 à l'aide d'une solution d'acide acétique 1N.

Les caséines sont séparées des protéines sériques par centrifugation à 10000 tours pendant 10 min. Le culot humide a été rincé par l'eau distillée, pesé et réparti dans des tubes eppendorf et conservé à -20°C jusqu'à utilisation.

5.3 Comportement électrophorétique

Les particules chargées soumises à un champ électrique se déplacent en fonction de leur charge, de leur taille et leur géométrie ainsi que, des conditions du milieu. Cette disposition est mise à profit pour la séparation des entités protéiques contenues dans un mélange. La séparation des protéines des laits collectés a été réalisée en procédant à un type d'électrophorèse sur gels de polyacrylamide (PAGE) en présence d'urée. Le gel est formé par copolymérisation d'acrylamide (monomère) et de N-méthylène-bisacrylamide en présence de catalyseurs : le persulfate d'ammonium et le Tétraméthylène-diamine (TEMED). La porosité du gel qui détermine le déplacement des molécules protéiques est contrôlée par la concentration en acrylamide et son monomère. La structure du gel est définie par les indices T (taille des pores) et C (concentration du gel). En appliquant des protocoles mis au point sur le lait bovin, nous avons réalisé au préalable des essais d'optimisation en faisant migrer des caséines du lait de vache et en procédant à la modification de certains paramètres électrophorétiques (porosité du gel, temps de migration, voltage, conditions de coloration et décoloration...). Les électrophorèses ont été conduites sur un système de mini-cuves verticales en voltage ampérage constants. Après la migration, les protéines sont fixées avec l'acide trichloroacétique, colorées avec le bleu de Coomssie et décolorées en utilisant un mélange (eau/ éthanol/ acide acétique). Les étapes de réalisation expérimentale des séparations sont récapitulées sur **la figure 05**.

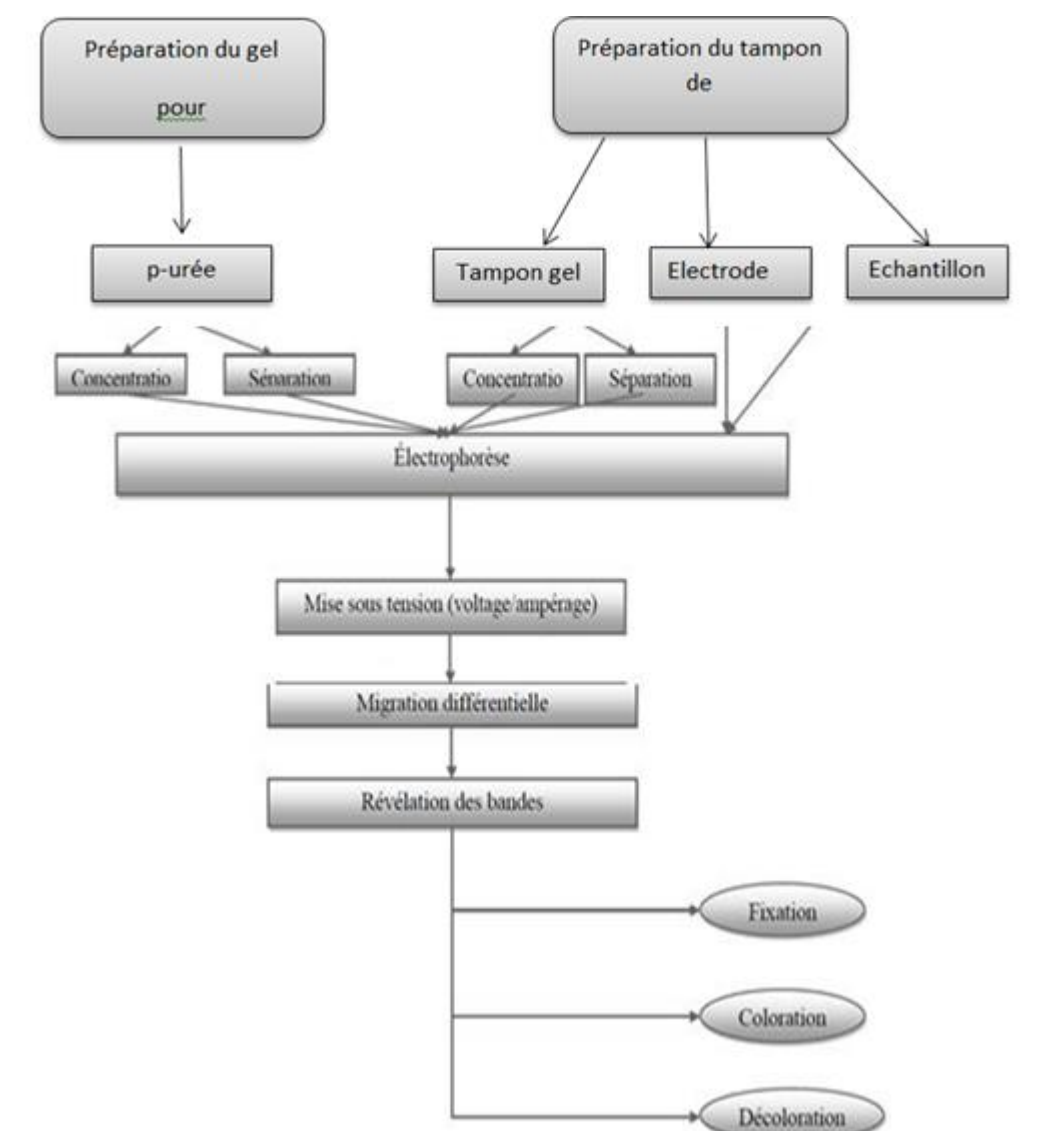


Figure 05 : Les étapes de suivies pour la réalisation sur l'électrophorèse (Expérimental du laboratoire LSTPA).

- **Conditions opératoires**

Nous avons utilisé la méthode décrite par Laemmli et Favre (1973). En condition native, du fait de leur structure micellaire, les protéines sont difficiles à séparer. Dans ce cas, on a recours à l'utilisation d'agent dissociant comme l'urée et d'un agent de réduction des ponts S-S (le β -mercapto-éthanol).

Nous avons utilisé un gel de concentration (T 4,8% ; C 2,7%) contenant de l'urée à 5.7 mol/l et un gel de séparation (T 15%, C 4,15%) contenant la même concentration en urée.

Le tampon gel est composé de TRIS/HCL (pH 8,9). Le tampon d'électrode contient du TRIS 5 mM, glycine 77 mM (pH8,3). Les échantillons protéiques (2mg/ml) sont solubilisés dans une solution contenant le tampon de gel et de l'eau distillée auxquels est ajouté du glycérol (50%), 5% (v/v) de 2-mercapto-éthanol et 0,01% (m/v) de bleu de bromophénol.

Les échantillons subissent alors un traitement thermique à 100°C pendant 5 min. Des dépôts de 20 μ L de caséines + tampon échantillon sont effectués dans les puis du gel. La migration électrophorétique est effectuée sous conditions électriques de 60V pendant 30 min et 100V pendant 02h30min.

5.4. Révélation des caséines par bleu de Coomassie

Après migration électrophorétique, les caséines sont fixées sur le gel par l'acide trichloracétique (TCA) à 12% pendant 30 min, puis révélées pendant 30 min par une suspension de bleu de Coomassie R250 à 0,1% (m/v) dans un mélange d'éthanol à 50% (v/v) et de TCA à 5% (m/v).

La décoloration est effectuée par plusieurs lavages dans une solution d'éthanol à 30% (v/v) et d'acide acétique à 7,5% (v/v). Le gel est ensuite séché entre deux feuilles de Cellophane.

5.5 Quantification des bandes de caséines

Pour la quantification des bandes de caséines nous avons utilisé le logiciel IMAGEJ qui est un logiciel multiplate-forme et open source de traitement et d'analyse d'images développé par National Institutes of Health.

1. Paramètres physico-chimiques des laits de chèvre et de brebis

Nous présentons ci-dessous les résultats globaux obtenus des analyses physico-chimiques des laits de chèvre et de brebis.

1.1. Mesure du pH

Les valeurs du pH des laits sont illustrées dans le tableau 05 et la figure 06 suivante.

Tableau 05: Valeurs du pH des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|----|------------------------|------------------------|
| pH | 6,87±0,11 ^a | 6,69±0,11 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

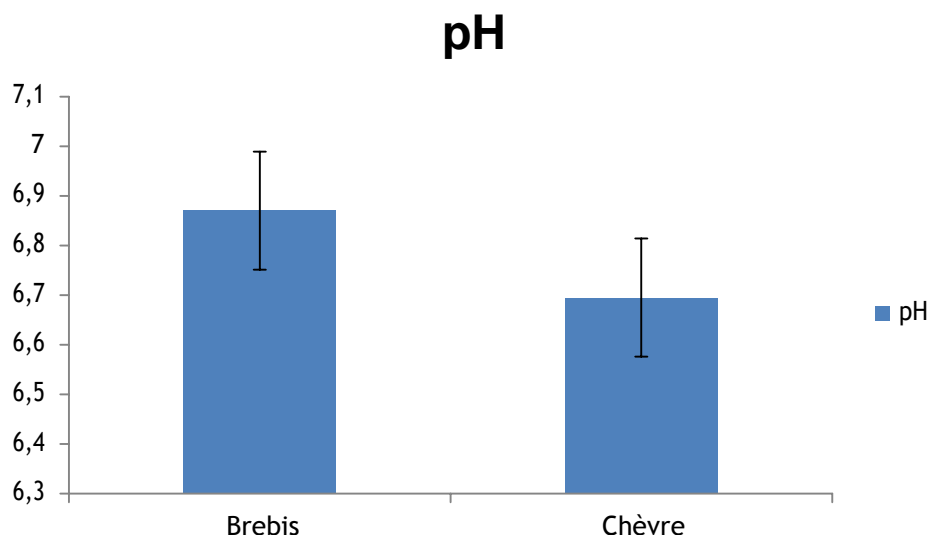


Figure 06 : Valeurs de pH des laits des deux espèces.

Les valeurs recueillies lors de cette mesure donnent une moyenne de pH pour les échantillons de lait de chèvre qui est respectivement de 6,69 contre 6,87 pour les échantillons de lait de brebis (**tableau 05**). Il apparaît que le lait de chèvre présente le pH le plus bas par rapport au lait de brebis de notre étude (**figure 06**). Comparativement aux laits d'autres espèces, le pH moyen du lait ovine collecté est légèrement acide par rapport aux laits caprin (6,71) (Srairi *et al.*, 2004) et enfin Remeuf *et al.*, (1989), probablement en raison de sa teneur élevée en protéines (Aganga *et al.*, 2002; Juarez *et Ramos*, 2011). Selon Mathieu (1998), le pH du lait

varie d'une espèce à l'autre et dépend, pour une espèce donnée, de la richesse de son lait en certains constituants, plus particulièrement en phosphates, citrates et caséines. Or il est connu que le lait de brebis est particulièrement riche en ces constituants par rapport aux autres ruminants (Mathieu, 1998 *et* Chilliard *et Sauvant*, 1987). Les pH inférieurs du lait à la traite peuvent résulter de l'infection de la mamelle de l'animal (Morgan, 1999), mais aussi du facteur génétique qui, à lui seul, a une grande influence sur les variations du pH du lait caprin (Remeuf *et al.*, 2001). Ces valeurs sont en concordance avec celles rapportées par bon nombre d'auteurs tels qu'Imran (2008) qui enregistre un pH de 6,59 pour le lait caprin, Drackova *et al.*, (2008) de pH 6,63 et Remeuf *et al.*, (2001) de pH 6,64. Le pH du lait de chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (Benyoub, 2016). Le pH du lait de chèvre dépend principalement de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citriques (Amiot *et al.*, 2002). Il dépend aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (Labioui, 2009).

1.2. Densité

Les valeurs des densités des laits sont illustrées dans le tableau 06 et la figure suivante.

