



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الكيمياء
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

**Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques
des différents laits crus (chamelle, chèvre, vache) de la
région d'El-Oued et Bougous (Wilaya d'El-Tarf).**

Présenté par :

REMADNI Mouchira

Devant le Jury :

M ^{me} . NECIB Anissa	MAA	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Présidente
Dr. OTMANE RACHEDI Khadidja	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Rapporteur
M ^{me} . DJERIBI Rabia	MAA	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Examinatrice

Année Universitaire 2021-2022

Dédicace

Je dédie ce modeste Travail à :

A mon père Tayeb, et ma mère Sakina

A ma chère sœur Nada

A mon cher frère Baha

A ma petite fille Kawther

A toute ma famille paternelle Remadni , et ma famille maternelle

Nemmouchi

A tout(e)s mes ami(e)s particulièrement mes collègues de

Spécialité Chimie analytique

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce

manuscrit de près ou de loin

Remerciements

Je remercie Allah tout puissant de m'avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

*Je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à **Dr. Khadidja OTMANE RACHEDI** d'avoir accepté de m'encadrer sur le thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter une attention tout au long de ce travail.*

*Je remercie par ailleurs vivement les membres du jury, la présidente **Mme A.NECIB** et comme examinatrice **Mme R.DJERIBI** de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail.*

*C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes vifs remerciements aux responsables du laboratoire de chimie de la faculté des sciences et de la nature et la vie de l'université Chadli Bendjedid El-Tarf **Mme. Yahiaouia Badi**.*

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I.1	Composition moyenne du lait de différentes espèces animales	2
Tableau I.2	Composition de lait en minéraux	4
Tableau I.3	Teneur moyenne des principales vitamines du lait	5
Tableau II.1	Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle	12
Tableau II.2	Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache	16
Tableau II.3	Composition moyenne du lait de vache	17
Tableau III.1	Echantillons de laits collectés	19
Tableau III.2	Appareillage et réactifs de mesure du pH	19
Tableau III.3	Appareillage et réactifs de la détermination de l'acidité	20
Tableau III.4	Appareillage et réactifs de la mesure de la conductivité	21
Tableau III.5	Appareillage et réactifs de la mesure du taux de matière sèche	21
Tableau III.6	Appareillage et réactifs de la détermination des cendres	22
Tableau III.7	Appareillage et réactifs du dosage des protéines	24
Tableau IV.1	Résultats de pH des trois types de lait crus étudiés	27
Tableau IV.2	Résultats des valeurs d'acidité des trois types de lait crus étudiés	28
Tableau IV.3	Résultats des valeurs de la conductivité des trois types de lait crus étudiés	29
Tableau IV.4	Résultats des valeurs de matière sèche des trois types de lait crus étudiés	29
Tableau IV.5	Résultats des valeurs de la teneur en eau des trois types de lait crus étudiés	30
Tableau IV.6	Résultats des valeurs de la teneur des cendres des trois types de lait crus étudiés	31
Tableau IV.7	Résultats de test d'amidon des trois types de lait crus étudiés	35
Tableau IV.8	Densités optiques de différents tubes à essai de BSA	35
Tableau IV.9	Densités optiques de trois types de laits étudiées	36

Liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure I.1	Structure d'un globule de matière grasse	3
Figure IV.1	Représentation graphique des résultats de pH du trois types de lait crus étudiés.	27
Figure IV.2	Représentation graphique des résultats des valeurs d'acidité du trois types de lait crus étudiés.	28
Figure IV.3	Représentation graphique des résultats des valeurs de la conductivité du trois types de lait crus étudiés.	29
Figure IV.4	Représentation graphique des résultats des valeurs de matière sèche du trois types de lait crus étudiés.	30
Figure IV.5	Représentation graphique des résultats de la teneur en eau dans les trois types de lait crus étudiés.	31
Figure IV.6	Représentation graphique des résultats de la teneur en cendre dans trois types de lait crus étudiés.	31
Figure IV.7	Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de vache	33
Figure IV.8	Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de chèvre	34
Figure IV.9	Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de chamelle	34
Figure IV.10	Courbe d'étalonnage de Bradford	35

Liste des photos

Figures	Titre	Page
Photo III.1	PH-mètre	20
Photo III.2	Titration de l'acidité	20
Photo III.3	Conductimètre	21
Photo III.4	Détermination Le taux de matière sèche	22
Photo III.5	Détermination des cendres	23
Photo III.6	Dosage des ions chlorure d'un lait par conductimétrie	24
Photo III.7	Test d'amidon	24
Photo III.8	Dosage des protéines	26

Symboles et abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

AG : Acide Gras

AC : Acidité de titration

BSA : Bovine Sérum Albumine

BBC : Brillant de *Coomassie*

°C : Degré Celsius

CV : Coefficient de variation

DEN : Densité

DO : Densité optique

°D : Degré Dornic

EST : Extrait sec total

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization of the United Nation)

g/L : Gramme par litre

H₂PO₄ : Acide ortho-phosphorique

GG : Globule grain

Kg : Kilogramme

k-caséine : Kappa caséine

Lac : Lactose (C₁₂H₂₂O₁₁)

MS : Matière sèche

ms/cm : Mili-siémens par centimètre

NaOH : L'hydroxyde de sodium

pH : Potentiel d'hydrogène

Pro : Protéines

pp3 : 3-des protéose-peptones

UFC/mL : Unité forme colonies par millilitre

μL : Microlitre

Vit : Vitamines

\bar{x} : Moyenne

σ : Ecart-type

Sommaire

SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des Photos.....	V
Symboles et abréviations.....	VI
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur le lait

I.1. Structure et propriétés générales des constituants du lait.....	2
I.1.1. L'eau.....	2
I.1.2. Matière grasse.....	3
I.1.3. Protéine.....	3
I.1.4. Lactose.....	3
I.1.5. Minéraux.....	4
I.1.6. Vitamine.....	4
I.1.7. Enzymes.....	5
I.2. Facteurs influençant la composition du lait.....	6
I.2.1. Facteurs intrinsèques.....	6
I.2.1.1. Facteurs génétiques.....	6
I.2.1.2. Stade de lactation.....	6
I.2.1.3. Age ou numéro de lactation.....	6
I.2.1.4. Etat sanitaire.....	7
I.2.2. Facteurs extrinsèques.....	7
I.2.2.1. Alimentation.....	7
I.2.2.2. Saison et climat.....	7
I.3. Propriétés physico-chimiques du lait.....	7
I.3.1. L'acidité du lait.....	7
I.3.2. La Densité du lait.....	8
I.3.3. Le pH du lait.....	8

Sommaire

I.3.4. La masse volumique	8
I.3.5. Point de congélation.....	8
I.3.6. Point de l'ébullition	9
I.4. Caractéristiques organoleptiques du lait	9
I.4.1. Odeur	9
I.4.2. Couleur.....	9
I.4.3. Viscosité.....	9
I.4.4. Saveur.....	9
I.5. Caractéristiques microbiologiques du lait.....	10
I.5.1. Flore originelle ou indigène.....	10
I.5.2. Flore de contamination.....	10
I.5.2.1. Flores d'altérations.....	10
I.5.2.2. Les flores pathogènes.....	10

Chapitre II : Etude des différents laits

II.1. Lait de chamelle	11
II.1.1. Généralité sur le dromadaire.....	11
II.1.2. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait camelin.....	11
II.1.2.1. Protéines.....	12
II.1.2.2. Matière grasse.....	12
II.1.2.3. Glucides.....	12
II.1.2.4. Minéraux.....	12
II.1.2.5. Vitamines.....	13
II.1.3. Propriété médicinale.....	13
II.1.4. Propriété technologique et produits fermentés.....	13
II.2. Le lait de chèvre	13
II.2.1. Définition.....	13
II.2.2. Généralité sur le caprin.....	14
II.2.3. Principaux caractères généraux de lait de chèvre.....	14
II.2.3.1. Caractères organoleptiques.....	14

Sommaire

II.2.3.2. Caractères Physicochimiques.....	14
II.2.3.2.1. Le pH	14
II.2.3.2.2. L'acidité	14
II.2.3.2.3. La densité	15
II.2.3.2.4. L'eau.....	15
II.2.3.2.5. Matière minérale	15
II.2.3.2.6. La matière grasse	15
II.2.3.2.7. Les protéines.....	16
II.3. Lait de vache.....	16
II.3.1. Propriétés et les caractéristiques physico-chimiques de lait de vache.....	16
II.3.2. Composition du lait de vache.....	16
II.3.2.1. Protéines.....	17
II.3.2.2. Matière grasse	17
II.3.2.3. Glucides.....	18
II.3.2.4. Minéraux.....	18
II.3.2.5. Les vitamines.....	18
II.4. Comparaison entre les trois Laits.....	18
II.4.1. La taille de globule grain.....	18
II.4.2. Le point de congélation	18

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage matériels et prélèvements.....	19
III.2. Méthodes et techniques expérimentales	19
III.2.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	19
III.2.2. Détermination de l'acidité	20
III.2.3. Mesure de la conductivité.....	21
III.2.4. Le taux de matière sèche.....	21
III.2.5. Détermination de la teneur en eau.....	22
III.2.6. Détermination des cendres.....	22

Sommaire

III. 2.7. Dosage des ions chlorure d'un lait par conductimètre.....	23
III.2.8. Test d'amidon.....	24
III.2.9. Dosage des protéines.....	24
III.2.9.1. Préparation du réactif (solution de Bradford).....	25
III.2.9.2. Préparation de La solution mère	25
III.2.9.3. Préparation de courbe étalonnage de (BSA).....	25
III.2.9.4. Dosage des échantillons	25
III.2.10. Paramètres statistiques d'une série statistique.....	26
III.2.10.1. Paramètres de position.....	26
III.2.10.2. Paramètres de dispersion.....	26

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. pH.....	27
IV.2. Valeurs d'acidité.....	28
IV.3. La conductivité	28
IV.4. Détermination de la matière sèche (MS).....	29
IV.5. Teneur en eau.....	30
IV.6. Détermination des cendres.....	31
IV.7. Dosage des ions chlorure (Cl ⁻) d'un lait par conductimétrie.....	32
IV.7. 1. Interprétation des résultats.....	32
IV.7. 2. Détermination de concentration massique en ions chlorure.....	33
IV.7. 2. 1. Détermination de concentration massique en ions [Cl ⁻] dans le lait de vache....	33
IV.7. 2. 2. Détermination de concentration massique en ions [Cl ⁻] dans le lait de chèvre...	34
IV.7.2.3. Détermination de concentration massique en ions [Cl ⁻] dans le lait de chamelle.	34
IV.8. Test d'amidon.....	35
IV.9. Dosage de protéine.....	35
IV.9.1. Courbe d'étalonnage.....	35
IV.9.2. Calcul de l'absorbance de différent lait.....	36
IV.9.3. Détermination de concentration de protéine.....	36
IV.9.3.1. Concentration de protéine dans le lait de vache.....	36
IV.9.3.2. Concentration de protéine dans le lait de chèvre.....	36
IV.9.3.2. Concentration de protéine dans le lait de chamelle.....	36

Sommaire

Conclusion et perspectives.....	37
Références bibliographiques.....	38

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait et les produits laitiers occupent 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, mais il n'a pas seulement un intérêt alimentaire, il occupe une place centrale dans l'imaginaire des algériens. Ce n'est d'ailleurs pas par hasard qu'il est offert comme signe de bienvenue, traduisant, ainsi par l'acte notre tradition d'hospitalité [1].