Tableau 06 : Valeurs de densité des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| Densité | 1034,79±1,95 ^a | 1035,60±1,95 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

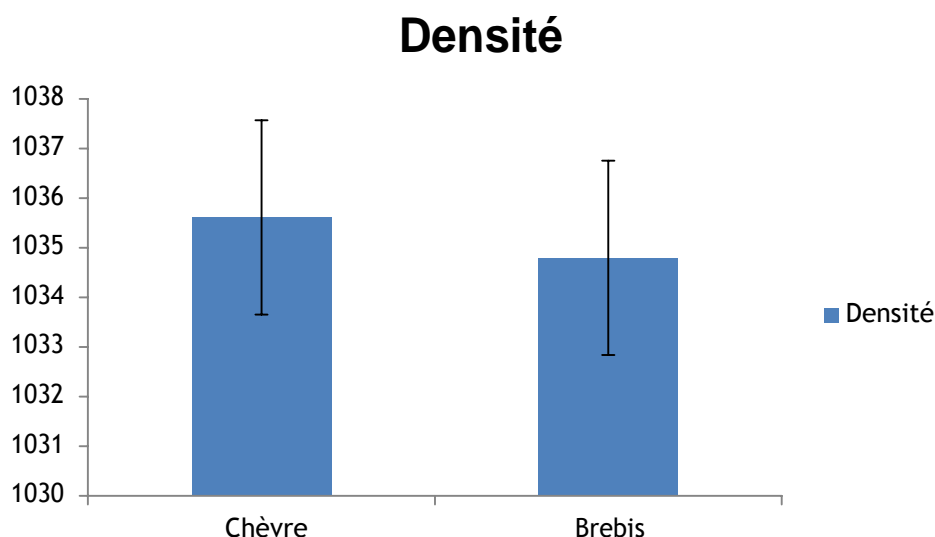


Figure 07 : valeurs de densité des deux espèces.

Les valeurs moyennes de la densité du lait de brebis et de chèvre varient entre 1034,79 et 1035,60 respectivement (**tableau 06**). Il apparaît que la densité du lait de chèvre est légèrement supérieure que celles du lait de brebis (**figure 07**). Les valeurs moyennes de la densité obtenue sont plus importantes (1034,79 vs 1035,60) respectivement. Cette valeur rejoint celles trouvées par plusieurs auteurs pour le lait de brebis (Baltadjieva *et al.*, 1982) avec une valeur moyenne de 1,036 pour le lait Bulgare et Grèce, (Rouissi *et al.*, 2006) avec une valeur de 1,035 à 1,037 pour le lait tunisien et Martini *et al.*, 2008b avec une valeur de 1,030 pour le lait Italien). Elle se trouve aussi encadrée par l'intervalle établi par, (Rouissi *et al.*, 2006) .aussi que celles du lait de chèvre étudié par (Mathieu,1998) (6,5 contre 6,63). La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires. La densité du lait de chèvre est relativement stable (Veinoglou *et al.*, 1982).

1.3. Taux de matière sèche

Les teneurs en matières sèches des laits sont illustrées dans le tableau 07 et la figure suivante.

Tableau 07: Teneurs en matière sèche des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Matière sèche (%) | 0,79±0,76 ^a | 0,78±0,76 ^b |

a, b: Comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

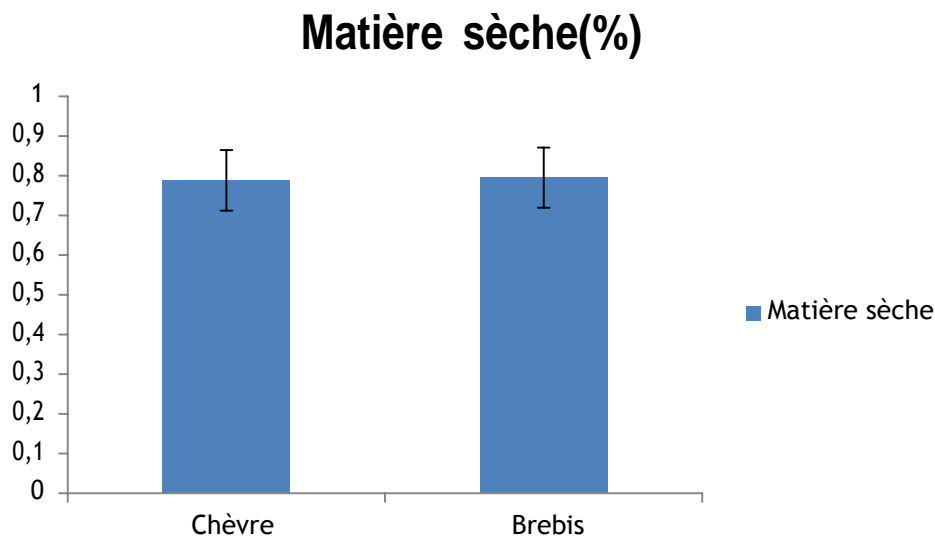


Figure 08 : Taux de matière sèche des laits des deux espèces.

La figure 08 représente le taux de matière sèche du lait de brebis et de chèvre, la moyenne varie d'un animal à un autre, parfois croissante cas du lait de brebis et décroissant cas du lait de chèvre, mais jamais stable (0,78% vs 0,79%) respectivement (**figure08**). L'alimentation possède un effet direct sur le taux de matière sèche du lait. La race à une influence aussi sur la composition globale du lait de chèvre les principaux facteurs de variation sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation) (Vignola, 2002). Boubezari (2010) dans son étude comparant les teneurs en extrait sec dégraissé dans le lait de vache, chèvre et brebis a constaté une richesse du lait de brebis en extrait sec (13,7 %) par rapport aux autres laits.

1.4.Protéines

Les teneurs en protéines des laits sont illustrées dans le tableau 08 et la figure suivante.

Tableau 08 : Teneurs protéiques des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Matière protéique (%) | 3,71±0,23 ^a | 3,54±0,23 ^b |

a, b: Comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

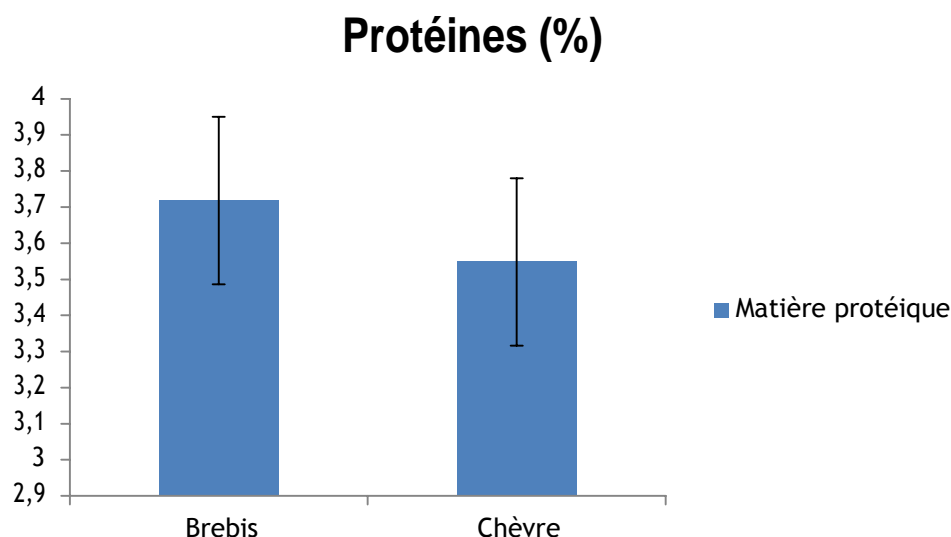


Figure 09 : Taux de matière protéiques des laits analysés

Les Teneurs en protéines dans les échantillons du lait de chèvre et de brebis, représentées sur le (**tableau08**), montrent que les échantillons de lait de brebis présentent la teneur la plus élevée en protéines 3,71% par rapport au lait de chèvre 3,54% (3,54% vs 3,71%) respectivement (**figure 09**). Comparativement au lait de vache, la teneur en protéines du lait de brebis est plus élevée Haenlein *et wendorff*, (2006) ; Park *et al* (2007). Les teneurs en protéines enregistrées dans notre étude sont comparables à celles évoquées par Amiot *et al* (2002) et inférieures à celles citées par Benyoub (2016).

1.5. Matière grasse

Les teneurs en matières grasses des laits sont illustrées dans le tableau 09 et la figure suivante.

Tableau 09 : Teneurs en Matière grasse des laits.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Matière grasse (%) | 5,48±1,6 ^a | 5,27±1,6 ^b |

a, b: Comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

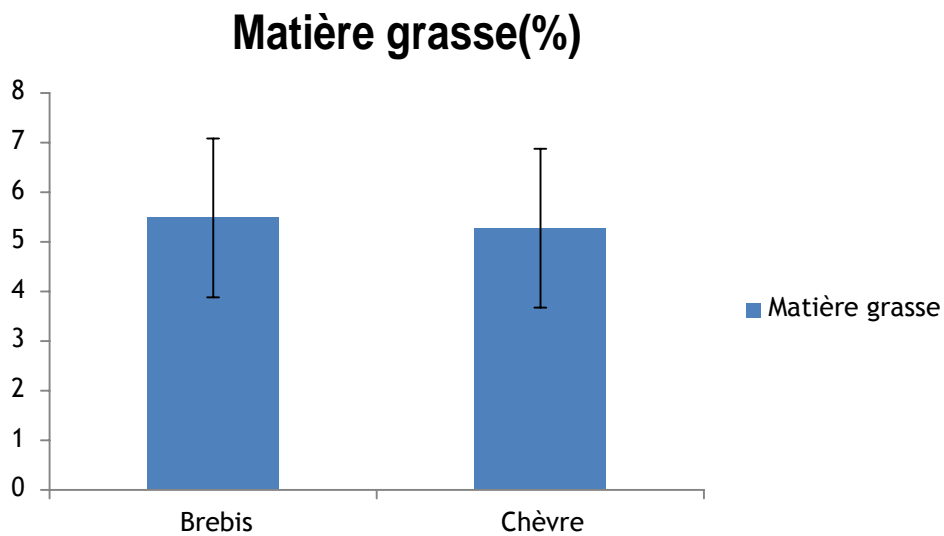


Figure 10 : Taux de matières grasses des laits des deux espèces.

Les lipides sont les composants les plus importants du lait en matière de coût, l'apport nutritif et de qualité physique et sensorielle qu'elles confèrent aux produits laitiers (Park *et al.*, 2007). À l'examen de ces résultats on remarque que la teneur en MG du lait de brebis est supérieure à celle du lait de chèvres (**figure10**), d'après ces résultats, le lait de brebis comparé au lait de chèvre, est en moyenne plus riche en MG. Dans les régions relativement chaudes, la teneur en MG est plus faible (Carole vignola, 2002). Nos résultats sont comparables à ceux enregistrés par Benyoub (2016) (3,96 à 5,4 %) et supérieurs à ceux trouvés par Ali Saoucha (2017) (2,8 à 4 %). Cette richesse en matière grasse peut être due aux conditions d'élevage telles que le stade de lactation, l'alimentation (stratégie d'alimentation basée beaucoup plus sur les concentrés et la période de traite (luquet, 2005). L'alimentation joue probablement un rôle plus important dans la détermination de la composition du lait de brebis en matière grasse.

1.6. Détermination de la teneur en cendres

Les teneurs en cendres des laits sont illustrées dans le tableau 10 et la figure suivante.