Seule la production laitière de quelque espèce de mammifères présent un intérêt immédiat en nutrition humaine, même si le lait d'autre espèce animales possède des qualités nutritives supérieures. La vache assure de loin la plus grande part de la production mondial (90%) même en pays tropicaux (70%). Ce lait est de loin le plus connu et les données qui le caractérisent sont sans doute les plus exactes [2].

L'espèce de l'animal laitier, la race, l'âge et l'alimentation, ainsi que le stade de lactation, la parité (nombre de parturitions), le système d'exploitation, l'environnement physique et la saison influencent la couleur, la saveur et la composition du lait et permettent de produire une variété de produits laitiers (vache, brebis, bufflonne, chèvre, yak, équin et chamelle).

L'objectif but de notre travail est de faire une étude comparative de la qualité physico-chimique entre trois types de lait issu de deux régions différentes algériennes (vache, chèvre) issu de la région de Bougous qui appartient à la wilaya d'El-Tarf et chamelle issu de la wilaya d'El-Oued. Ce travail a été réalisé au niveau des laboratoires pédagogiques de chimie et de projet de fin d'étude (PFE), faculté des sciences de la nature et de la vie, université Chadli Bendjedid Et-Tarf, durant la période Février au Mars 2022. Cette analyse concerne la mesure de conductivité, de pH, d'acidité, dosage de protéine, le test d'amidon, ainsi que la détermination de la matière sèche, la teneur en eau, des cendres et la concentration massique en chlorure (Cl⁻).

Pour présenter ce travail, notre manuscrit comporte deux parties, dont la première est un aperçu bibliographique sur le lait, elle comporte deux chapitres (Généralité sur le lait et étude des différents laits). La deuxième partie est consacrée aux résultats expérimentaux et méthodes, qui contiennent également deux autres chapitres (Matériels et méthode et résultats et discussion).



CHAPITRE I
Généralités sur le
lait

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré [3]. Il est produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères femelles. La fonction première du lait pour chaque espèce de mammifères est de nourrir les nouveau-nés [4].

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes) [5].

I.1. Structure et propriétés générales des constituants du lait

Le lait contient plus de 100 composants différents [6], dont certains en quantités infimes. On peut regrouper ces divers éléments de telle sorte qu'un litre de lait directement issu de la mamelle [7]. Les principaux constituants du lait par ordre croissant [8] sont l'eau qui est très majoritaire, les glucides principalement représentés par le lactose, les lipides qui sont essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras, les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire, les protéines telles que les caséines rassemblées en micelles, les albumines et globulines solubles, le lait peut contenir aussi les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

La composition moyenne du lait de vache, chèvre et chamelle est présentée dans le tableau I.1

Tableau I.1 : Composition moyenne du lait de différentes espèces animales [9].

Animal	L'eau	Matière grasse	Protéine	Glucides	Minéraux
Vache	87.5 %	3.7 %	3.2 %	4.6 %	0.8 %
Chèvre	87 %	3.8 %	2.9 %	4.4 %	0.9 %
Chamelle	87.6 %	5.4 %	3 %	3.3 %	0.7 %

I.1.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides [10].

I.1.2. Matière grasse

Les matières grasses du lait ont la forme de petits globules sphériques qui sont invisibles à l'œil nu. La dimension de globules est environ 0.1 à 20 μm ($1\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$). Il est bon de noter que la dimension des globules de matières grasses varie selon l'espèce (les globules sont plus petits dans le lait de chèvre), selon la race (les globules sont plus petits chez la race Holstein que chez les Ayrshire et les Jersey) et selon la période de lactation (la dimension des globules diminue vers la fin de lactation). Le diamètre moyen des globules étant de 3 à 4 μm , on estime qu'il y a environ de trois à quatre milliards de globules de gras par millilitre de lait entier. La composition de matière grasse du lait est illustrée dans la figure I.1

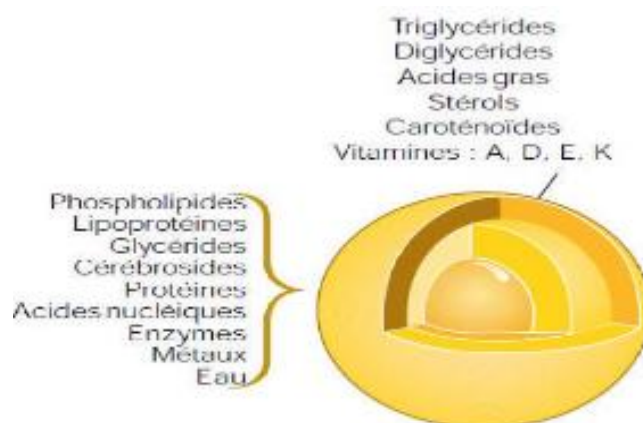


Figure I.1 : Structure d'un globule de matière grasse [10]

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait [11].

I.1.3. Protéine

Les protéines (Pro) de lait constituent un ensemble complexe dont la teneur totale à voisin 35 g/L, elles sont réparties en deux fractions distinctes, les caséines qui précipitent à $\text{pH} = 4.6$, représentent 80% des protéines totales et les protéines sériques solubles à $\text{pH} = 4.6$, représentent 20% des protéines totales [12].

I.1.4. Lactose

C'est un disaccharide constitué par de β - D galactopyranosyl et 1-4 D glucopyranosyl (α ou β), il a une saveur relativement peu sucrée (1/6 par rapport au saccharose), peu soluble

(environ 10 fois moins à l'équilibre que le saccharose à température ambiante) qui possède un groupement réducteur. Le lactose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) représente l'immense majorité des glucides du lait, sa concentration variant très peu, entre 48 et 50 g/L (seulement 28 g/L dans le colostrum). Son taux peut varier quelque peu, augmentant avec le cycle de lac. C'est un sucre spécifique du lait [13]. Il est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication des produits laitiers [14].

I.1.5. Minéraux

La quantité des minéraux contenus dans le lait après incinération varie de 0.60 à 0.90%. Ils prennent plusieurs formes, ce sont plus souvent des sels, des bases, des acides. Le tableau I.2 indique la composition du lait en minéraux.

Tableau I.2 : Composition de lait en minéraux

Minéraux	Teneur (mg/kg)
Sodium (Na)	445
Magnésium (Mg)	105
Phosphore (p)	896
Chlore (Cl)	958
Potassium (K)	1500
Calcium (Ca)	1180
Fer (Fe)	0.50
Cuivre (Cu)	0.10
Zinc (Zn)	3.80
Iode (I)	0.28

I.1.6. Vitamine

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique [15]. On classe les vitamines (Vit) en deux grandes catégories qui sont les vitamines hydrosolubles (Vit du groupe B et Vit C) de la phase aqueuse du lait et les vitamines liposolubles (Vit A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie [16].

Dans le lait des ruminants, seules les Vit liposolubles sont d'origine alimentaire et les conditions de vie de l'animal exercent une influence sur les teneurs vitaminiques du lait, les productions estivales offrent donc un plus grand intérêt que les laits de stabulation. Au contraire, la Vit C offre un taux relativement constant en raison de sa synthèse régulière dans

l'épithélium intestinal. L'origine de ces variations annuelles est poly factorielle : elle dépend de la saison, de la photopériode mais également de l'alimentation [17].

Le lait et ses dérivés sont des sources notables en Vit A, B12 et B2 ; dans une moindre mesure en Vit B1 et B6. Par contre, ils ne contiennent que peu de E, Vit d'acide folique et de biotine (tableau I.3) [18].

Le Tableau I.3 représente la teneur moyenne des principales vitamines du lait

Tableau I.3 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait

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

I.1.7. Enzymes

Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes, la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile.

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés [19] :

- ✓ Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase).
- ✓ Rôle antibactérien ; elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- ✓ Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl-estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthineoxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre).

I.2. Facteurs influençant la composition du lait

Le lait constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits finis. Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs [11]. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations [20].

I.2.1. Facteurs intrinsèques

I.2.1.1. Facteurs génétiques

On observe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. Généralement, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matière grasse. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose [21]. L'existence de variants génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variantes génétiques des protéines du lait, notamment ceux de kappa caséine (k-caséine) et de β -lactoglobuline, influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches [22].

I.2.1.2. Stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois, ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique. Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives [23].

I.2.1.3. Age ou numéro de lactation

La quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème} [21]. Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces

variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle, en fonction de l'âge, le nombre de mammites croit et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang [24].

I.2.1.4. Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait [25]. Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation du lait et du rendement fromager [26].

I.2.2. Facteurs extrinsèques

I.2.2.1. Alimentation

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues). Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique et des caséines.

L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du taux butyreux. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait [8].

I.2.2.2. Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires. À partir des travaux réalisés, il a été montré que la production laitière est maximale au mois de juin et minimale en mois de décembre. A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver [27].

I.3. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le pH et l'acidité [28].

I.3.1. L'acidité du lait

L'acidité de titration (AC) indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une AC de 16 à 18° Dornic (°D). Conservé à la température ambiante, il

s'acidifie spontanément et progressivement [29]. C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en AC par divers micro-organismes [30].

I.3.2. La Densité du lait

La densité du lait (DEN) d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante. Elle est déterminée à partir de deux facteurs de variation opposés, qui sont, la concentration des éléments dissous et en suspension (solides non gras) ; la densité varie proportionnellement à cette concentration. Le deuxième facteur qui influe sur la DEN du lait est la proportion de matière grasse. Celle-ci ayant une densité inférieure à 1 ; La densité globale du lait varie de façon inverse à la teneur en graisse [31].

I.3.3. Le pH du lait

Les différents laits ont une réaction ionique voisine de la neutralité. Le pH du lait est compris entre 6.4 et 6.8. C'est la conséquence de la présence de la caséine et des anions phosphorique et citrique, principalement. Ce paramètre n'est pas une valeur constante. Il peut varier au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant, l'amplitude des variations est faible dans une même espèce. Le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséines et en phosphates [28].

I.3.4. La masse volumique

Le lait contient différents éléments dispersés (micro-organismes), globules gras, micelle de caséine qui peuvent être séparés selon leur masse volumique. La masse volumique du lait est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de lait divisée par son volume [32]. La masse volumique, le plus souvent exprimé en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température [9].

I.3.5. Point de congélation

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre $-0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$ [29]. La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ $0.0055\text{ }^{\circ}\text{C}$ [33]. Le lait se congèle à $-0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sa mesure est utilisée pour détecter le mouillage. Si le point de congélation est supérieur à $-0.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ on suspectera une addition d'eau [34].

I.3.6. Point de l'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C [10].

I.4. Caractéristiques organoleptiques du lait

Le lait se présente comme un liquide blanc opaque, parfois un peu jaunâtre selon sa concentration en β -carotènes. Son odeur est discrète et son goût légèrement sucré. Il peut être plus jaunâtre s'il s'agit de colostrum, mais dans ce cas il n'est pas apte à la consommation humaine. En effet, le colostrum est le produit sécrété par la mamelle pendant la première semaine post-partum, il est de couleur jaune, possède un goût salé et amer ainsi qu'une odeur marquée, critères qui le distinguent nettement du lait [7].

I.4.1. Odeur

L'odeur est caractérisée le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) [35].

I.4.2. Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait [5]. Dans le lait il y'a deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche [36].

I.4.3. Viscosité

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. C'est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur [37].