Tableau 10 : Teneurs en cendres du lait des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Taux de cendres (%) | 5,66±0,29 ^a | 5,52±0,29 ^b |

a, b: Comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

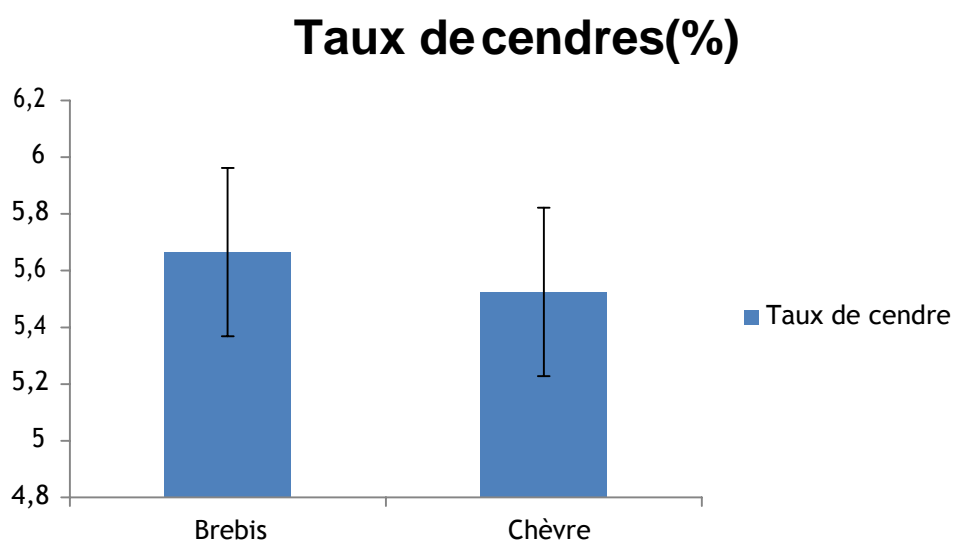


Figure 11 : Taux de cendres des laits des deux espèces.

D'après les résultats du **tableau10**, on constate que les laits de chèvre et de brebis ont la même teneur en cendres, avec une valeur légèrement supérieure pour le lait de brebis. Le taux de cendres est variable selon l'apport alimentaire, les espèces, les races, le moment de lactation et l'état sanitaire de l'animal (Remeuf, 1994).

1.7. Lactose

Les teneurs en lactose des laits sont illustrées dans le tableau 11 et la figure suivante.

Tableau 11 : Teneur en lactose des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|-------------|----------------|------------------------|
| Lactose (%) | 5,61±0,45 a | 5,50±0,45 ^b |

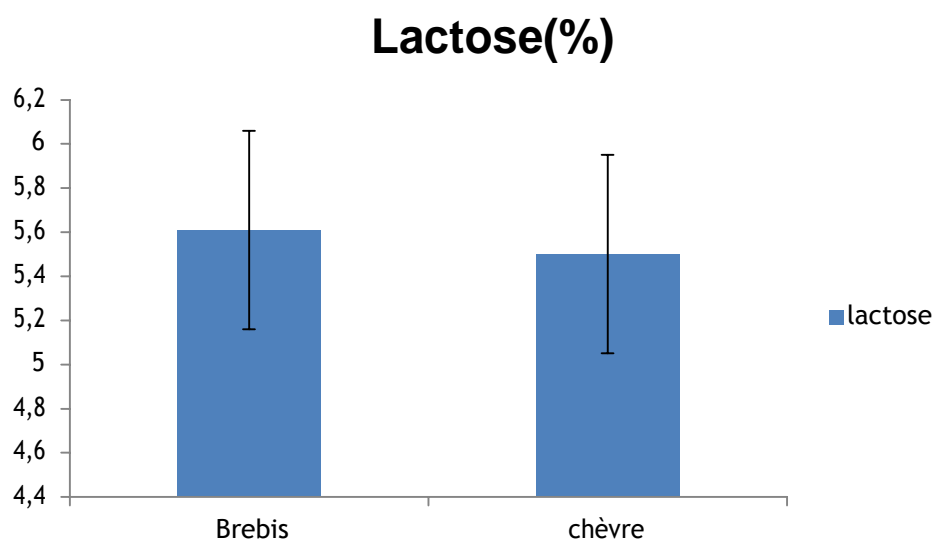


Figure 12 : Taux de lactose des laits analysés.

D'après les résultats sur le **tableau11**, la moyenne du lactose du lait de brebis et de chèvre est de 5,61% et 5,50% respectivement. Les échantillons de lait de brebis présentent des teneurs en lactose voisines et relativement proches de celles enregistrées pour le lait caprin qui présente la plus faible valeur (**figure12**).

Ces résultats reflètent une certaine différence dans les teneurs en lactose des deux laits comparés. Comparativement à Veinoglou *et al* (1982), qui enregistre une différence de 4,4 % entre les deux laits, nous obtenons une différence plus importante du 6,2 %. Néanmoins, à comparer nos résultats à ceux d'autres travaux, ceux-ci en sont relativement proches, ainsi Decandia *et al* (2007) rapporte une valeur moyenne de 4,35% de même que Lefrileux *et al* (2009) à 4,33 % et Curtis (1983), qui avance 4,2 % pour le lait caprin, alors

que (Cassinello *et Pereira* (2001), rapportent une teneur plus importante à raison de 4,86 %. Les valeurs moyennes du lactose obtenu dans notre travail sont plus faibles que celles du lait étudié par (Mathieu;j1998) (4,35 contre 4,9 %). Le lactose, principal sucre présent dans le lait, substrat de fermentation lactique pour les bactéries lactiques, est dans l'intervalle normal pour un lait cru soit de 4 à 5 %. Le taux moyen du lactose des laits de brebis et de chèvre est sensiblement identique.

1.8. Point de congélation

Les points de congélation des laits sont illustrés dans le tableau 12 et la figure suivante.

Tableau 12 : Point de congélation des laits analysés.

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| point de congélation (°C) | -0,59±0,05 ^a | -0,68±0,05 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman.

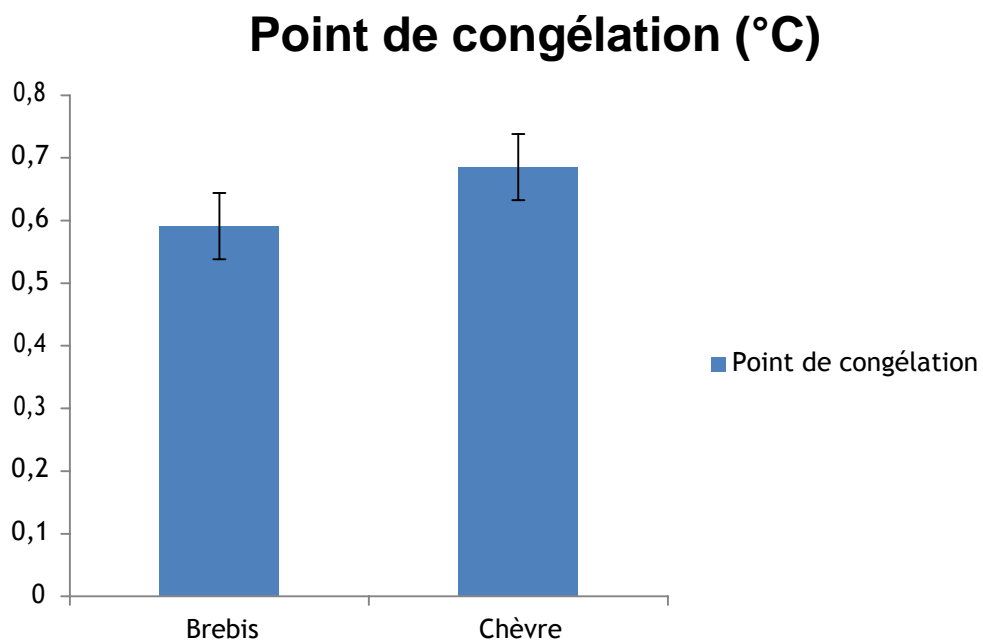


Figure 13 : Taux de point de congélation des laits des deux espèces.

La détermination du point de congélation permet d'indiquer la présence de l'eau ajoutée dans le lait (Rosenman *et garry*, 2010). Les échantillons de lait de brebis et de chèvre analysés dans cette présente étude, avaient respectivement des valeurs comprise entre $-0,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-0,68\text{ }^{\circ}\text{C}$ les deux laits analysés sont très proches l'un de l'autre. Le point de congélation du lait de brebis est plus faible en raison d'une teneur plus élevée en extrait sec dégraissé (Alichanidis *et polychroniadou*, 1996). Les valeurs enregistrées dans notre travail sont inférieures aux valeurs rapportées par Ramos *et juarez*, (2011), qui donnent la moyenne en point de congélation pour le lait de brebis à $-0,570\text{ }^{\circ}\text{C}$, qui peut être tenu pour le point de congélation caractéristique du lait de brebis. Cette différence peut être dû au stade de lactation qui est significativement corrélé avec la valeur de point de congélation (Pavić *et al.*, 2002). Néanmoins, une étude réalisée par Timar (2011) qui enregistre une valeur de point de congélation relativement très proche qui est de l'ordre de $-0,710\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.1. Comportement électrophorétique des caséines

La PAGE-urée est une technique particulièrement adaptée à la séparation des groupes protéiques à forte association comme les caséines. Les agents dissociant, urée et 2-mercaptoethanol (rompent respectivement les liaisons hydrogène et disulfures), permettent aux protéines de migrer sous leur forme la plus simple. Mais pour adapter cette technique aux caséines du lait caprin et ovin, nous ramènes à effectuer plusieurs mises au point relatives notamment à la porosité du gel et aux concentrations en urée et en APS. Dans le lait caprin et ovin, on distingue Cinq bande caséiniques bien séparée et qui correspondent à gamma-caséine, kappa-caséine, Beta-caséine, α_2 -caséine et α_1 -caséine, en se basant sur la mobilité électrophorétique issue de la littérature (Pesic, 2011). Les caséines caprines et ovines ont migré en cinq bandes dans quelques échantillons avec une intensité apparente, les deux premières bandes se caractérisent par une mobilité électrophorétique plus élevée et correspondant à la caséine α_1 et α_2 , ce même comportement a été observé par (Jc collin *et al.*, 1991). De plus ces bandes se distribuent de manière homogène pour tous les échantillons. (Pesic *et al.*, 2011) signalent que Kappa caséine et β caséine ont la même mobilité électrophorétique dans le lait des deux espèces ovine et caprine, mais avec une intensité plus importante. Le comportement électrophorétique des caséines caprines et ovines en PAGE-urée, ainsi que sur l'ordre d'apparition de celles-ci a été décrit par Zittle *et Custer* (1966) et Le bars *et Gripon* (1993).

Le schéma général de migration, présente en premier la caséine γ avec la plus faible mobilité, suivi par la caséine kappa et par la caséine β , suivi du groupe des caséines α S (α S2 puis α S1), ces deux groupes ont migrées sur une bande diffuse peu focalisée. Cependant et à l'opposé du profil bovin (Egito *et al.*, 2006), le comportement des caséines caprines en PAGE-urée est similaire à celui de l'espèce ovine (Moatsou *et al.*, 2004). Comme déjà décrit par Pardo *et Natalucci* (2002) et Lebars *et Gripon* (1993), le diagramme électrophorétique (**figure 14**). Par contre, les caséines ovines dans notre étude migrent en quatre composantes bien distinctes dans la plupart des échantillons (**figure 15**). Nous avons noté la présence de cinq bandes de caséines dans certains échantillons du lait de chèvre. La différence pour le nombre de bandes de caséine entre les deux espèces, peut être attribuée à des facteurs de post traite. Les caséines β et α S1, apparaissent bien focalisées, alors que la caséine α S2 migre en une bande diffuse. Comparativement au profil électrophorétique des caséines bovines, une pré-identification des bandes de migration des caséines caprines et ovines est possible. Ainsi, la première bande de migration des profils électrophorétiques (ovin et caprin), présente un même niveau de migration et est diffuse. Celle-ci selon Trujillo *et al* (1997) et Egito *et al* (2006), représente les caséines γ et κ respectivement dans le lait caprin et ovin. La caséine β , bien focalisée, trouve une correspondance dans les pistes de migration des caséines caprines et ovines. Les caséines α S2 caséines, quant à elles, présentent un agencement identique et migrent ensemble et en même temps, dans certains échantillons on n'a pas pu faire la différence entre ces deux bandes du fait de leur diffusion l'une sur l'autre. Ce comportement est déjà décrit par certains auteurs (Moualek, 2009).