I.4.4. Saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement

différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum. L'alimentation laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensiles, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire [38].

I.5. Caractéristiques microbiologiques du lait

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement [39].

On répartit les microorganismes du lait, selon leur importance, en deux grandes classes de flores microbiennes du lait qui sont la flore indigène ou originelle et la flore contaminant. Cette dernière est subdivisée en deux sous classe (d'altération et pathogène) [9].

I.5.1. Flore originelle ou indigène

C'est l'ensemble des microorganismes dans le lait à la sortie du pis. Le lait devrait contenir moins de 5.10^3 UFC/mL. Les germes dominants sont principalement des microorganismes mésophile.

I.5.2. Flore de contamination

Elle est composée de la flore pathogène et de la flore d'altération

I.5.2.1. Flores d'altérations

La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie du produit laitier. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont : *pseudomonassp*, *proteussp*, les coliformes soit principalement les genres : *Esherichiaet Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus sp*, *Clostridium sp* certaines levures et moisissures.

I.5.2.2. Les flores pathogènes

Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont le plus souvent mésophiles et les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont : *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *CampylobacterJejuni*, *Shigellasonieiet* certains moisissures [9].



Chapitre II
Etude des
différents laits

Le lait est considéré comme un aliment complet et équilibré compte tenu de sa richesse en plusieurs éléments nutritifs tels que les protéines de très bonne qualité, sels minéraux, lactoses et acides aminés, particulièrement la lysine, qui est considéré comme un excellent acide aminé de la croissance. Il est riche également des lipides de forte proportion d'acides gras saturés à chaîne courte, qui contient des quantités importante de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E [40]. La composition physicochimique du lait est variable selon l'alimentation, les conditions climatiques ainsi que le stade de lactation.

Jadis, un homme a creusé quatre trous dans le sol, avant de partir en voyage, il les a remplis par quatre différents lait (chèvre, brebis, vache et chamelle). Après un an, il est rentré et il a remarqué que le lait de chèvre a transformé en poils, en revanche le lait de brebis ainsi que celui de vache en vers [41].

II.1. Lait de chamelle

Le lait de chamelle est caractérisé par sa richesse en lysozyme et vitamine C, il est naturellement protégé contre les attaques extérieures. En plus, le milieu naturel du dromadaire, il est également caractérisé par de fortes insulations, des températures élevées et de faibles humidités relatives, limite le développement des microorganismes [42]. Le lait de camelin a un rôle important pour la nutrition humaine dans les zones arides et semi-arides. Il renferme tous les nutriments essentiels qu'on trouve dans le lait bovin, en quantité équilibrées [43].

II.1.1. Généralité sur le dromadaire

Le dromadaire est l'un des rares animaux domestiques adapté à l'environnement hostile des régions arides. Ses productions (lait, viande, poils) et son utilisation légendaire dans les transports caravaniers ont permis aux populations de ces zones de s'adapter aux rigueurs du climat et de vivre des maigres ressources que leur offre la terre [44].

II.1.2. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait camelin

Le lait de camelin, à l'observation visuelle est de blanche. A la traite et lors des transvasements, il forme une mousse abondante à cause de sa teneur élevée en composant 3desprotéosepeptones (pp3) par rapport au lait bovin (1.1 contre 0.3 g/L respectivement) [45]. L'ingestion de fourrages comme la luzerne, lui donne un gout sucré, et certaines plantes halophytes le rendent salé [46]. Ce lait présente une composition physico-chimique relativement similaire à celle du lait bovin. Il se distingue des autres laits par la présence d'un système protecteur très puissant, lié à des taux relativement élevés en lysozyme en lactoperoxydase, en lactoferrine et en bactériocines produites par des bactéries lactique [47].

Quelques caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle sont regroupées dans le tableau II.1

Tableau II.1 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle [48]

Caractérisation	Moyenne	Maximum	Minimum
pH	6.56	6.8	6.2
Densité spécifique	1.035	1.038	1.025
Point de congélation	- 0.58 °C	- 0.60 °C	- 0.55 °C
Teneur en eau	87.90%	90%	84.80%
Extrait sec total	12.10%	15.20%	10.00%
Taux de matières grasses	3.80%	5.60%	2.50%
Extrait sec dégraissé	8.20%	10.30%	6.20%
Teneur azotée totale	3.50%	5.50%	2.20%
Teneur en lactose	3.90%	5.10%	2.60%
Teneur en Cl	0.60%	0.17%	0.14%
Teneur en cendres	0.76%	0.90%	0.60%

Le lait de chamelle est riche en nutriment avec un pH de 6.5 et une densité de 1.029 [49]

II.1.2.1. Protéines

Les protéines du lait sont représentées par les caséines, mais en comparant les caséines camelines avec celle d'autres espèces [50], il ressort que celles des camélidés ont moins phosphorylées et moins riche en phosphate et en calcium micellaire.

II.1.2.2. Matière grasse

Comme dans le lait des autres espèces de mammifères, la fraction lipidique du lait camelin est constituée essentiellement de triglycérides. Selon la composition moyenne en acide gras de lait de chèvre, une faible teneur en acides gras à chaîne courte et moyenne «de C4 : 0 butyric (0.13) à C12 : 0 (0.12) », et une teneur relativement élevée en C14 : 0 myristic (0.32), C16 : 0 palmitic (0.91), C₁₈ : 0 stéaric (0.44) et C₁₈ : 1 oleic (0.98) [51].

II.1.2.3. Glucides

Le lactose est le glucide majoritaire présent dans le lait camelin. Sa teneur varie légèrement avec la période de lactation [52].

II.1.2.4. Minéraux

Le lait de dromadaire constitue une bonne source d'apport en minéraux pour le chamelon et le consommateur humain [53]. Le lait de chamelle est plus concentré en manganèse et en fer [54].

II.1.2.5. Vitamines

Le lait de chamelle contient peu de vitamines A, E, B1, B2, B5, et B9 [55], Il se distingue par sa richesse en vitamine C dont la concentration est de 37,4 mg/L. Cette richesse est de nature à compenser la rareté des fruits et légumes dans les zones arides. Elle expliquerait également l'utilisation du lait de dromadaire comme médicament dans certains pays asiatiques pour stimuler les fonctions du foie et lutter contre la fatigue générale [56].

II.1.3. Propriété médicinale

Le lait de chamelle est supposé porteur de vertus diététiques et thérapeutiques qui en font un produit de qualité. En effet, traditionnellement, des propriétés antibiotiques, anti-infectieuses, anti-cancéreuses, antidiabétiques, des effets prophylactiques et reconstituants chez les malades en convalescence sont attribués au lait de chamelle. Au Kazakhstan, le lait de chamelle fermenté (shubat) est utilisé pour le traitement de la tuberculose, de la gastroentérite, des ulcères gastriques et pour l'alimentation des nourrissons. Il a une forte teneur en lactoferrine, une glycoprotéine qui possède une activité antimicrobienne, antivirale, anticancéreuse, anti-inflammatoire et analgésique pourrait être une des raisons des propriétés thérapeutiques du lait de chamelle et du shubat [57].

II.1.4. Propriété technologique et produits fermentés

Le lait de chamelle ne peut pas transformé en yoghourt, fromage et beurre par l'application des diagrammes technologiques classiques. Les difficultés de transformation de ce lait seraient contournables par des adaptations technologiques couramment utilisées en industrie laitière pour corriger les laits [58]. Certains fromages traditionnels de lait camelin sont fabriqués chez les nomades localisés à l'Ahaggar ainsi qu'à la péninsule du Sinaï, en Tunisie et au Kenya [59]. Ces fromages sont élaborés par thermo-coagulation des protéines et obtention d'une pâte humide en forme de galette à consommer rapidement ou après séchage naturel et/ou salage [60].

II.2. Le lait de chèvre

II.2.1. Définition

Le lait de chèvre est un milieu biologique d'une extrême complexité. Son élaboration par la glande mammaire s'effectue à partir des éléments provenant d'une synthèse et d'une filtration sélective des constituants sanguins. Le lait de chèvre frais possède une acidité, soit un pH de 6.6 environ ou 15°D. On peut éviter le développement des germes de contamination (coliformes, pathogènes) par l'acidification des produits laitiers, par abaissement du pH [61]. Il est moins connu et moins utilisé que le lait de vache et pourtant il a des qualités nutritionnelles bien plus importantes que le lait de vache. Le lait de chèvre est une source de

bienfaits pour la santé de l'homme. Bien plus précieux que la fortune, la santé se révèle fortifiée par la consommation du lait de chèvre et de ses dérivés (fromage, beurre, yaourt, kéfir...).

II.2.2. Généralité sur le caprin

Domestiqué il y a plus de 1000 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 [62]. L'espèce *Capra Hircus* se présente en Algérie sous la forme d'une mosaïque de populations très variées appartenant toutes à des populations traditionnelles. Elle comprend en plus de ces populations locales, à sang généralement Nubien, des animaux mélangés aux sangs issus de races standardisées.

II.2.3. Principaux caractères généraux de lait de chèvre

II.2.3.1. Caractères organoleptiques

Comme le lait de vache, le lait de chèvre est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous (lactose, protéine de lactosérum...), les autres sous forme colloïdale (caséines) [63]. Contrairement au lait de vache, l'absence de pigments caroténoïdes confère au lait et aux fromages de chèvre son couleur est très blanche par rapport aux produits des autres races. Le lait caprin a un goût légèrement sucré [64]. Il est caractérisé par une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache [65].

II.2.3.2. Caractères Physicochimiques

II.2.3.2.1. Le pH

Un lait normal de chèvre à la sortie de la mamelle est proche de la neutralité et a un pH de 6.45 qui peut varier jusqu'à 6.6. Toute valeur située en dehors de cet intervalle traduit une anomalie. Il en résulte la détection des mammites par simple mesure du pH, tout lait mammiteux étant alcalin ($\text{pH} > 7$). L'alcalinité est due à l'albumine et aux caséines des cellules somatiques du tissu mammaire [66]. En effet, on donne un intervalle du pH du lait de chèvre allant de 6.45 à 6.90. 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 [67].

II.2.3.2.2. L'acidité

L'acidité de lait de chèvre reste assez stable durant la lactation. Elle se situe entre 14 et 18° Dornic [9]. En technologie fromagère celle-ci réduit le temps de coagulation de lait caprin par la présure et accélère la synérèse du caillé [68].

II.2.3.2.3. La densité

La densité du lait de chèvre est comparable à celle du lait de vache, avec une densité moyenne de 1030.05 à 15°C [69].

II.2.3.2.4. L'eau

En règle générale, l'eau est le constituant principal du lait [70]. Les laits de chèvre, de vache et humain montrent peu de différence. Ces laits se caractérisent respectivement par 87.5, 87.7 et 87.1 g d'eau pour 100 g de lait analysé [71].

II.2.3.2.5. Matière minérale

Le lait de chèvre est plus riche que d'autres laits en calcium (Ca), potassium (K), Phosphore (P) et Magnésium (Mn) [72]. Les teneurs varient légèrement en fonction du stade de lactation, des races, de la saison et de l'alimentation. L'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en calcium (120 mg/100 mL) particulièrement bien absorbé (du fait notamment de la présence dans le lait des protéines, de peptides, de lactose...) et en phosphore [73]. Les teneurs en Ca, en P et en caséines d'un lait ont une influence sur son pouvoir tampon. On définit le pouvoir tampon comme étant la capacité à résister à une variation de pH même en ajoutant de l'acide. Un lait de chèvre faiblement tamponné verra donc son pH passer de 6.6 à 6 avec une faible formation d'acide lactique tandis qu'il en faudra une grande quantité pour obtenir la même variation de pH sur un lait fortement tamponné, soit un lait riche en Ca, en P et en caséines. En termes de fabrication fromagère, cela implique qu'un lait faiblement tamponné coagulera plus rapidement qu'un lait fortement tamponné [74].