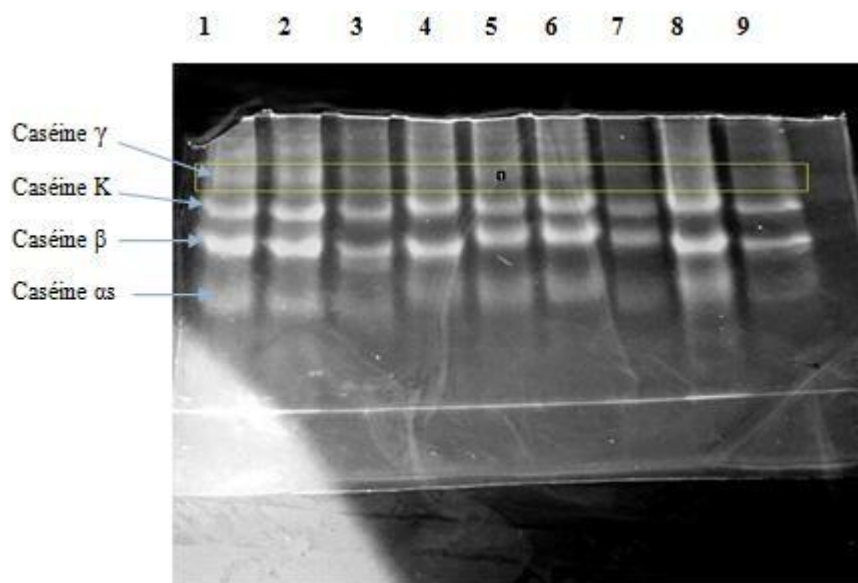


Figure 14: Electrophoregramme d'UREE-PAGE des laits de brebis.

1 ; échantillon 1, 2 ; échantillon 2, 3 ; échantillon 3, 4 ; échantillon 4, 5 ; échantillon 5, 6 ; échantillon 6, 7 ; échantillon 7, 8 ; échantillon 8, 9 ; échantillon 9.

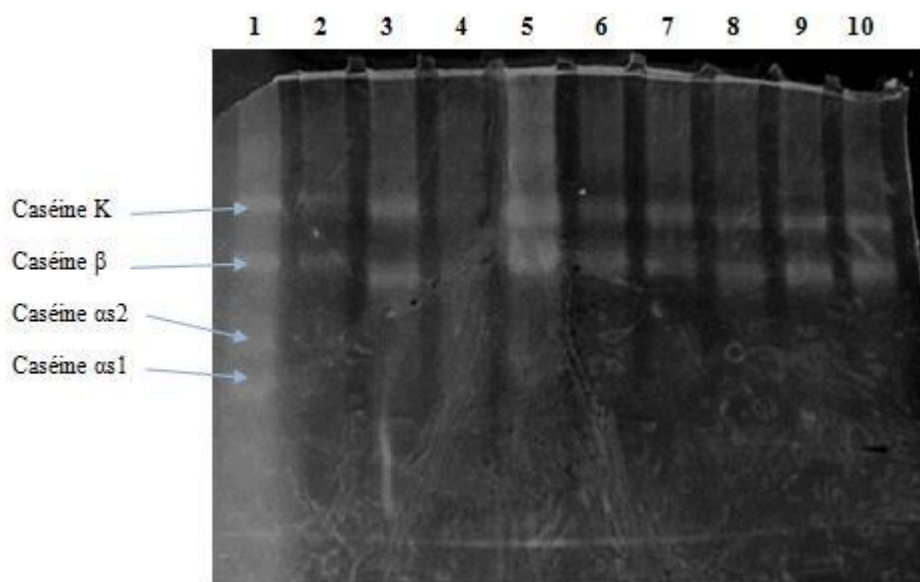


Figure 15: Electrophoregramme d'UREE-PAGE des laits de chèvre.

1 ; échantillon 1, 2 ; échantillon 2, 3 ; échantillon 3, 4 ; échantillon 4, 5 ; échantillon 5, 6 ; échantillon 6, 7 ; échantillon 7, 8 ; échantillon 8, 9 ; échantillon 9. 10 ; échantillon 10.

2.2. Quantification des fractions de caséines

Pour la quantification des bandes de caséines, nous avons utilisé le logiciel IMAGEJ. Le tableau résume les pourcentages relatifs aux différentes bandes révélées dans notre étude.

Les résultats des pourcentages relatifs aux différentes fractions de caséines obtenues dans notre étude sont plus ou moins différents de ceux obtenus dans d'autres études.

2.2.1. Caséines $\alpha 1$

Les teneurs de Caséines $\alpha 1$ des laits sont illustrées dans le tableau 13 et la figure suivante.

Tableau 13 : Les teneurs des laits en de caséines $\alpha 1$ (%).

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Caséines $\alpha 1$ (%) | 9,37±4,8 ^a | 7,14±5,6 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman

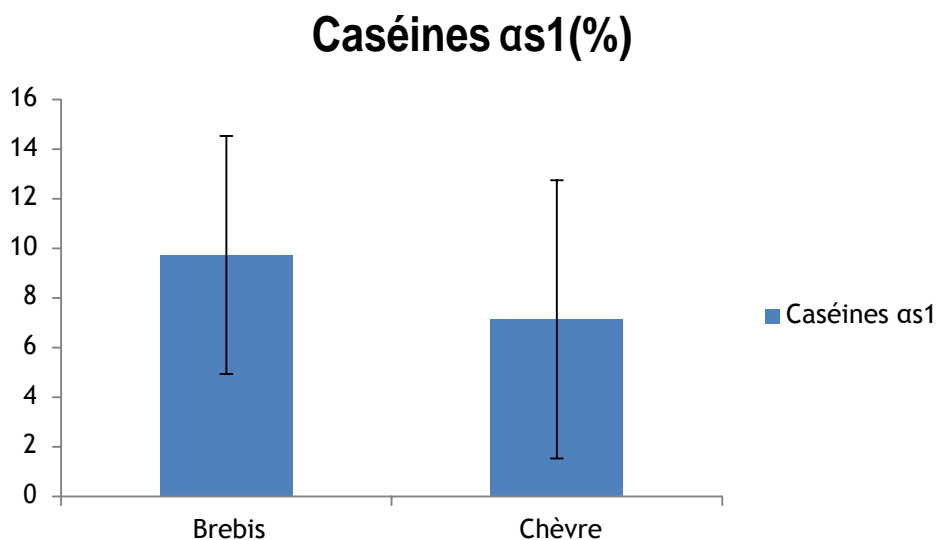


Figure 16 : Taux de Caséines $\alpha 1$ chez les deux espèces animales.

La valeur moyenne de l' $\alpha 1$ caséine des échantillons du lait de chèvre est de l'ordre de 9,37%, contre 7,14% pour le lait de brebis. Ces résultats sont plus ou moins inférieure à ceux obtenus par (Adeo *et al.*, 1992), qui ont estimé une valeur d' α caséine entre 43% et 45%.

Selon les conclusions (d'Amigo *et al.*,2000), le variant $\alpha 1$ caséine entraîne une baisse teneur en caséine et des propriétés technologique plus pauvre chez les ovins. Le taux de caséine $\alpha 1$ est de l'ordre de 46% selon Patel (2015), ce taux est relativement supérieur à nos résultats.

2.2.2. Caséines $\alpha 2$

Les teneurs de Caséines $\alpha 2$ des laits sont illustrées dans le tableau 14 et la figure suivante.

Tableau 14 : Les teneurs des laits en de caséines $\alpha 2$ (%).

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Caséines $\alpha 2$ (%) | 14,23±7,2 ^a | 12,53±8,8 ^b |

A, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman

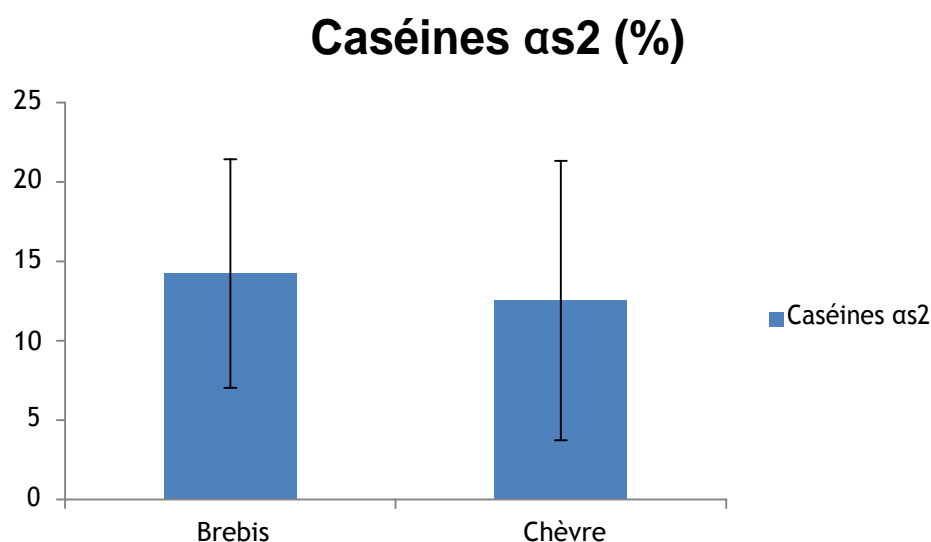


Figure 17 : Taux de Caséines $\alpha 2$ chez les deux espèces animales.

Le taux de caséine $\alpha 2$ dans notre étude est de l'ordre de 14,23% pour le lait de brebis, alors qu'il est de 12,53% pour le lait de chèvre. Nos résultats sont supérieures à ceux obtenus par Perisi *et al* (2007), qui ont mentionnés des valeurs entre 11,9% et 13,90%, cette différence est peut-être dû à des facteurs génétiques entre les troupeaux étudiés. Nous remarquons que la valeur moyenne la plus élevée est obtenu dans le lait de brebis. Comparativement aux autres auteurs, la teneur en caséine $\alpha 2$ semble être inférieure à celle de la caséine $\alpha 1$; 14,7 vs 15,5% (Assenat,1985), 12,0-16,4 vs 33,9-38,8% (Moatsou *et al.*, 2004), 19,31 vs 23,43%, (Pelmus *et al.*, 2012). D'après Assenat (1985), le lait de brebis est plus riche en caséine α (30,2%) que le lait de

chèvre (12,6%). Macheboeuf *et al* (1993), constate une diminution de la caséine α_2 de l'ordre de 1,5% dans le lait bovin. Les caséines α_1 , α_2 ovines présentent les plus hauts niveaux de phosphorylation (Giambra, 2011).

Certaines auteurs expriment les proportions des caséines α_1 et α_2 en un seul groupe caséinique suite à la co-migration de ces deux composantes protéiques. Dans notre étude les proportions de caséine α caprin et ovin sont respectivement 23,6% et 19,67%. Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux obtenus dans les études de Gellrich *et al* (2014), avec une moyenne de 33,8%. Ng-Kwai-Hang *et al* (1987), montrent que sont influencées par la période de lactation et par le régime alimentaire.

2.2.3. Caséine β

Les teneurs de Caséines β des laits sont illustrées dans le tableau 15 et la figure suivants.

Tableau 15 : Les teneurs des laits en caséines β (%).

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Caséine β (%) | 31,23±8,05 ^a | 28,98±7,6 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman

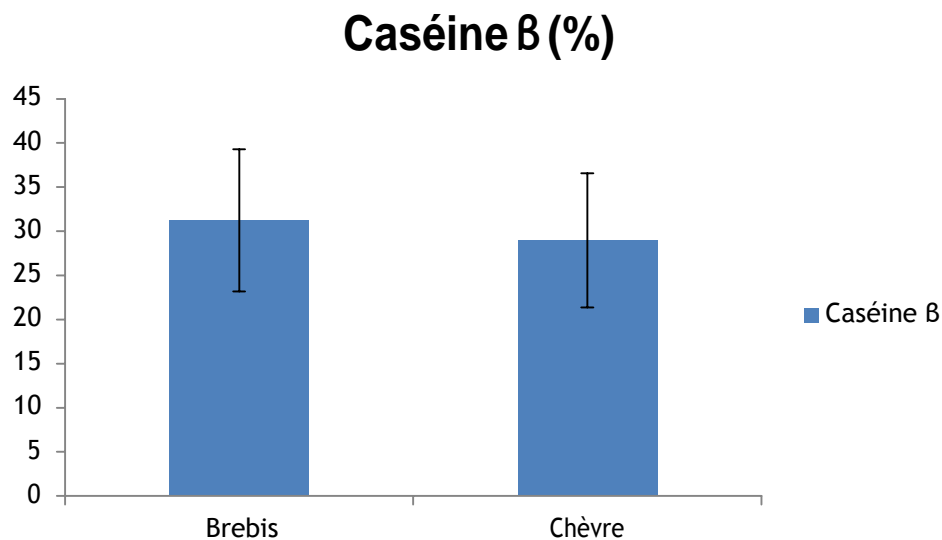


Figure 18 : Taux de Caséines β chez les deux espèces animales.