Le lait de chèvre contient aussi de nombreux oligo-éléments indispensables à l'organisme (fer, cuivre, sélénium, chrome, fluor) à l'état de trace. Le zinc (Zn) est en revanche présent en quantité importante (2 à 5 mg/L), il est particulièrement bien absorbé du fait de la présence de lactose et de protéines, participant ainsi au bon fonctionnement de l'organisme. L'iode est aussi bien présent dans le lait de chèvre avec des teneurs variables selon les régions et les saisons [73]. En général, en ce qui concerne la composition minérale du lait de chèvre, les niveaux mesurés des principaux éléments et l'utilisation nutritionnelle sont meilleurs que le lait de vache [75].

II.2.3.2.6. La matière grasse

Le lait de chèvre est moins riche en matière grasse [76]. Les matières grasses du lait de chèvre sont constituées de triglycérides et d'acides gras et sont sous une forme globulaire [77]. Plus le lait de chèvre est riche en gras, plus il contient d'acides gras. Le lait de chèvre est surtout riche en acide palmitique, oléique, butyrique, myristique, stéarique et caprique.

Comparativement au lait de vache, le lait de chèvre contient plus d'acide caproïque, caprylique et caprique. En présence de lipases, ces acides gras peuvent être libérés.

II.2.3.2.7. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers [78]. Les protéines du lait de chèvre comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions, l'une majoritaire dénommée caséines (représentant environ 80 %) [79], se précipite à pH 4.2 pour le lait de chèvre et 4,6 pour le lait de vache [80]. L'autre, minoritaire (représentant 20 %) et dénommée protéines sériques se caractérisant par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH [81]. Par rapport au lait de vache, les teneurs en protéines sont nettement plus faibles dans le lait de chèvre (28 g/L contre 32 g/L) [76].

II.3. Lait de vache

Le lait de vache est Blanc, mat ou opalescent, il a une odeur très faible, une saveur douceâtre faiblement sucrée. Il a été le plus étudié et qui sert de référence. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs tels que la race animale, alimentation, état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse [82].

II.3.1. Propriétés et les caractéristiques physico-chimiques de lait de vache

Le lait de vache est un lait caséineux. Il apparaît comme un liquide opaque, blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon sa teneur en carotènes et en matière grasse, il a une odeur peu marquée mais reconnaissable [83].

Les principales propriétés physico-chimiques du lait sont représentées par sa densité, son point de congélation, son point d'ébullition et son acidité.

Tableau II.2 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache [2].

Caractéristique	Moyennes	Valeurs extrêmes
Energie (Kcal/L)	701	587 - 876
Densité du lait entier à 20C°	1.031	1.028 - 1.033
pH à 20 C°	6.6	6.6 - 6.8
Acidité titrable	16	15 - 17
Point de congélation (C°)	1.6 - 2.1	- 0.52 ; - 0.55

II.3.2. Composition du lait de vache

La composition générale du lait de vache est représentée dans tableau II.3. Les données ont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs tels

que la race animale, l'alimentation, l'état de santé de l'animal, la période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite [82].

Tableau II.3 : Composition moyenne du lait de vache [84].

Elément	Composition (g/L)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre plus eau liée (3.7%)
Glucides (lactose)	49	Solution
Lipides	35	Emulsion des globules gras
Matière grasse	34	
Lécithine	0.5	
Insaponifiables	0.5	
Protéines	31	Suspension micellaire phosphocaséinate de calcium
Caséine	27	Solution colloïdale
Protéines solubles	2.5	Solution varie
Substances azotées non protéiques	1.5	
Sels	9	Solution ou état colloïdale
Constituants divers	Des traces	
Extrait sec totale	127	
Extrait sec non gras	92	

Le lait de vache est un lait proposé à la consommation, il est toujours un mélange, obtenu de la traite de plusieurs animaux. Cette pratique tend à réduire fortement l'importance des variations individuelles. C'est un mélange complexe constitué à 90% d'eau [85] et qui comprend :

- ✓ Une solution vraie contenant les sucres, les protéines solubles, les minéraux et les vitamines hydrosolubles.
- ✓ Une solution colloïdale contenant les protéines, en particulier les caséines.
- ✓ Une émulsion de matières grasses dans l'eau.

II.3.2.1. Protéines

Le taux protéique est une caractéristique importante du lait. Il conditionne la valeur marchande du lait, plus le taux protéique sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur. La teneur totale avoisine 34 à 35 g/L [85].

II.3.2.2. Matière grasse

De tous les composants du lait de vache, les lipides sont ceux qui, quantitativement et qualitativement, varient le plus. Les taux moyens précisés dans la littérature (35 g/L) peuvent être retenus en pratique industrielle lorsque le lait est un mélange provenant de plusieurs animaux [85].

II.3.2.3. Glucides

Le lactose, disaccharide composé de glucose et de galactose, est le seul glucide libre du lait présent en quantités importantes, sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/L. Cette teneur présente de faibles variations à la différence du taux butyreux [85].

II.3.2.4. Minéraux

Les minéraux sont présents dans le lait à hauteur de 7g/L. Les plus représentés en quantité sont le calcium (Ca), le phosphore (P), le potassium (K) et le chlore (Cl) [85].

II.3.2.5. Les vitamines

Le lait de vache constitue une source alimentaire importante de riboflavine (vitamines B2) pour l'homme. Elle s'y trouve à l'état libre ou associée à des protéines et des phosphates à la surface des globules gras. Cette vitamine intervient dans les phénomènes d'oxydoréduction et peut entraîner la destruction de la vitamine C avec apparition de saveurs désagréables. Elle est très photosensible et après quelques heures d'exposition au soleil, le lait peut avoir perdu entre 50 et 80 % de son activité vitaminique B2 [2].

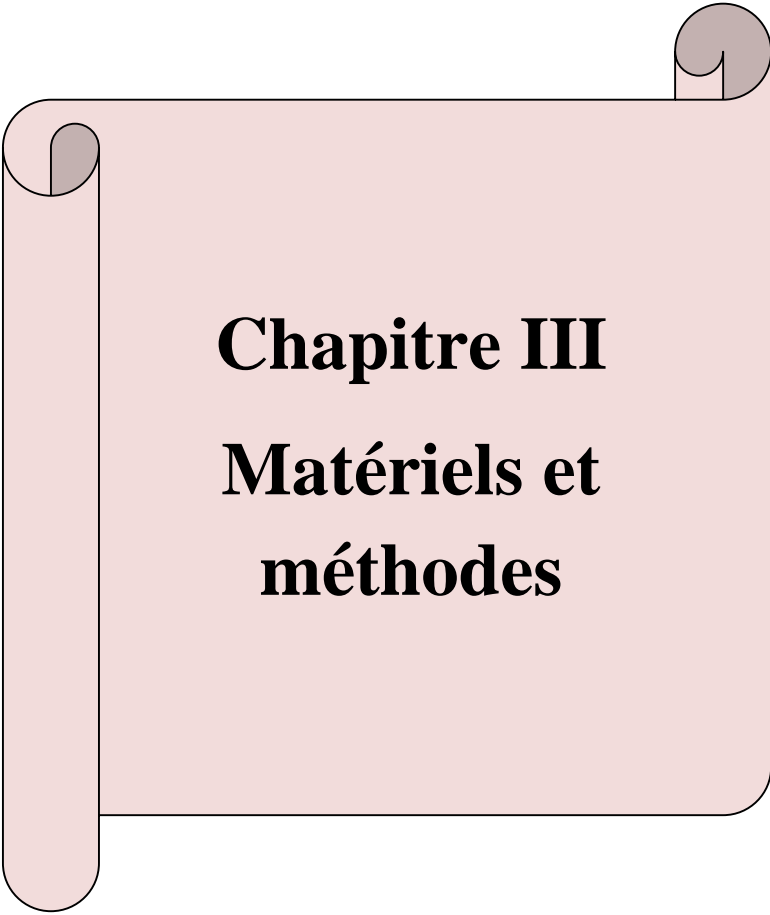
II.4. Comparaison entre les trois Laits

II.4.1. La taille de globule grain

Les globules grains (GG) du lait de chèvre sont de plus petite taille se situe aux environs de 2 μm , en raison de cette petite taille et d'un pourcentage plus faible d'agglutinine, dans leurs membranes externe, les GG ont moins tendance s'agglomérer [10]. Le lait de vache contient typiquement plus de 1.5×10^9 globules gras/mL, contre 3.5×10^9 globules gras/ mL pour le lait chamelle [86].

II.4.2. Le point de congélation

Le point de congélation du lait de chèvre est plus bas que celui du lait de vache, les valeurs sont respectivement - 0.583°C et - 0.555°C [87]. Le point de congélation du lait de chamelle est - 0.530°C.



Chapitre III
Matériels et
méthodes

La composition des différents laits d'animaux varie considérablement d'une espèce à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce, notamment à l'intérieur des types ou des races d'espèces identiques [88]. Cette variation peut dépendre de la nutrition, stade de lactation, l'âge, et du débit lacté [89].

L'objectif de notre travail est de faire une étude comparative de la qualité physico-chimique entre les trois types de lait « le lait cru de vache, de chèvre et de chamelle ».

Le présent travail a été réalisé au sein des laboratoires pédagogiques de chimie et de projet de fin d'étude (PFE), faculté des sciences de la nature et de la vie, université Chadli Bendjedid Et-Tarf, durant la période Février au Mars 2022.

III.1. Echantillonnage matériels et prélèvements

Trois échantillons du lait cru provenant de trois types d'animaux laitiers (vache, chèvre et chamelle) sains ont été prélevés frais dans différentes régions d'Algérie : lait chèvre et de vache (commune de Bougous qui appartient à la wilaya d'El-Tarf), ainsi que le lait de chamelle (Wilaya d'El-Oued).

Lors de prélèvement certaines règles ont été prises en considération telles que le lavage des mains et de la mamelle de l'animal avant la traite, Porter des gants stériles durant la traite, Eliminer les premiers jets de chaque quartier. Juste après la traite du lait, il a transportée via le laboratoire, où toutes les règles d'hygiène ont été respectées et conservés dans un réfrigérateur.

Le tableau III.1 regroupe les échantillons de laits collectés

Tableau III.1 : Echantillons de laits collectés.

Espèce	Age	Période d'étude	Région	Alimentation
Chèvre	2 ans	Février au Mars 2022	Bougous (wilaya d'El-Tarf)	Plantes sauvages, Pain et dattes séchées, L'orge, Foin
Vache	2 ans	Février au Mars 2022	Bougous (wilaya d'El-Tarf)	Fibre, Foin, Pain séchées, divers herbes
Chamelle	2 ans	Février au Mars 2022	Wilaya d'El-Oued	plantes salées ou épineuses, Buissons, arbustes

III.2. Méthodes et techniques expérimentales

L'appareillage, matériels et réactifs de mesure sont regroupés dans les tableaux III.2-III.7

III.2.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Tableau III.2 : Appareillage et réactifs de mesure du pH

Produit	Matériels
100 mL de lait à analyser	- Bécher de 100 mL - PH- mètre

✓ Mode opératoire

Verser 100 mL du lait à analyser dans un bécher, puis faire émerger l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné dans le bécher (Photo III.1). Lire la valeur affichée sur l'écran de l'appareil après sa stabilisation.