La valeur moyenne de la β caséine relative aux échantillons de lait de brebis est de 31,23%, et celles du lait de chèvre elle est de l'ordre de 28,98%. Perisi *et al* (2007) rapportent un pourcentage de β caséine de 40% à 43%. Dans un lait de brebis la valeur de la β caséine peut atteindre 50% dans certains cas (Papoff *et al.*,1993). Nos résultats sont inférieures et plus faibles par rapport aux autres auteurs, La caséine β (ou β -CN) est la fraction la plus abondante avec des teneurs qui varient entre 33,72% (Pelmus *et al.*, 2012), et 37 à 42,3% (Moatsou *et al.*, 2004), par rapport à la caséine totale. Pour Assenat (1985), le pourcentage de β -CN représente presque la moitié de la caséine totale (47,1%).

La β caséine est l'une des plus abondantes caséines avec des capacités d'agrégation plus grandes (Elsaid, 2017). Cette caséine contient un nombre important de groupe de phosphate (Schmidt 1980). La diminution du taux de β caséine dans notre étude peut être attribuée à des facteurs alimentaires. De plus, une restriction alimentaire peut causer une diminution de la concentration en α s caséine et β caséine (Mackle *et al.*, 2000).

2.2.4. Caséine K

Les teneurs de la caséine K des laits sont illustrées dans le tableau 16 et la figure suivante.

Tableau 16 : Les teneurs des laits en Caséines K (%).

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|---------------|------------------------|-------------------------|
| Caséine K (%) | 28,38±6,6 ^a | 28,34±11,7 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman

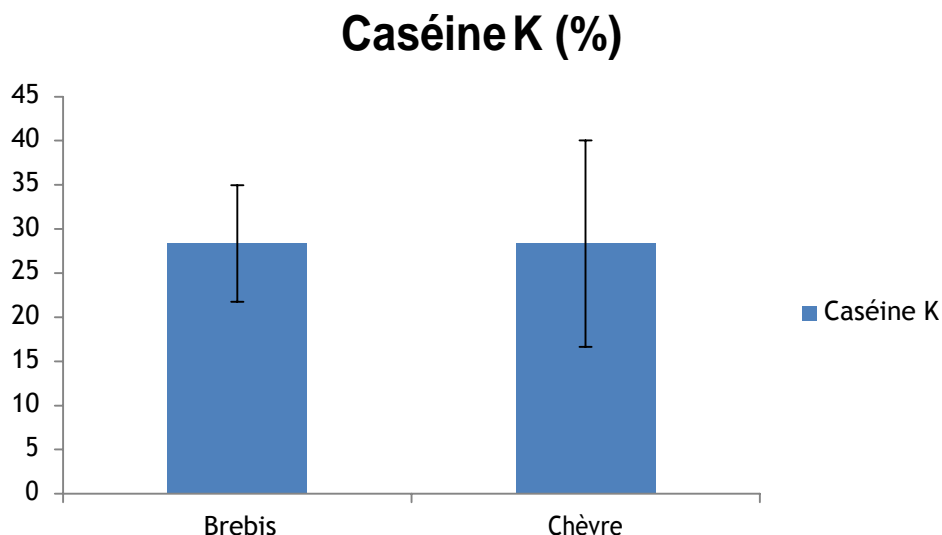


Figure 19 : Taux de caséines K chez les deux espèces animales.

Nous n'avons pas remarqué une différence significative entre les deux espèces concernant la teneur des laits en caséine Kappa. Les valeurs moyennes de la Kappa caséine des laits de chèvre et de brebis 28,34% vs 28,38 pour le lait de brebis. Nos résultats sont inférieures sont comparés aux autres auteurs, Concernant la caséine κ (κ -CN), bien qu'elle joue un rôle essentiel dans la coagulation du lait par la présure (Cayot *et Lorient*, 1998). Celle-ci présente dans le lait ovin avec des teneurs plus faibles (Moatsou *et al.*, 2004) à l'exception des résultats trouvés par Pelmus *et al* (2012) pour qui, la teneur en κ -CN est estimée à 23,54%, et de notre étude. Cette différence de valeur est expliquée par l'action des enzymes protéolytiques qui ont agi probablement sur le contenu des caséines.

2.2.5 Caséine γ

Les teneurs de Caséines γ des laits sont illustrées dans le tableau 17 et la figure suivantes.

Tableau 17 : Les teneurs des laits en caséine γ (%).

| | Lait de Brebis | Lait de Chèvre |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Caséine γ (%) | 13,7±9,7 ^a | 16,2±9,9 ^b |

a, b: comparaison statistique entre les moyennes deux à deux par le test de Newman

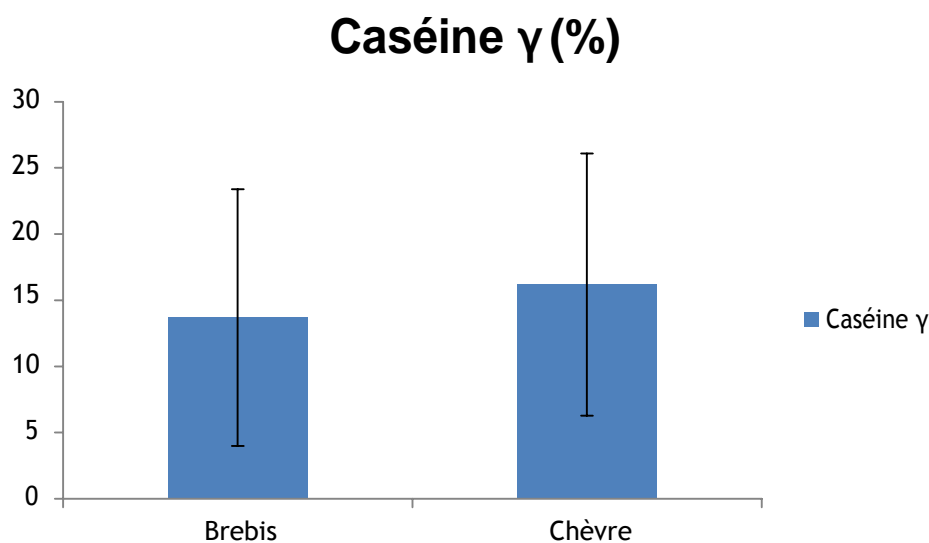


Figure 20 : Taux de Caséines γ chez les deux espèces animales.

La caséine γ est considérée comme un produit de dégradation des caséines (Collin *et al.*, 1987). Le taux des caséines γ de notre étude est de 13,7% pour les échantillons de lait de brebis, alors qu'il est de 16,2% pour celui de chèvre. Selon les conclusions d'Amigo *et al.* (2000), le lait de brebis est plus riche en caséines γ que le lait de chèvre (Cayot *et al.*, 1998). ce taux, se situe entre 3,38% (Rassu *et al.*, 2007) et 7,75% (Potocnik *et al.*, 2011) avec une valeur moyenne de 4,50% (Pellegrini *et al.*, 1994).

La présence des taux relativement élevés de caséine γ dans les laits des deux espèces peut être expliquée par une action des enzymes protéolytiques sur la caséine β , suite au non-respect des conditions de conservation des laits (Sassi, 2019). Les caséines du lait de brebis constituent un taux comparer entre 74,1% (Pelmus *et al.*, 2012) et 83% (Park *et al.*, 2007) des protéines totales. les fractions caséiniques du laits étudiée se distinguent les unes des autres par leur taille et par composition en acides aminés (Leonil *et al.*, 2001). se retrouvent celles du lait de brebis essentiellement sous formes de particules sphériques dites micelles de dimensions légèrement réduites par rapport à celles du lait de chèvre (193 vs 260 nm, Park *et al.*, 2007) et (210 vs 260).

Conclusion

De nombreuses espèces animales produisent du lait qui est consommé par l'homme. La composition nutritionnelle du lait provenant d'espèces laitières mineures, c'est-à-dire des animaux autres que les vaches, n'a bénéficié jusqu'à présent que de peu d'attention de la part des chercheurs. Les laits de brebis et de chèvre diffèrent du lait de vache, mais présentent aussi entre eux des différences notables concernant certains critères. Ils sont de plus en plus appréciés, non seulement sous forme de fromage, mais aussi sous celles de lait de consommation et de yaourt.

Bien que pendant ces dernières décennies, le lait de brebis a fait l'objet de multiples travaux de par le monde. Il reste que très peu d'investigations qui ont porté sur le lait produit dans notre pays tant dans ses volets quantitatifs, liés aux conditions zootechniques de productions, que dans ses volets liés à sa qualité hygiénique et physico-chimique, ainsi qu'à son apport nutritionnel. Le lait de chèvre, dont la production commence à se développer en Algérie ces dernières années, présente un bon nombre d'avantages lui permettant même de substituer le lait de vache. Il est principalement consommé par les éleveurs et que sa valorisation industrielle reste souvent très restreinte, voire inexistante. Malgré l'essor connu par la filière laitière ces dernières années, le lait de chèvre autoconsommé par les éleveurs, reste très peu destiné à une transformation technologique.

À travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution à une meilleure connaissance des laits et nous avons ciblé l'analyse physico-chimique, l'isolement et la caractérisation électrophorétique des caséines. Les analyses physico-chimiques indiquent que tous les échantillons des laits montrent une densité supérieure aux normes estimées à des moyennes varie entre (1034,79 et 1035,60) pour les échantillons (brebis et chèvre) respectivement, par contre on note une bonne qualité physico-chimique pour tous les autres critères étudiés, un pH avec des moyennes respectives de (6,87 et 6,69). Les données chiffrées ont montré que le lait de brebis contient nettement plus de matière grasse et de protéines que le lait de chèvre.

Cependant, la fraction lipidique représente une valeur de matière grasse de (5,48%), de matière protéique (3,71%). Ces variations pourraient avoir comme hypothèses l'influence de la physiologie de l'espèce d'animal étudiée et celle de l'alimentation.

La PAGE-urée a mis en relief la particularité de la migration des caséines ovines et caprines ou notamment la présence des variantes génétiques pour le α S1-Cn dans certains des échantillons de lait de brebis et de chèvre ce qui suggère une forte utilisation de ce lait à des fins de technologie fromagère.

Conclusion

L'isolement des caséines et leur caractérisation par électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence d'urée ont permis de montrer que les profils protéiques obtenus sont très comparables entre eux, malgré l'origine variée des échantillons. Ces résultats préliminaires obtenus appellent la mise en œuvre d'investigations plus spécifiques pour l'identification et l'isolement protéique.

Le lait de brebis est plus riche en caséines que le lait de chèvre (Cayot *et Lorient*, 1998). Leur taux de caséines α S2, se situe entre 14,23 % comparativement au lait de chèvre qui se situe entre 12,53 %. Le taux de caséines β se situe entre (31,23% vs 28,98%) respectivement.

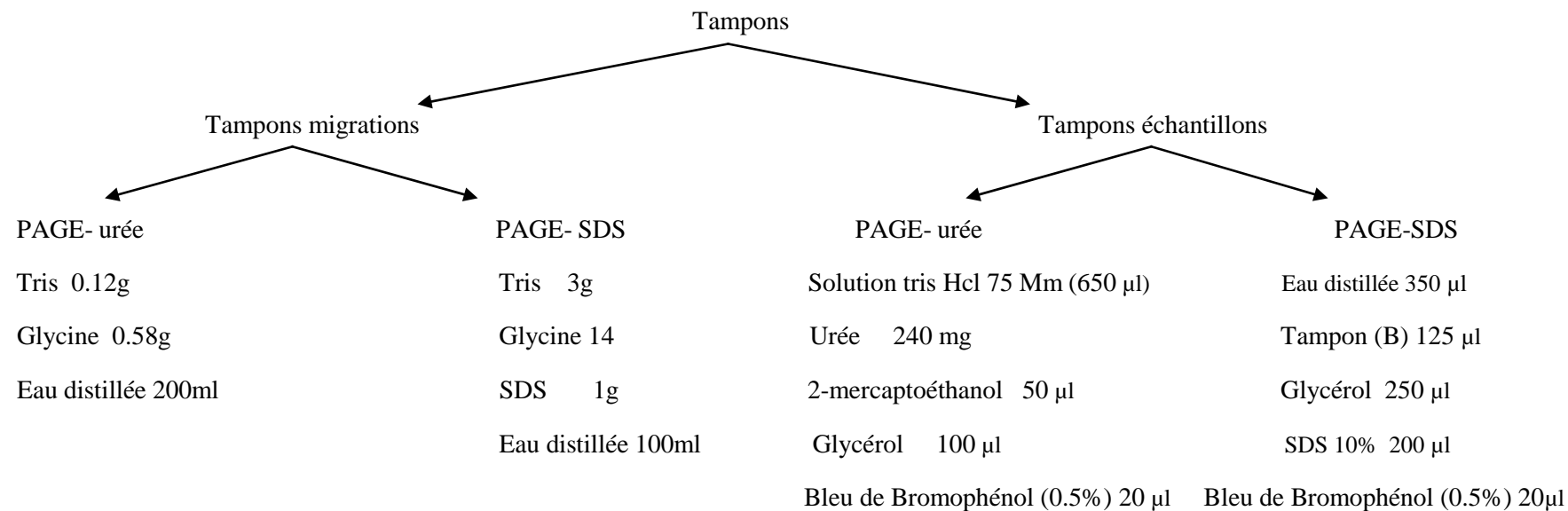
Malheureusement, en raison de la situation actuelle de l'élevage ovin et caprin en Algérie caractérisée par l'absence de toute stratégie de préservation et de conservation des ressources génétiques ovines et caprine.

La production de lait issu de ces espèces mineures pourrait contribuer à améliorer la sécurité alimentaire, la santé et la nutrition des populations, tout en générant des revenus.

Annexe A : Composition des gels et des tampons

| | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Gels d'électrophorèse | | | |
| PAGE- urée | | PAGE- SDS | |
| Gel concentration | Gel séparation | Gel concentration | Gel séparation |
| Solution Acrylamide (A) | Solution Acrylamide (A) | Solution Acrylamide (A) | Solution Acrylamide (A) |
| Acrylamide 29.2g | Acrylamide 29.2g | Acrylamide 29.2g | Acrylamide 29.2g |
| Bisacrylamide 0.8g | Bisacrylamide 0.8g | Bisacrylamide 0.8g | Bisacrylamide 0.8g |
| Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml |
| Tampon gel (B) | Tampon gel (C) | Tampon gel (B) | Tampon gel (C) |
| Tris base 6g | Tris base 18.15g | Tris base 6g | Tris base 18.15g |
| Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml | Eau distillée 100ml |
| pH 6.8 / Hcl 6N | pH 8.8 / Hcl 6N | pH 6.8 / Hcl 6N | pH 8.8 / Hcl 6N |
| Gel (4%) | Gel (15%) | Gel (4%) | Gel (15%) |
| Eau distillée 6.1ml | Eau distillée 2.4ml | Eau distillée 6.1ml | Eau distillée 2.4ml |
| Solution A 1.3ml | Solution A 5ml | Solution A 1.3ml | Solution A 5ml |
| Solution B 2.5ml | Solution C 2.5ml | Solution B 2.5ml | Solution C 2.5ml |
| Urée 0.5g | Urée 2.4g | SDS 10% 100 µl | SDS 10% |
| APS 50 µl / TEMED 50 µl | APS 50 µl / TEMED 50 µl | APS 50 µl / TEMED 50 µl | APS 50 µl / TEMED 50 µl |

Annexe B : Composition des gels et des tampons



Références bibliographiques

1. **Abdallah M., Abbas S. F. and ALLAM F. M. (2011).** Factors affecting the milk yield and composition of Rahmani and Chios sheep. *International Journal of Livestock Production*, **2(3)**, 24-30.
2. **Agabriel C., Coulon J.B., Journal C., et De Rancourt B. (2001).** Composition chimique du lait et système de production dans les exploitations du Massif central. *INRA Prod. Anim.* 14 (2), 119 – 128.
3. **Agabriel C., Hauwuy A., Coulon J.B. (2000).** Effet des systèmes d'élevage sur la composition chimique fine des laits de troupeaux des Alpes du Nord et du Massif Central. *Ren .Rech . Ruminants* 7, pp292.
4. **Alexpoulos A., Hillali ., Tzatzimakis G., Bezirtzoglou E. Plessas S., Stavropoulou E., Sinapis E. and Abas Z. (2011).** Microbiological quality and related factors of sheep milk produced in farms of NE Greece. *Anaerobe*, **17(6)** ,276-279. Algérie. Thèse de doctorat. Université d'Oran. 176p.
5. **Ali Saoucha C. (2017).** Qualité physico-chimique et microbiologique et aptitude de transformation de lait (vache et chèvre) en yaourt. Mémoire de master. Université Med. Boudiaf de M'sila. 59p.
6. **Alloui-Lombarkia O., Ghennam E-H., Bacha A. et Abededdain M. (2007).** Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle et séparation de ses protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Ren .Rech . Ruminants* 14, pp108.
7. **Amigo L., Recio I. and Ramos M. (2000).** Genetic polymorphism of ovine milk proteins: its influence on technological properties of milk- à review. *International Dairy Journal*, **10**, 135-149.
8. **Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P, Simpson R, Turgeon H (2002)** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. Dans : Sciences et Technologie du Lait, Presses internationales Polytechnique, Montréal, p. 1-73.
9. **Amroun-Laga T.T et Zerrouki N., 2011.** Influence des saisons et de l'alimentation sur la composition du lait de chèvres bédouines (*caprahircus*). *Le 22ème Forum des Sciences Biologiques de L'Association Tunisienne des Sciences Biologiques*. 4 p.
10. **Assenat L.(1985).** Contribution à l'étude d'une méthode d'identification des laits et fromages au moyen de l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Première partie. Lait*, 468, 393-414.
11. **Badis A., Laouabdia-Sellami N., Guetarni D., Kihal M., et Ouzrout R. (2005).**

Références bibliographiques

- Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales "ARABIA ET KABYLE". *Sciences et technologie*,
12. **Barlowska J., Szwajkowska M., Litwinczuka Z., and Krol J. (2011)**. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **10**, 291-302
 13. **Benalia, Hakem (ex Akam) Ahcène, Mostefaoui Abdellah, Labiad Moussa, Titouche Yacine, Boudabous Abdellatif et Mati Abderrahmane (2013)**. Vers une typologie du lait de brebis collecté en milieu steppique Algérien basée sur la qualité microbiologique et liéeaux pratiques de traite. *Livestock Research for Rural Development* 25 (5).
 14. **Bencherif S., (2011)**, L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Évolution et possibilités de développement, thèse de doctorat, *L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement* (AgroParisTech).
 15. **Benlahcen K., Mouloudi F et Kihal M., (2013)**, Study of The Microbiological and physicochemical quality Of Raw Milk From Cows Exposed To Environmental Pollutants In The Region Of West Algeria, *International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research*, 1 (9), 229-240.
 16. **Benyoub K. (2016)**. Caractérisation Morpho-métrique, Typologie De L'élevage Caprin. Et Etude Physicochimique De Son Lait Au Niveau De La Wilaya De Tlemcen. Master en génétique. Université de Tlemcen. 114p.
 17. **Benyoucef M. T., Madani T., Abbas K. (2000)**. Sheep production systems and *Biocommunication*, 16, 01-04.
 18. **Boubezari M. (2010)**. Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. *Université de Constantine*. Magister en médecine vétérinaire. 103p.
 19. **Bovera F., Cutrignelli M.I., Schettini R. and DI Lella T. (2003)**. Effects of non-structural carbohydrate levels of diet on milk yield of primiparous Sarda ewes. *Italian Journal of Animal Science*, **2 (suppl.)**, 521-523.
 20. **Catillo G., Haenlein G. F. W., Moiola B. (2008)**. Breed differences in sheep milk fatty acid profiles: opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Research*, **78**, 24-31.
 21. **Cerbulis J., Parks O. W. and Farrell, JR. H. M. (2000)**. Composition and

Références bibliographiques

22. distribution of lipids of goat's milk. *Journal of Dairy Science, la FAO*, 28 la Technologie Laitière. Ed. Tec. et Doc. Paris.
 23. **Chanokphat Phadungath. (2005).** Casein micelle structure: a concise review. characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **68**, 88-113
 24. **Chau Dang Van., Deswysen D., Focant M. et Larondelle Y. (2008).** Le lait, un terme générique qui recouvre une grande diversité d'aliments avec des propriétés nutritives variées. *Carrefour Productions Animales*. 30-33.
 25. **Chellig R., (1992),** Les races ovines algériennes, office des publications universitaires, alger,180p. Contreras A, Sierra D, S´anchez A, Corrales J.C, Marco J.C, Paape M.J et Gonzalo C., 2007, Mastitis in small ruminants, *Small Ruminant Research*, 68 145–153.
 26. **Chianese L., Garro G., Addeo F., Lopez-Galvez G. and Ramos M. (1993).** Discovery of an ovine α 2-casein variant. *Journal of Dairy Research*, **60**, 485-493.
 27. **Chianese L., Garro G., Mauriello R., Laezza P., Ferranti P. and Addeo F. (1996).** Occurrence of five α 1-casein variants in ovine milk. *Journal of Dairy Research*, **63**, 49-59.
- CIHEAM*, Options Méditerranéennes, Série A, 74, 129-134.
28. **Dahlborn K., Nielsen M O. and Hossaini-Hilali J.(2011).** Mechanisms causing decreased milk production in water deprived goats. *CIHEAM*, Options Méditerranéennes, 74, 199-202.
 29. **Debry, G., (2001).** Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).
 30. **Decandia M., Cabiddu A., Molle G., Branca A., Epifani G., Pintus S., Travera F., Piredda G., Pinna G. and Addis M. (2007).** Effect of different feeding determination of bovine albumin in milk. *Lait*, 85, 237-248.
 31. **Doyon A. (2005).** Une révolution à sa mesure. Diversité des pratiques environnementales communautaires à Cuba”. Un article publié dans la revue *Anthropologie et sociétés*, vol. 29, no 1, 2005, pp. 121-143. Québec: Département d'anthropologie, Université Laval, 2005, 258 pp.
 32. **Duteurtre G., Oudanang M K, et N'gaba S H. (2005).** Les bars laitier de n'djamena (Tchad) des petites entreprises qui valorisent le lait de brousse. *Acte de colloques*, Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad: 20-22 novembre, Paris X-Nanterre.
 33. **Egito A.S., Girardet J.M. Miclo L. and Gaillard J.L. (2006).** Highly sensitive periodic acid/Schiff detection of bovine milk glycoproteins electrotransferred after