Photo III.1 : pH-mètre (REMADNI Mouchira 2022)

III.2.2. Détermination de l'acidité

Tableau III.3 : Appareillage et réactifs de la détermination de l'acidité

Produits	Matériels
- 10 mL de lait à analyser	- Bécher de 100 mL
- NaOH	- Burette de 50 mL (graduée en 0.05 mL)
- Phénolphtaléine	- Pipette jaugée à 10 mL

✓ Mode opératoire

Prélever 10 mL de lait dans un bécher de 100 mL, ajouter ensuite 1 mL de phénolphtaléine tout en agitant, puis verser à l'aide d'une burette la solution de NaOH jusqu'à l'obtention d'une coloration rose (Photo III.2).

✓ Expression des résultats

La valeur en acidité titrable est exprimée en degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$), est donnée par l'expression suivante :

$$\text{Acidité Doronic } (^{\circ}\text{D}) = V \cdot 10$$

V (mL) : volume du titrant consommé (1 mL de NaOH = 10°D)



Photo III.2 : Titrage de l'acidité (REMADNI Mouchira 2022)

III.2.3. Mesure de la conductivité

Tableau III.4 : Appareillage et réactifs de la mesure de la conductivité

Produits	Matériels
- 100 mL de lait à analyser	- Bécher de 100 mL - Conductimètre

✓ Mode opératoire

Verser 100 mL du lait à analyser dans un bécher, puis émerger l'électrode du conductimètre préalablement étalonné dans le bécher (Photo III.3). Lire la valeur affichée sur l'écran de l'appareil après sa stabilisation.



Photo III.3 : Conductimètre (REMADNI Mouchira 2022)

III.2.4. Le taux de matière sèche

Tableau III.5 : Appareillage et réactifs de la mesure du taux de matière sèche

Produit	Matériels
- 10 ml de lait à analyser	- Boite de pétri + Pipette à lait de 10 mL - Étuve à 105°C + Dessiccateur - Balance analytique

✓ Mode opératoire

Dans une boîte de pétri, pesée et tarée, Mettre 10 mL du lait (vache, chèvre ou chamelle), utilisant une pipette. Placer ensuite, les boîtes de pétri dans l'étuve à 105°C pendant une durée de 5 heures (Photo III.4). Par la suite, retirer les boîtes de pétri de l'étuve. Puis peser ces boîtes après refroidissement.

✓ Expression des résultats

La matière sèche (MS) est exprimée en grammes par litre de lait est égale à :

$$MS = \frac{(m_1 - m_0) * 1000}{V}$$

m_0 : est la masse en grammes de la boîte de pétri vide.

m_1 : est la masse en grammes de la boîte de pétri et du résidu après dessiccation et refroidissement

V : est le volume en millilitres de la prise d'essai.



Photo III.4 : Détermination du taux de matière sèche (REMADNI Mouchira 2022)

III.2.5. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est définie comme étant la perte de poids subie lors de la dessiccation. La détermination de la teneur en eau et matière volatiles a été effectuée conformément à la norme d'AFNOR (association française de normalisation). Le principe repose sur la dessiccation d'une denrée alimentaire par évaporation de l'eau sous forme absorbée ou adsorbée .pesée du résidu.

✓ Expression des résultats

La teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse, elle est calculée selon la formule suivante :

$$H \% = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)}$$

m_0 : est la masse en (g) de la boîte de pétri vide

m_1 : est la masse en (g) de la boîte de pétri et de la prise d'essai

m_2 : est la masse en (g) de la boîte de pétri et du résidu après dessiccation et refroidissement

III.2.6. Détermination des cendres

Tableau III.6 : Appareillage et réactifs de la détermination des cendres

Produit	Matériels
Lait à analyser	<ul style="list-style-type: none"> - Les creusets - four à moufle 550 °C - Balance analytique sensible à 0.1 mg. - Dessiccateur, contenant un agent déshydratant efficace. - Pipette à lait et pipette à lait de 10 mL

✓ **Mode opératoire**

Après la détermination de la matière sèche, mettre les creusets en porcelaine (carbonisés incinérés) dans le four a moufle à 550°C pendant 5 heures, ensuite retirer les creusets, les refroidis au dessiccateur, puis les pesés (Photo III.5).

✓ **Expression des Résultats :**

Les cendres du lait en g/L sont égales à :

$$\text{Cendre} = \frac{(m_1 - m_0) * 1000}{V}$$

m_0 = Masse en grammes de la capsule vide.

m_1 = Masse en gramme de la capsule + les cendres.

V = Volume en millilitre de la prise d'essai.



Photo III.5 : Détermination des cendres (REMADNI Mouchira 2022)

III. 2.7. Dosage des ions chlorure d'un lait par conductimètre

Prélever un volume $V'_0 = 20$ mL de lait frais et le mettre dans un bécher. Ajouter 250 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'acide nitrique concentré. Soit S le mélange ainsi préparé. On observe la formation d'un précipité blanc, ce qui confirme que les protéines du lait précipitent en milieu acide et ainsi, ne peuvent plus réagir avec les ions argent et chlorure. Remplir la burette par une solution d' AgNO_3 (10^{-2}M). Introduire une sonde conductimétrique dans le bécher et tout en agitant la solution, puis noter la conductivité chaque ajout de 2 mL de nitrate d'argent (AgNO_3) (Photo III.6).

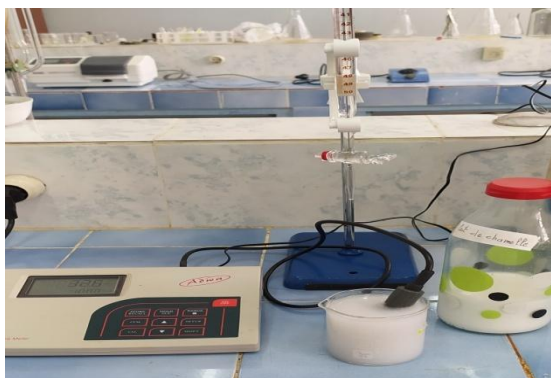


Photo III.6 : Dosage des ions chlorure d'un lait par conductimétrie
(REMADNI Mouchira 2022).

III.2.8. Test d'amidon

✓ Mode opératoire

Mettre quelques mL de lait fraîchement prélevés dans un tube à essai, ensuite chauffer le tube quelques minutes à 70°C, puis ajouter quelques gouttes de diiode (I_2). Lors de virement de coloration au bleu brick, on peut considérer que le test comme positif sinon il est négatif (Photo III.7).

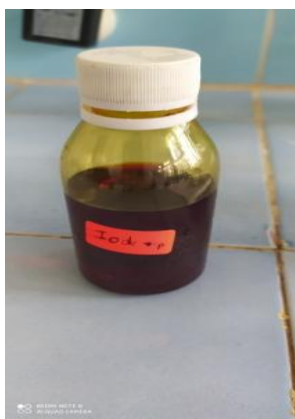


Photo III.7 : Test d'amidon (REMADNI Mouchira 2022).

III.2.9. Dosage des protéines

La verrerie utilisée dans cette analyse doit-être absolument propre.

Tableau III.7 : Appareillage et réactifs du dosage des protéines

Produits	Matériels
- 50 mg de bleu de Coomassie	- Erlenmeyer + Eprouvettes (25 et 50 mL).
- 25 mL d'éthanol (95%)	- Balance de précision + Bouteille ambrée
- 500 mL d'eau distillée	- Spatule + Agitateur magnétique + Papier filtre
- Bovine Sérum Albumine (BSA)	- Cuvettes de Spectrophotomètre
- 50 mL (H_2PO_4) 85%, M = 98 g/mol	- Micropipettes

III.2.9.1. Préparation du réactif (solution de Bradford)

Peser et tarer le sabot de pesée à l'aide d'une balance de précision, puis mettre à l'aide d'une spatule 50 mg de Bleu de Coomassie. Dans un Erlen Meyer, préparer la solution de Bradford (ou réactif d'analyse), par la dissolution de 50 mg de bleu de coomassie dans un mélange de 500 mL d'eau distillée, 25 mL d'éthanol et 50 mL d'acide ortho-phosphorique. Après sa préparation, ce réactif doit être agité dans un agitateur magnétique réglé à 700 tours par minute, puis le filtré. Cette solution sera conservé dans une bouteille ambrée ou opaque à une température ambiante, elle peut être utilisable durant deux semaines à partir de la date de sa préparation.

III.2.9.2. Préparation de La solution mère

La Bovine Sérum Albumine (BSA) se prépare à une concentration de 1mg/mL. Peser alors 10 mg de BSA dans une balance de précision après avoir taré le tube Eppendorf, puis déposer cette quantité de protéine dans un bécher contenant 10 mL d'eau distillée.

III.2.9.3. Préparation de courbe d'étalonnage de (BSA)

Préparation séries des solutions d'étalonnage à concentrations suivant : 0, 20, 40, 60, 80, 100 μ g / μ L, ensuite on ajoute 4mL de colorant BBC (Coomassie Brilliant Blue R-250) à solutions étalonnage.

Tubes à essai	1	2	3	4	5	6
BSA (μL)	0	20	40	60	80	100
H₂O distillée (μL)	100	30	60	40	20	0
BBC (mL)	4	4	4	4	4	4

Après agiter les tubes par vortex, lire les absorbances (lecture densité optique) à une longueur d'onde de 595 nm. Dessiner la courbe d'étalonnage de concentration de BSA en fonction de l'absorption, à partir de cette dernière, déterminer la concentration de protéine dans échantillons. Si la valeur d'absorbance dépasse 1, on procède alors à différentes dilutions notamment : 1/10, 1/100, 1/1000.

III.2.9.4. Dosage des échantillons

Dans un tube à essai, introduire 100 μ L du lait (vache, chèvre ou chamelle), 1 mL d'eau distillée et 4 mL de Bleu brillant de Coomassie (BBC), agité pendant 10 minutes. Mesurer à 595 nm les échantillons et les normes par rapport au blanc de réactif (100 μ L d'eau distillée + 4 mL de BBC).

Expression des résultats

La concentration sera calculée à partir de la relation suivante :

$$[C] = [C]_{\text{dilution}} * D$$

Où : $[C]$ et $[C]_{\text{dilution}}$: sont respectivement la concentration dans l'échantillon non dilué et celle de l'absorbance (sa lecture se fait directement sur l'écran du spectrophotomètre).

D : Volume de dilution.

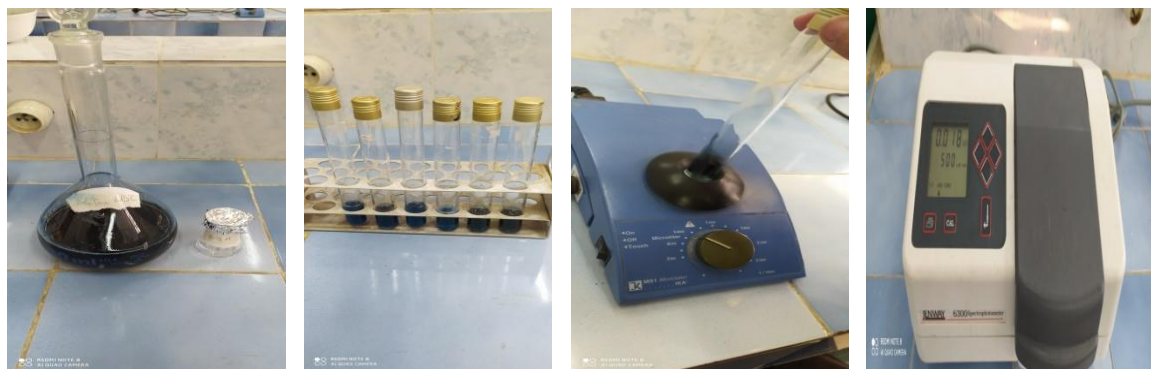


Photo III. 8 : Dosage des protéines (REMADNI Mouchira 2022)

III.2.10. Paramètres statistiques d'une série statistique

Une série statistique peut se caractériser par 2 grands types de paramètres :

III.2.10.1. Paramètres de position

Ils donnent l'ordre de grandeur des observations et sont liés à la tendance centrale de la distribution. Parmi ces paramètres on trouve la médiane et le paramètre qui nous concerne la moyenne

- Moyenne

Si le nombre d'effectif total est n , l'expression de la moyenne est comme suit : $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_n}{n}$

III.2.10.2. Paramètres de dispersion

Ils montrent la manière dont les observations fluctuent autour de la tendance centrale. On trie dans l'ordre croissant les n valeurs x_i : $x_1, x_2 \dots x_{n-1}, x_n$. Parmi ces paramètres on peut citer les quartiles, l'écart type, la variance et le coefficient de variation.

- Ecart type

Est le plus utilisé des paramètres de dispersion, si le nombre d'effectif total est n , la formule de l'écart type est comme suit :

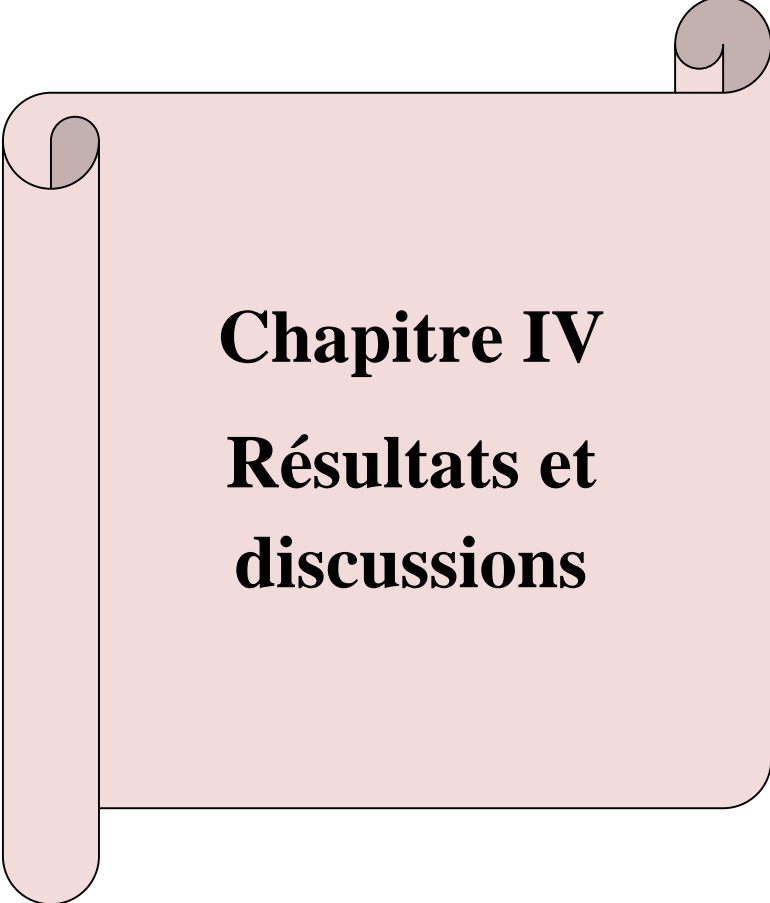
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

- Coefficient de variation (CV)

Il représente une sorte d'écart-type relatif pour comparer les dispersions indépendamment des valeurs de la variable. Il s'exprime souvent en pourcentage.

$$CV = \frac{\text{écart type}}{\text{moyenne}}$$

Le coefficient de variation permet de comparer notamment la précision de différents dosages effectués avec le même appareil.



Chapitre IV
Résultats et
discussions

Dans cette partie nous avons illustrés les résultats de mesure et les représentations graphiques des différents paramètres physicochimiques des échantillons des trois laits crus collectés au niveau de la région d'El Oued et Bougous. Pour chaque échantillon, une analyse complète a été effectuée, qui consiste à déterminer le pH, l'acidité, la conductivité, la teneur en eau, la teneur en protéines, détermination de la matière sèche, détermination des cendres, test d'amidon. Les résultats des analyses sont illustrés dans les tableaux IV.1-IV.9.

IV.1. pH

Tableau IV.1 : Résultats de pH des trois types de lait crus étudiés

	Valeurs du pH		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	6.30	6.25	5.87
Echantillon 2	6.36	6.5	5.87
Echantillon 3	6.8	6.8	5.86
Valeur moyenne (\bar{X})	6.486	6.516	5.866
Ecart-type (σ)	0.222	0.224	0.004
Coefficient de variation (CV)%	0.034	0.034	0.001

D'après le tableau de résultat, la plus petite valeur du coefficient de variation (CV) est celle du pH du lait de chamelle (0.001 %), et les deux autres laits possèdent le même coefficient, avec la même précision.

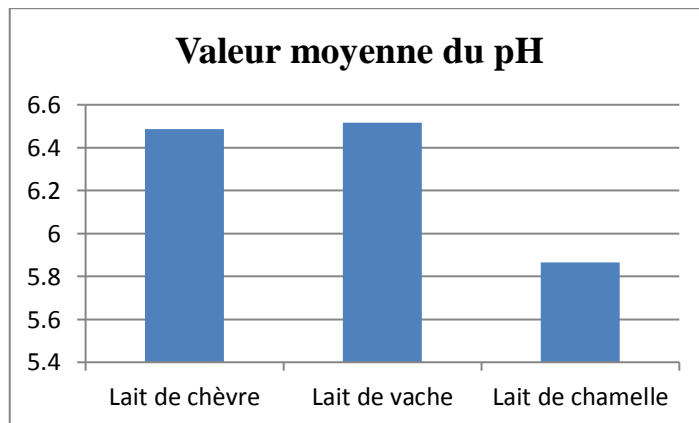


Figure IV.1 : Représentation graphique des résultats de pH du trois types de lait crus étudiés.

Les résultats de pH montrent que la valeur moyenne du pH du lait vache (6.516 ± 0.224) est plus élevée que celui de lait de chèvre et lait de chamelle, avec une moyenne respectivement (6.486 ± 0.222 et 5.866 ± 0.004).

D'après Sina [90], dans le lait normal, le pH est compris entre 6,6 et 6,8. D'après Remeuf et Hanzen, le pH du lait de chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6.45 à 6.60 et le pH du lait de vache à 20°C est compris entre 6.5 et 6.7 [91]. D'après nos résultats les valeurs du pH enregistrées sont conformes aux résultats comparativement à celles indiquées

par Sina, Remeuf et Hanzen [90, 91]. La valeur du pH du lait chamelle est légèrement plus faible que la valeur rapportée par (H. Boudjnah) [49].

IV.2. Valeurs d'acidité

Tableau IV.2 : Résultats des valeurs d'acidité des trois types de lait crus étudiés

	Valeurs d'acidité (D°)		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	18	17	20
Echantillon 2	19	16	18
Echantillon 3	17	16	18
Valeur Moyenne (\bar{X})	18	16.333	18.666
Ecart-type (σ)	0.816	0.471	0.943
Coefficient de variation (CV) %	0.045	0.029	0.051

Les résultats du tableau montrent que la valeur du coefficient de variation (CV) la plus importante est celle d'acidité du lait de chamelle (0.051%), et la plus petite est celle de lait de vache (0.029 %).

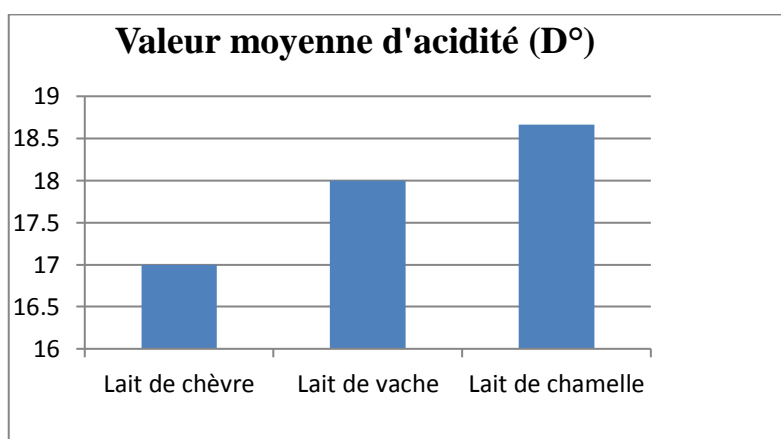


Figure IV.2 : Représentation graphique des résultats des valeurs d'acidité du trois types de lait crus étudiés.

D'après nos résultats nous constatons que l'acidité titrable du lait de chamelle (18.666 ± 0.943) est plus élevée à celle de lait de vache (16.333 ± 0.471) et lait de chèvre (18 ± 0.816). Les échantillons de lait de chamelle analysés, présentent une acidité titrable moyenne (18.666 D°) située dans la fourchette des travaux rapportés sur le lait de chamelle [92]. Selon la littérature, le lait de chèvre avec une acidité de $14-18 \text{ D}^\circ$, et le lait de vache est moins acide que le lait de chèvre avec une valeur de $15-17 \text{ D}^\circ$ [92]. D'après nos résultats les valeurs enregistrées sont conformes aux résultats indiquées par Sina [92].

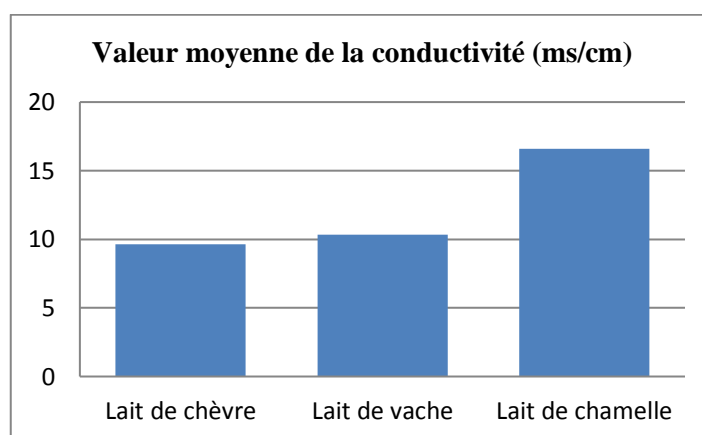
IV.3. La conductivité

Le tableau des résultats (tableau. IV.3) indique que les CV de la conductivité de lait vache et chamelle sont proches, ce qui confirme que ses mesures ont été réalisées avec une même précision.