Références bibliographiques

34. nondenaturing 78lectrophoresis, and isoelectric focusing. *Le Lait*, **81**, 775-785.
et Santé » Ed.Tec.et Doc. Lavoisier, Paris.
35. **Feliachi Gaucheron F. (2005)**. The minerals of milk. *Reproduction Nutrition and Development*,45, 473-483.
36. **Feliachi K. (2003)**. Rapport national sur les ressources génétiques animales: Algérie. *Commission Nationale*, Point focal Algérien pour les ressources génétiques, Octobre, 1-46.ferments lactiques - Facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait*, 81, 561-569.
37. **Fernandez-espla M.D., Lopez-Galvez G. and Ramos M. (1993)**. Isolation of ovine β -lactoglobulin genetic variants by chromatofocusing : heterogeneity of β -lactoglobulin A. *Chromatographia*, **37 (1/2)**, 43-46.
38. **Fox patrick F. (2003)**. Advanced dairy chemistry. *Applied Science*. 1(1), 141-190.
39. **Gaddour A., Najri S. and Ouni M. (2007)**. Dairy performance of the goat genetic groups in the southern Tunisian. *Agricultural Journal*, 2 (2), 248-253.
40. **Gargouri A.(2005)**. Production et composition du lait de brebis : effet de l'apport de
41. **Giambra I. J. (2011)**. Ovine milk proteins: DNA, mRNA, and protein analyses and their associations to milk performance traits. Thèse de Doctorat, Justus-Liebig-University Gießen, Allemagne.
42. **Gonzalo C., Blancom. A., Beneitez E., Juarez M. T., Martinez A., Linage B. and Ariznabarreta A. (2005)**.Bulk tank milk quality of dairy sheep in the Castilla-Leon region (Spain). *Rencontre Recherche Ruminants*, **12**, 401.
43. **Gonzalo C., Carriedo J.A., Beneitez E., Juarez M.T., DE LA Fuente L.F., San Primitivo F. (2006)**. Short communication: bulk tank total bacterial count in dairy sheep: factors of variation and relationship with somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, **89**, 549-552.
44. **Gonzalo C., Carriedoj. A., Baroj. A., and San Prlmltlvo F. (2006)**. Factors Influencing Variation of Test Day Milk Yield, Somatic Cell Count, Fat, and Protein in Dairy Sheep. *Journal of Dairy Science*, **77**, 1537-1542.
45. **Haenlein G.F.W et Wendorff W.L.,(2006)**, Sheep milkproduction and utilization of sheep milk. In: Park,Y.W. and G.F.W.Haenlein, (Eds.), Handbook of Milk of Non-Bovine
46. Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK and Ames, Iowa, USA, pp:137-194.
47. **Haertle T.(2000)**. Incidences des traitements thermiques sur les propriétés

Références bibliographiques

48. fonctionnelles des PL. Les protéines laitières : Intérêts Technologiques et Nutritionnels, 4^{ème} .determination of bovine albumin in milk. *Lait*, 85, 237-248.
49. **Heinlein G. F. W. and Caccese R. (2006)**. Goat milk versus cow milk. *Dairy Goat Journal*, 3, 1-5.
50. **Hejtmankova A., Pivec V. and Dragounnova H. (2012)**. Differences in the composition of total and whey proteins in goat and ewe milk and their changes throughout the lactation period. *Czech Journal of Animal Science*, **57 (7)**, 323-331.
51. **Hilali M., EL-Mayda E. And Rischkowsky B. (2011)**. Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. *Small Ruminant Research*, **10**, 92- 101.
52. **Hinrichs J. (2004)**. Mediterranean milk and milk products. *European Journal*
53. **Huebner D. (2012)**. The art in the science of sheep cheese making. Proceedings of the 18th
54. **Jaouen J C., Remeuf F. et Lenoir J. (2011)**. Données récentes sur le lait de chèvre et les fabrications de produits laitiers caprins. XXIII *International Dairy Congress*, Octobre, 8-12, Montréal, Québec.
55. **Jc collin Philippeau G. (1986)**. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Document conçu par ITFC, Paris. 493p.
56. **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brule G. (2007)**. Science des Aliments; Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits. Ed. Tec.et Doc., Lavoisier, Paris.
57. **Jolles J., Fiat A. M., Schoentgen F., Alais C. and Jolles P. (1974)**. The amino acid sequence of sheep κ A-casein. II. Sequence studies concerning the κ A-caseinoglycopeptide and establishment of the complete primary structure of the protein. *Biochimica and Biophysica Acta*, **365**, 335-343.
58. **Kacem M., Zadi-Karam H, Dalache F. Et Karam N.E., (2011)**, Bacteriocins produced by *Lactococcus lactis* isolated from sheep milk in Western Algeria, Renc. Rech. Ruminants, 11.
59. **Kremer R., Roses L., Rista L., Barbato G., Perdigon F. and Herrera V. (2011)**. Machine milk yield and composition of non-dairy Corriedale sheep in Uruguay. *Small Ruminant Research*, **19**, 9-14.
60. **Kuchtik J., Sustova K., Urban T. and Zapletal D. (2008)**. Effect of stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech Journal of Animal Science*, **53**, 55-63.

Références bibliographiques

61. **Labioui J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. (2002).** Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, in : « Science et Technologie du Lait » Ed. Presses Internationales Polytechnique. Canada
62. **Labioui L., Elmoualdi A., Benzakour M., Elyachioui E., Berny M., Ouhssine.** Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux. (2009). (148). 7-16.
63. **Lauret A. (2002).** Lipolyse du lait de chèvre. *Compte Rendu des Activités de l'ITPLC, Rencontres Recherches Ruminants*, 16, 139-143.
64. **Le bars D, Gripon JC (1993)** Hydrolysis of α 1-casein by bovine plasmin. *Lait*, **73**: *Laitière Française*, 446, 32-40.
65. **Lefrileux Y., Raynaud S., Morge S., Barral J., Gauzere Y., Doutarte. et Laithier C. (2009).** Influence de deux systèmes d'alimentation sur la production et la composition du lait de chèvre hautes productrices et incidences technologiques en fabrication fermière lactique. *Rencontres Recherches Ruminants*, 16, 139-142.
66. **Leonil J., Bos C., Maubois J.-L et Tomed D. (2001).** Protéines ; *Lait, Nutrition*, **73**:
67. **Leonil J., Marchin S., Henry G., JOUANNEAU D. et Putaux J.-C. (2007).** La caséine κ : Quel rôle dans la structuration de la micelle de caséines ? *Colloque*, 5-8 juin, Grenoble, France.
68. **Lieske B., Jantz A. and Finke B. (2005).** An improved analytical approach for the lipides protégés. *Revue de l'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*,
69. **Lorient D. et Cayot P. (2000).** Les propriétés technofonctionnelles des protéines du lait. Les protéines laitières : Intérêts technologiques et nutritionnels, 4^{ème} Conférence Européenne d'ARILAIT, 7 novembre, Paris, France.
70. **Luquet F.M., Carrieu G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed. Lavoisier, Tec et Doc. Paris. 307p.
- M. and Barron L.J.R., (2000).** Seasonal changes in the fat composition of Lacha sheep's milk used for Idiazabal cheese manufacture. *European Food Research Technology*, 210, 318-323.
71. **Maamouri O., Rouissi H., Dridi S., Kammoun M., DE Baerdemaeker J. and Karou**
72. **Mahaut M, Jeantet R, Brulé G, Schuck P (2008)** Les produits industriels laitiers. 2^{ème} édition, *Tec & Doc, Lavoisier*, Paris: 183p.
73. **Mami A. (2013).** factors of variation and relationship with somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, **89**, 549-552

Références bibliographiques

74. **Marshall K. (2004).** Therapeutic applications of whey protein. *Alternative. Medicine*,
75. **Martin P. et Leroux C. (2000).** Le gène caprin spécifiant la caséine α S1 : Un suspect tout désigné aux effets aussi multiples qu'inattendus. *INRA Productions Animales*, Hors-Série, 125-132.
76. **Martini M., Altomonte I. and Salari F. (2013).** Evaluation of the fatty acid profile from the core and membrane of fat globules in ewe's milk during lactation. *LWT-Food Science and Technology*, **50**, 253-258.
77. **Martini M., Scolozzi C., Cecchi F., Mele M. and Salari F. (2008b).** Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheese making aptitude of sheep's milk. *Small Ruminant Research*, **74**, 194-201.
78. **Masle I. et Morgan F. (2001).** Aptitude du lait de chèvre à l'acidification. Selection objective under semi-arid conditions in Algeria. *CIHEAM-Option*
79. **Maurer J. et Schaeren W. (2007).** Le lait de brebis : un aliment de haute valeur. Selection objective under semi-arid conditions in Algeria. *CIHEAM-*
80. **Maynard F., Pierre A. et Maubois J.L. (2004).** Préparation de lactoferrine et d' α -lactalbumine humaines par utilisation de techniques à membranes. *Lait*, 69, 59-69.
81. **Maynard F., Pierre A. et Maubois J.L. (2004).** Préparation de lactoferrine et d' α -lactalbumine humaines par utilisation de techniques à membranes. *Lait*, 69, 59-69. *Méditerranéennes, Série A*, 43: 101-109.
82. **Mercier J-C., Haze G., Gaye, P., Petrissant G., Hue, D. and Boissard M. (1978).** Amino terminal sequence of the precursor of ovine α -lactalbumin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **85 (2)**, 662-670.
83. **Mierlita D., Daraban ST. and Lup F. (2011a).** Effects of breed on milk fatty acid profile in dairy ewes, with particular reference to cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid. *South African Journal of Animal Science*, **41 (3)**, 224-231.
84. **Mierlita D., Daraban ST. and Lup F. (2011a).** Effects of breed on milk fatty acid profile in dairy ewes, with particular reference to cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid. *South African Journal of Animal Science*, **41 (3)**, 224-231.
85. **Mierlita D., Padeanu I., Maurescu Cristinaa, Chereji I, Halma elena and lup F. (2011b).** Comparative study regarding the fatty acids profile in sheep milk related to the breed and parity. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie și Tehnologii de Industrie Alimentară*, 221-232.
86. **Moatsou G., Vamvakaki A., Molle D., Anifantakis E. and Leonil J. (2006).** Protein composition and polymorphism in the milk of skopelos goats. *Lait*, 86, 345-357

Références bibliographiques

87. **Morand-Fehr P., Fedele V., Decandia M. and LE Frileux Y. (2007).** Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **68**, 20-34.
88. **Morgan F (2001)** Lipolyse du lait de chèvre et qualité organoleptique des fromages. Le lait, 609, 36-37. nutritive. *Revue Suisse d'Agriculture*, **39(4)**, 205-208.
89. **Oravcova M., Margetin M., Peskovicova D., Dano J., Milerski M., Hetenyil. and Polak P. (2007).** Factors affecting ewe's milk fat and protein content and relationships between milk yield and milk composition. *Czech Journal of Animal Science*, **52 (7)**, 189-198.
90. **Papoff CM, Sannas R, Campus RL (1993)** Influenza del genotipo dell'as1- caseina ovina sulle caratteristiche fisico chimiche e lattonimamometriche del latte. *Scienza e tecnica Lattiero Casearia*, **44**: 135-43.
91. **Park W Y. (2001).** Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese. *Journal of Dairy Science*, **84**, 84-92.
92. **Park W Y., Juarez M., Ramos M. and Haenlein G.F.W. (2007).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. **68**, 88-113.
93. **Park Y. W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G. F. W. (2007).** Physico-chemical, *Journal of Dairy Science*, **82**, 85-94.
94. **Pavic V., Antunac N., Mioc B., Ivankovic A., Havranek J. L. (2002).** Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech Journal of Animal Science*, **47 (2)**, 80-84.
95. **Pellegrini O., Remeuf F., Rivemale M. (2000).** Evolution of physic-chemical characteristics and renneting properties of ewe's milk collected in the "Roquefort area". *Le Lait*, **74**, 425-442.
96. **Pelmus R. S., Pistol G.C., Lazar C., Marin D.E., Gras M., Radu M. and Ghita E. (2012).** Preliminary study on milk composition and milk protein polymorphism in the Romanian local sheep breed Teleorman Black Hrad Tsigai. *Romanian Biotechnological Letters*, **17 (5)**: 7582-7591.
97. **Perea S., DE Labastida E. F., Najera A. I., Chavari F., Virto M., DE Renobales**
98. **Pesic M.B., Barac M., Vrvic M., Ristic N., Macej O. and Stanojevic S. (2011b).** Qualitative and quantitative analysis of bovine milk adulteration in caprine and ovine milks using native-PAGE. *Food Chemistry*, **125**, 1443-1449.
99. **Phoebe X Qi. (2007).** Studies of casein micelle structure : The past and the present. Lait, Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of

Références bibliographiques

sheep milk. *Czech J. Anim. Sci*, **2** : 80–84.

100. **Pierre A., Jean-Luc Le Quere., Riaublanc A., Yvon Le Graet., Demaizeres D. and Michel F.(1998)**. Composition and physico-chemical characteristics of goat milks containing the A or O α S1 casein variants. *Lait*, 78,191-202.
101. **Pierre A., Molle D., Molle D. and Zahoute L. (2001)**. Characterisation of the casein variants in goat bulk milks using on-line RP-HPLC/ESI-MS. *Lait*, 81, 667-678.
102. **Piras M., Ligios S., Sitzia M. and Fois N. (2007)**. Out of season sheep milk. Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech J. Anim. Sci*, **2** : 80–84.
- Pirisi A., Lauret A. and Dubeuf J. P. (2007)** Basic and incentive payments for goat,
103. **Pirisi A., Piredda G., Scintu M. F. and Fois N. (2001)**. Effect of feeding diets on quality characteristics of milk and cheese produced from Sarda ewes. *CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A*, **46**, 115-119.
104. **Potocnik K., Gantner V., Kresimir Kuterovac, Cividini Angela (2011)**. Mare's milk: composition and protein fraction in comparison with different milk species. *Mljekarstvo*, 62 (2): 107-113.
- R. (2008)**. Mid infrared attenuated total reflection spectroscopy as a rapid tool to assess the quality of Sicilo-Sarde ewe's milk during the lactation period after replacing soybean meal with scotch bean in the feed ration. *Food Chemistry*, **106**, 361– 368
105. **Ramos M (2011), Juárez MB** Bioactive components in sheep milk. In : Bioactive components in milk and dairy products (ed. by Park, Y.W.), pp. 83-104. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, USA.
106. **Rassu S. P. G., Cannas E. A., Nicolussi P., Nudda A., Pulina G. (2007)**. Machine milking management and milk nitrogen fraction in primiparous ewes. *Italian Journal of Animal Science*, **6 (suppl.1)**, 591-593.
107. **Raynal-Ljutovav K., Pirisi A., DE Cremoux R., Gonzalo C. (2007)**. Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research*, **68**, 126-144.
108. **Recio I., Perez-Rodriguez M.-L., Ramos M. and Amigo L. (1997)**. Capillary electrophoretic analysis of genetic variant of milk proteins from different species. *Journal of Chromatography A*, **768**, 47-56.
109. **Remeuf F., Guy R., Brignon G. et Grosclaude F. (2001)**. Influence de la teneur en caséine β sur les caractéristiques physico-chimiques et l'aptitude à la coagulation enzymatique du lait de chèvre. *Lait*, 81, 731-742.

Références bibliographiques

110. **Remeuf F., Lenoir J. et Duby C. (1989).** Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, 69, 499-518. *Review*, 2, 136-156.
111. **Richardson B. C. and Mercier J. C. (2000).** The primary structure of the ovine β -caseins. *European Journal of Biochemistry*, 99, 285-297
112. **Roudj S., Bessadat A. et Karam N-E. (2005).** Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest algérien. *Rencontres Recherches Ruminants*, 12, 400.
113. **Rouissi H., Kamoun M., Rekik R., Tayachi L., Hammaami S., Hammami M. (2006).** Study of milk quality in dairy sheep in Tunisia. *CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A*, 78, 307-311.
114. **Sahan N., Say D. and Kacar A. (2005).** Changes in chemical and mineral contents of Awassi ewe's milk during lactation. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29, 589-593.
115. **Shalichev J. and Tanev G. (1972).** Isolation, purification, and determination of some chemical and physicochemical characteristics of sheep alphas-casein. *Journal of Dairy Science*, 56 (2), 171-16.
116. **Shkolnik A., Maltz E. and Gordin S. (2000).** Desert conditions and goat milk production. *Journal of Dairy Science*, 63, 1749-1754.
117. **Simos E. N., Nikolaou E. M. and Zoiopoulos P. E. (2008).** Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus mountain sheep breed. *Small Ruminant Research*, 20, 67-74.
118. **Souliers S., Ribadeau-Dumas B., Denamur R. (1975).** Purification des caséines de brebis. Analyse des parties glycanne et peptidique. *European Journal of Biochemistry*, 50, 445-452.
119. **Soustre Y. (2007).** Questions sur les qualités nutritionnelles des protéines laitières. Sciences et technologie du lait, transformation du lait. Ed. Presses internationales Polytechnique. Canada. 600p.
120. **Srairi M.T., Hasni Alaoui I., Hamama A. et Faye B. (2004).** Qualité physico-chimique et contamination par les antibiotiques du lait de mélange en étables intensives au Maroc. *Ren, Rech . Ruminants* 11, pp115.
121. **Steijns, J. N. 2008.** Dairy products and health: Focus on their constituents or on the matrix? *Int. Dairy*, 18:425–435.
- systems on fatty acid composition and volatile compound content in goat milk.

Références bibliographiques

122. **Timar A (2011)** Sheep Milk Quality in Rucăr Area. *Analele Universităţii din Oradea*, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie si Tehnologii de Industrie Alimentară pp : 681-686.
123. **Trujillo A. J., Casals I. and Guamis B. (2000)**. Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electrospray ionization-masse spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 83, 1
124. **Trujillo A. J., Guamis B. and Carretero C. (2000)**. *Rencontres* casein by plasmin. *Journal of Dairy Science*, 80, 2258-2263.
125. **TSSiplakou E., Mountzouris K.C., Zervas G. (2006)**. The effect of breed stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Livestock Science*, **105**, 162– 167.
126. **Veinoglou B., Baltadjieva M., Anifantakise. et edgaryan M.(2000)**. La composition du lait de vache de la région de Plovidiv en Bulgarie et de Ionnina en Grèce. *Lait*, 62, 55-66.
127. **Veinoglou B., Baltadjieva M., Kalatzopoulos G., Stamenova V. et Papadopoulou E. (2000)**. La composition du lait de chèvre de la région de Plovidiv en Bulgarie et de Ionnina en Grèce. *Lait*, 62, 155-165.
128. **Vierling E. (2008)**. Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques. Doi. Paris. 277p.
129. **Vignola. (2002)**. Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Lavoisier, Paris. 600 p.
130. **Vojtech A., Ondrej Z., Petr D., Ladislav Z., Ales H., Jaromir H., Jan S., Sona K., Libuse T. and Rene K. (2008)**. Lactoferrin isolation using monolithic column coupled with spectrometric or micro-amperometric detector. *Sensors*, 8, 464-487.
131. **Zapico P., Gaya P., DE Paz M., Nunez M. and Medina M. (2004)**. Influence of breed, animal, and days of lactation on lactoperoxydase system components in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 74, 783-787.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures Liste

des annexes

Introduction 12

Partie bibliographique

Chapitre I : Lait de chèvre

| | |
|--|----|
| 1. L'élevage caprin..... | 16 |
| 2. Localisation et effectif..... | 16 |
| 3. Productions caprines..... | 17 |
| 4. Caractéristiques du lait de chèvre..... | 17 |
| 4.1. Caractéristiques organoleptiques..... | 17 |
| 4.2. Caractéristiques physico-chimiques..... | 18 |
| 4.2.1. pH..... | 18 |
| 4.2.2. L'acidité..... | 18 |
| 4.2.3. Densité..... | 18 |
| 4.2.4. Eau..... | 18 |
| 4.2.5. Minéraux..... | 18 |
| 4.2.6. vitamines..... | 18 |
| 4.2.7 Lactose..... | 18 |
| 4.2.8 Matière grasse..... | 18 |
| 5. Fraction protéique..... | 19 |
| 5.1 Caséines..... | 19 |
| 5.1.1 Caséine α_1 | 20 |
| 5.2.2 Caséine α_2 | 21 |
| 5.2.3 Caséine β | 21 |
| 5.2.4 Caséine κ | 22 |
| 5.2.5 Caséine γ | 22 |
| 5.2. Protéines du lactosérum..... | 22 |
| 5.2.1. β – lactoglobuline..... | 23 |
| 5.2.2. L' α -lactalbumine..... | 23 |

Table des matières

| | |
|------------------------------------|----|
| 5.2.3. Sérum albumine..... | 25 |
| 5.2.4. Immunoglobulines..... | 25 |
| 5.2.5. protéose-peptones..... | 25 |
| 5.2.6. Lactoferrine..... | 25 |
| 5.2.7. Lactoperoxydase..... | 26 |
| 6. Comportement technologique..... | 26 |

Chapitre II : Lait de brebis

| | |
|---|----|
| 1. Constat sur l'élevage ovin en Algérie..... | 27 |
| 2. Production laitière..... | 28 |
| 3. Races ovines algérienne..... | 28 |
| 4. Caractéristiques du lait de brebis..... | 29 |
| 4.1. Caractéristique organoleptique..... | 29 |
| 4.2. Caractéristique physico chimique..... | 29 |
| 4.2.1. pH..... | 29 |
| 4.2.2 Acidité du lait..... | 30 |
| 4.2.3. Densité..... | 30 |
| 4.2.4. Viscosité..... | 31 |
| 4.2.5. Point de congélation..... | 31 |
| 4.2.6 Eau..... | 31 |
| 4.3. Composition chimique..... | 31 |
| 4.3.1. Lactose... .. | 31 |
| 4.3.2. Matières azotées..... | 32 |
| a) L'azote non protéique..... | 32 |
| b) L'azote protéique..... | 32 |
| b.1) Caséines..... | 32 |
| b.2) Protéines solubles..... | 35 |
| 4.3.3 Matière grasse..... | 36 |
| a) Composition et variabilité..... | 36 |
| b) Globule gras..... | 36 |
| 4.3.4. Matières minérales..... | 36 |
| 5. Facteurs de variation de la composition du lait..... | 37 |

Recherche Expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

Table des matières

| | |
|--|----|
| 1. Objectif de notre travail..... | 40 |
| 2. Echantillonnage | 40 |
| 3. Présentation des zones d'études | 40 |
| 3.1 Situation géographique de Hassi Mamech | 40 |
| 3.2 Situation géographique de la commune de Sidi khatteb | 40 |
| 4. Appareillage | 41 |
| 5 Méthodes d'analyses | 42 |
| 5.1 Analyse physico-chimique | 42 |
| 5.1.1 Mesure du pH | 42 |
| 5.1.2 Détermination de l'acidité Dornic | 42 |
| 5.1.3Extrait sec total (E.S.T) | 43 |
| 5.1.4Détermination de la densité..... | 43 |
| 5.1.5 Détermination de la matière grasse | 43 |
| 5.1.6 Détermination du taux de cendres | 44 |
| 5.1.7Dosage des protéines | 44 |
| 5.1.8Détermination de la teneur en lactose | 44 |
| 5.2Isolement et extraction des caséines..... | 44 |
| 5.2.1 Ecrémage du lait..... | 44 |
| 5.2.2 Extraction des caséines du lait..... | 44 |
| 5.3 Comportement électrophorétique | 45 |
| 5.4Révélation des caséines par bleu de Coomassie..... | 47 |
| 5.5 Quantification des bandes de caséines | 47 |

Chapitre II : Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| 1. Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques du lait de chèvre et de brebis...49 | |
| 1.1Mesure du pH | 49 |
| 1.2. Densité..... | 50 |
| 1.3. Taux de matière sèche | 51 |
| 1.4. Protéines | 52 |
| 1.5. Matière grasse..... | 54 |
| 1.6. Détermination de la teneur en cendres | 55 |
| 1.7. Lactose | 56 |
| 1.8 Point de congélation | 57 |

Table des matières

| | |
|---|----|
| 2.1 Comportement électrophorétique des caséines | 58 |
| 2.2 Quantification des fractions de caséines | 61 |
| 2.2.1 Caséines α_1 | 61 |
| 2.2.2 Caséines α_2 | 62 |
| 2.2.3 Caséine β | 63 |
| 2.2.4 Caséine K | 64 |
| 2.2.5 Caséine γ | 66 |
| Conclusion | 69 |
| Annexes | 72 |
| Liste des Références | 75 |
| Table des matières | 88 |