Tableau IV.3 : Résultats des valeurs de la conductivité des trois types de lait crus étudiés

	Valeurs de la conductivité (ms/cm)		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	9.50	10.35	16.58
Echantillon 2	9.66	10.34	16.60
Echantillon 3	9.70	10.30	16.62
Valeur Moyenne (\bar{X})	9.62	10.33	16.60
Ecart-type (σ)	0.086	0.021	0.016
Coefficient de variation (CV)%	0.009	0.002	0.001

Selon les résultats obtenus (figure IV.3), les valeurs de la conductivité pour les trois différents laits sont variées. On observe que la valeur de la conductivité de lait de chamelle (16.60 ± 0.016 ms/cm) est la plus supérieure que les deux autres laits étudiés.

**Figure IV.3 :** Représentation graphique des résultats des valeurs de la conductivité du trois types de lait crus étudiés.

IV.4. Détermination de la matière sèche (MS)

Tableau IV.4 : Résultats des valeurs de matière sèche des trois types de lait crus étudiés

	Matières sèche MS (g/L)		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	122.78	114.54	95.76
Echantillon 2	125.61	112.62	95.98
Echantillon 3	126.21	112.62	112.62
Valeur Moyenne (\bar{X})	124.866	113.26	101.453
Ecart-type (σ)	1.495	0.905	7.896
Coefficient de variation (CV)%	0.012	0.008	0.078

Les résultats du tableau montrent que la valeur du coefficient de variation (CV) la plus importante est celle de matières sèche du lait de chamelle (0.078 %), et la plus petite est celle de lait de vache (0.008 %).

Les résultats obtenus (figure IV.4) confirment que la matière sèche du lait de chèvre (124.866 ± 1.495) est plus élevée à celui de lait de vache et lait de chamelle qui sont

respectivement (113.26 ± 0.905 et 101.453 ± 7.896). Les résultats de la MS du lait de chamelle ne sont pas en accord avec les résultats affichés par Fil-Afnor [93]. En revanche, nos résultats du lait de chèvre et lait de vache sont en accord avec les valeurs représentées par les normes de Fil-Afnor [93], qui recommandent une teneur en extrait sec total (EST) comprise entre 102 et 125 g/L.

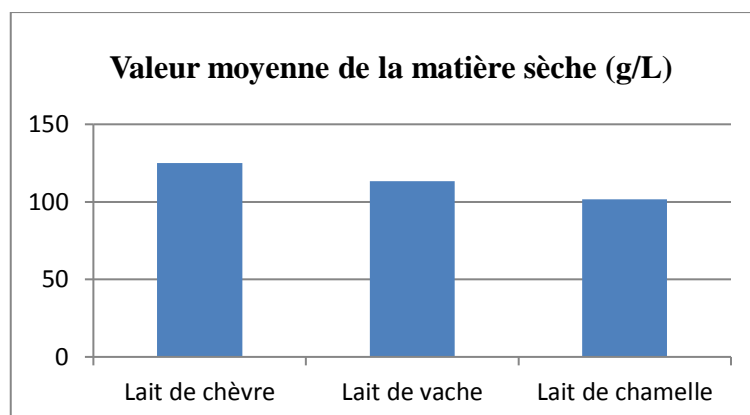


Figure IV.4 : Représentation graphique des résultats des valeurs de matière sèche du trois types de lait crus étudiés.

IV.5. Teneur en eau

Tableau IV.5 : Résultats des valeurs de la teneur en eau des trois types de lait crus étudiés

	Teneur en eau (%)		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	87	105	91
Echantillon 2	88	88	93
Echantillon 3	88	110	90
Valeur Moyenne (\bar{X})	87.666	101	91.333
Ecart-type (σ)	0.471	9.416	1.247
Coefficient de variation (CV) %	0.005	0.093	0.014

La meilleur précision de mesure de la teneur en eau (%) est celle de lait de chèvre, avec un coefficient de variation (CV) est égal à 0.005 %.

D'après les résultats (figure IV.5), nous constatons que la teneur en eau du lait de vache (101 ± 9.416) est plus élevée à celle de lait de chamelle et chèvre avec une moyenne égale respectivement à (91.333 ± 1.247 et 87.666 ± 0.471).

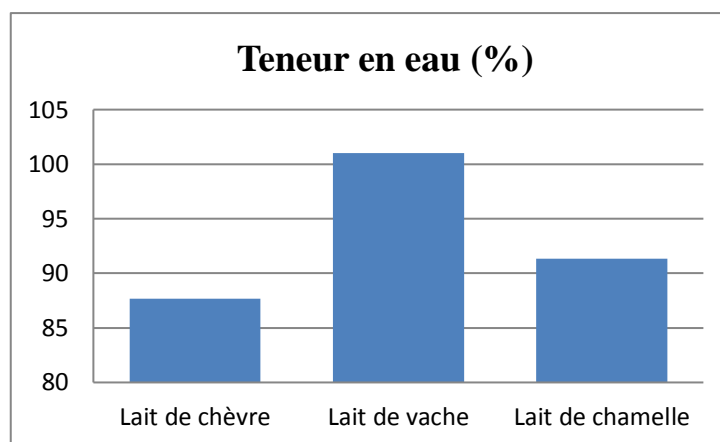


Figure IV.5 : Représentation graphique des résultats de la teneur en eau dans les trois types de lait crus étudiés.

IV.6. Détermination des cendres

Tableau IV.6 : Résultats des valeurs de la teneur des cendres des trois de laits crus étudiés

	Teneur des cendres (g/L)		
	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
Echantillon 1	7.90	7.62	8.11
Echantillon 2	8	6.80	8.91
Echantillon 3	7.84	7.23	7
Valeur Moyenne (\bar{X})	7.913	7.216	8.006
Ecart-type (σ)	0.065	0.334	0.783
Coefficient de variation (CV)%	0.008	0.046	0.098

D'après les résultats obtenus, la meilleure mesure de la teneur des cendres est celle de lait de chèvre, avec un coefficient de variation (CV) est égal à 0.008 %.

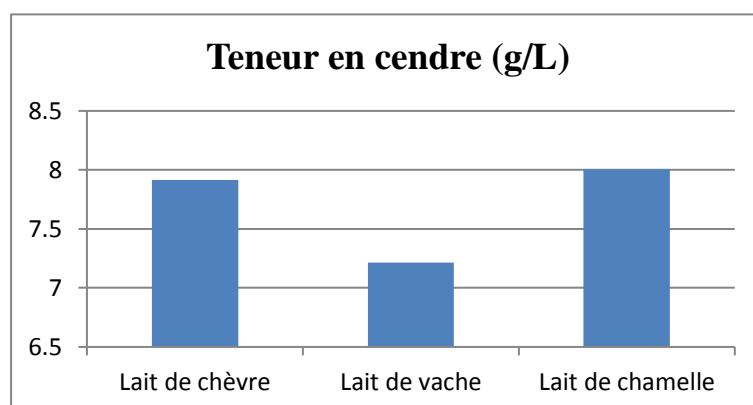


Figure IV.6. : Représentation graphique des résultats de la teneur en cendre dans trois types de lait crus étudiés.

La teneur moyenne en cendres des échantillons du lait de chamelle est égale à 8.006 g/L \pm 0.783, ce résultat n'est pas en accord avec ceux rapportés par Sboui *et al.* [94] avec 7,5 g/L, et Siboukeur [88] avec 7,28 g/L.

Les résultats de la teneur en cendre du lait vache ne sont pas également en accord, avec les résultats affichés par FAO [95], avec une moyenne de (9 g/L). En revanche les résultats du lait de chèvre obtenus sont en accord avec les valeurs représentées par les normes d'Afnor [96].

IV.7. Dosage des ions chlorure (Cl⁻) d'un lait par conductimétrie

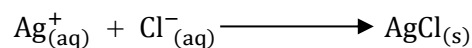
Dans certaines étables la conductivité du lait est mesurée, lors de la traite, afin de détecter une possible inflammation des mamelles (mammites) qui rend impropre la consommation du lait. La conductivité du lait dépend essentiellement des concentrations en ions sodium Na⁺, potassium K⁺ et chlorure Cl⁻. Les mammites, en provoquant une élévation des concentrations en ions Na⁺ et Cl⁻, augmentent la conductivité du lait. Dans un lait frais, la concentration massique moyenne en ions chlorure se situe entre 0,8 g.L⁻¹ et 1,2 g.L⁻¹. Dans le cas de laits dits « mammitieux », la valeur moyenne est voisine de 1,4 g.L⁻¹.

Le contrôle de la concentration en ions chlorure d'un lait est une nécessité, afin de vérifier que la vache n'est pas atteinte d'une mammite.

La réaction support du dosage d'un titrage par conductimétrie fait intervenir des ions. Une cellule conductimétrique permet de relever la valeur de la conductivité σ de la solution pour différents volumes de solution titrante ajoutée. Si au cours du titrage la dilution est négligeable, le tracé du graphique σ en fonction du volume de solution titrante ajoutée est constitué de deux droites. Le point d'intersection de ces deux portions de droite permet de repérer l'équivalence du titrage.

IV.7. 1. Interprétation des résultats

Les ions chlorure (Cl⁻) et les ions argent (Ag⁺) en solution aqueuse réagissent selon une réaction de précipitation, rapide et totale :



Les protéines du lait peuvent perturber le début du titrage. La conductivité de la solution est due à tous les ions présents, en particulier les ions chlorure. Elle sera calculée par la relation suivante : $\sigma = \sum (\lambda_i [X_i])$

Avec σ : Conductivité de la solution, en siemens par mètre (S.m⁻¹)

[X_i] : Concentration molaire de chaque ion présent, (mol.m⁻³)

λ_i : Conductivité molaire ionique de chaque ion présent, (S.m².mol⁻¹)

- Pour un volume versé V inférieur au volume 'équivalent (V_E)

Le chlorure de potassium est en excès. Selon la réaction support, chaque ion titrant (Ag⁺) va réagir avec un ion Cl⁻, donc dans ce milieu, on trouve seulement les ions NO₃⁻, K⁺ et Cl⁻. Du point de vue de la conductivité, les ions chlorure ($\lambda(\text{Cl}^{-}) = 7.63$) mS.m².mol⁻¹

vont être remplacés par les ions nitrate de conductivité molaire ionique moindre ($\lambda(\text{NO}_3^-) = 7.14$) $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$, ce qui résulte la diminution légère de la conductivité σ

- Pour un volume versé V égal au volume 'équivalent' V_E

Tous les ions chlorure vont être consommés, ils restent dans le milieu, seulement les ions NO_3^- et K^+ .

- Pour un volume versé V supérieur au volume 'équivalent' V_E

Le nitrate d'argent est en excès, Les ions titrant (Ag^+) ne réagissent plus avec les ions chlorure, à ce stade, les ions présents sont : NO_3^- , K^+ et Ag^+ , par conséquent, les concentrations des ions d'argent ($\lambda(\text{Ag}^+) = 6.19$) $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ et de nitrate augmente avec le temps, ce qui implique l'augmentation de la conductivité σ .

IV.7. 2. Détermination de concentration massique en ions chlorure

A l'équivalence les quantités de matière des réactifs sont en proportions stœchiométriques, La quantité d'ion chlorure contenus dans un lait frais peut être calculé comme suit :

$$n_{\text{Cl}^-} = n_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] V_E$$

Ce nombre de mole est calculé dans un volume V_{lait} , le nombre de Cl^- dans un litre de lait est :

$$n'_{\text{Cl}^-} = \frac{n_{\text{Cl}^-} \cdot 1000}{V_{\text{lait}}}$$

Sachant que n'_{Cl^-} est la concentration molaire en ions chlorure, la concentration massique sera donc : $n''_{\text{Cl}^-} = n'_{\text{Cl}^-} \cdot 35.5$

IV.7. 2. 1. Détermination de concentration massique en ions $[\text{Cl}^-]$ dans le lait de vache

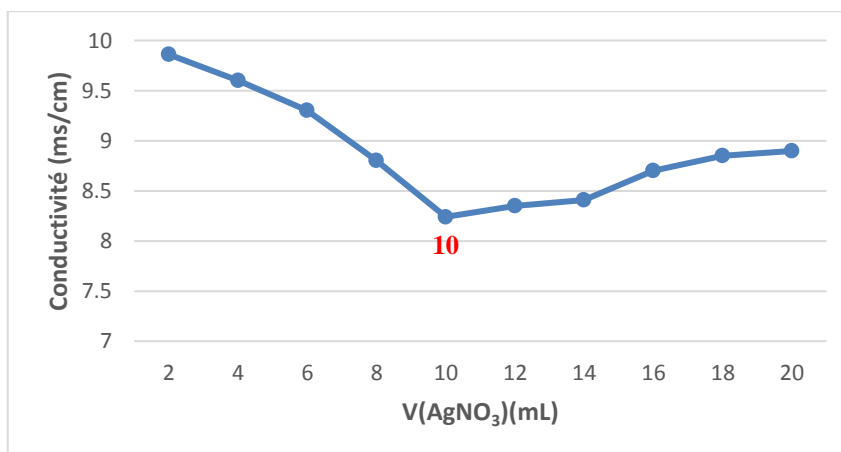


Figure IV.7. : Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de vache

$$n_{\text{Cl}^-} = n_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] V_E = 0.01 (10 \cdot 10^{-3}) = 10^{-4} \text{ mol}$$

Le nombre de mole des ions chlorure dans un litre de lait de vache sera :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{10^{-4} (1000)}{20} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

La concentration massique des ions chlorure dans un litre de lait de vache sera :

$$[\text{Cl}^-]_{\text{massique}} = 5 \cdot 10^{-2} (35,5) = 177,5 \cdot 10^{-2} = 1,775 \text{ g/L}$$

La valeur de $[\text{Cl}^-]_{\text{massique}}$ est différente de 1,4, donc ce lait n'est pas mammiteux.

IV.7.2.2. Détermination de concentration massique en ions $[\text{Cl}^-]$ dans le lait de chèvre

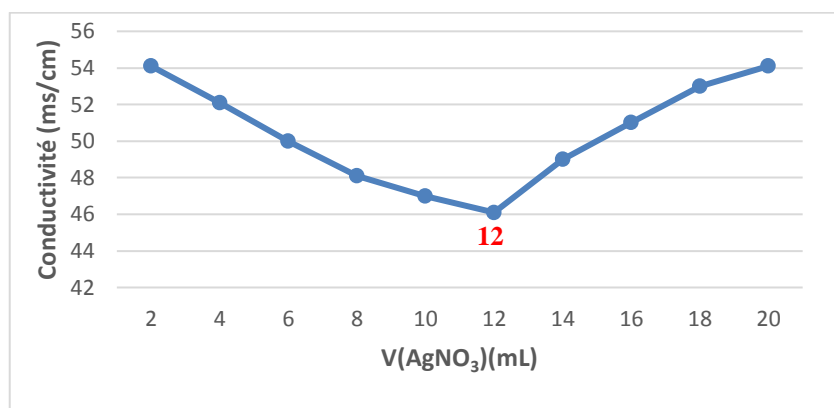


Figure IV.8 : Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de chèvre

$$n_{\text{Cl}^-} = n_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] V_E = 0,01 (12 \cdot 10^{-3}) = 12 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Le nombre de mole des ions chlorure dans un litre de lait de chèvre sera :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{12 \cdot 10^{-5} (1000)}{20} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

La concentration massique des ions chlorure dans un litre de lait de chèvre sera :

$$[\text{Cl}^-]_{\text{massique}} = 6 \cdot 10^{-3} (35,5) = 213 \cdot 10^{-3} = 0,213 \text{ g/L}$$

La valeur de $[\text{Cl}^-]_{\text{massique}}$ est différente de 1,4, donc ce lait n'est pas mammiteux.

IV.7.2.3. Détermination de concentration massique en ions $[\text{Cl}^-]$ dans le lait de chamelle

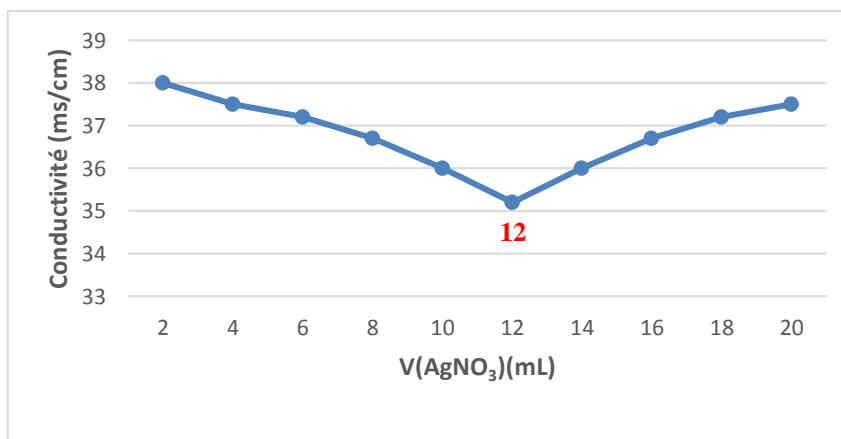


Figure IV.9 : Courbe de titrage des ions chlorure dans le lait de chamelle

$$n_{\text{Cl}^-} = n_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] V_E = 0,01 (12 \cdot 10^{-3}) = 12 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Le nombre de mole des ions chlorure dans un litre de lait de chamelle sera :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{12 \cdot 10^{-5} (1000)}{20} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

La concentration massique des ions chlorure dans un litre de lait de chamelle sera :

$$[\text{Cl}^-]_{\text{massique}} = 6 \cdot 10^{-3} (35,5) = 213 \cdot 10^{-3} = 0.213 \text{ g/L}$$

La valeur de $[\text{Cl}^-]_{\text{massique}}$ est différente de 1,4, donc ce lait n'est pas mammiteux.

IV.8. Test d'amidon

Le test d'amidon obtenu est négatif pour les trois laits (chèvre, vache, chamelle), cette valeur est nettement inférieure à celle indiquée par Afnor [96].

Tableau IV.7 : Résultats de test d'amidon des trois types de lait crus étudiés.

Test d'amidon		
Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de chamelle
-	-	-

IV.9. Dosage de protéine

IV.9.1. Courbe d'étalonnage

Cette courbe peut être tracée selon les valeurs de la densité optique (DO) de chaque concentration de BSA pour les différents tubes à essai

D'abord nous avons préparé un tube témoin (100 μL d'eau + 4 mL de BBC), ensuite nous avons calculé son absorbance(ou DO), qui est égal à 0.609

Tableau IV.8 : Densités optiques de différents tubes à essai de BSA

Tubes à essai	1	2	3	4	5	6
BSA (μL)	0	20	40	60	80	100
DO	0	0.195	0.220	0.490	0.600	0.749

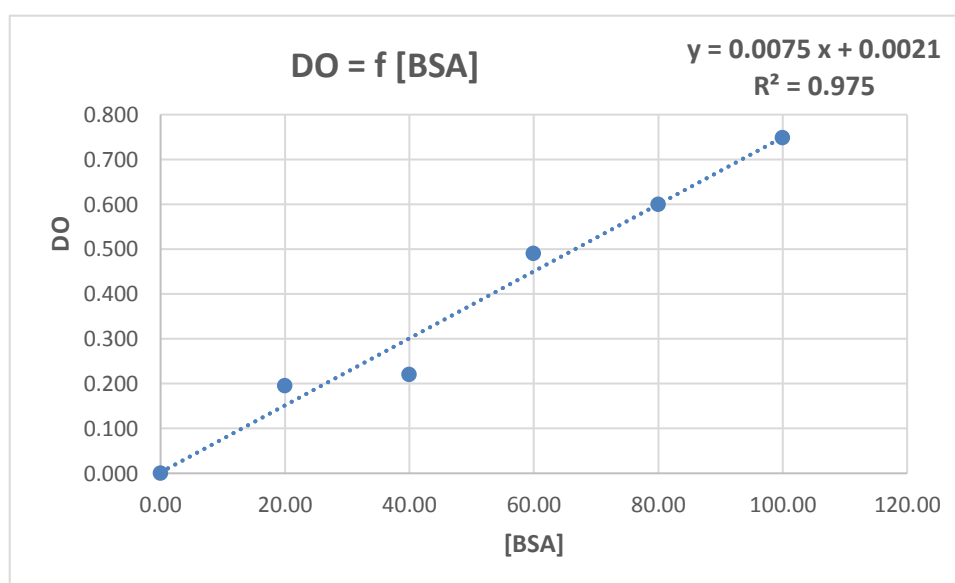


Figure IV.10. : Courbe d'étalonnage de Bradford

IV.9.2. Calcul de l'absorbance de différent lait

Comme la valeur de l'absorbance est supérieur à 1, on a calculé l'absorbance à différentes dilutions ($\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$). Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 : Densités optiques de trois types de laits étudiées

	Avant dilution	Après dilution		
		$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1000}$
Lait de vache	1.667	0.484	0.700	0.741
Lait de chèvre	1.946	0.281	0.400	0.470
Lait de chamelle	1.931	0.848	0.856	0.858

IV.9.3. Détermination de concentration de protéine

Selon la droite de la courbe d'étalonnage $y = 0.0075x + 0.0021$, ce qui donne : $x = \frac{y - 0.0021}{0.0075}$

Avec x et y sont respectivement, la concentration de protéine et l'absorbance.

Dans notre travail, nous avons pris en considération le cas de dilution ($\frac{1}{10}$)

IV.9.3.1. Concentration de protéine dans le lait de vache

$$[\text{Protéine}]_{\text{vache dil}} = \frac{DO - 0.0021}{0.0075} = \frac{0.484 - 0.0021}{0.0075} = 64.253$$

$$[\text{Protéine}]_{\text{vache}} = [\text{Protéine}]_{\text{vache dil}} * 10 = 64.253 * 10 = 642.53$$

IV.9.3.2. Concentration de protéine dans le lait de chèvre

$$[\text{Protéine}]_{\text{chèvre dil}} = \frac{DO - 0.0021}{0.0075} = \frac{0.281 - 0.0021}{0.0075} = 37.187$$

$$[\text{Protéine}]_{\text{chèvre}} = [\text{Protéine}]_{\text{chèvre dil}} * 10 = 37.187 * 10 = 371.87$$

IV.9.3.2. Concentration de protéine dans le lait de chamelle

$$[\text{Protéine}]_{\text{chamelle dil}} = \frac{DO - 0.0021}{0.0075} = \frac{0.848 - 0.0021}{0.0075} = 112.787$$

$$[\text{Protéine}]_{\text{chamelle}} = [\text{Protéine}]_{\text{chamelle dil}} * 10 = 112.787 * 10 = 1127.87$$

Nos résultats montrent que le lait chamelle contient plus de protéine que le lait de vache et de chèvre.

Le lait est un aliment spécifique dont l'importance nutritionnelle n'est plus à démontrer. En effet, le lait constitue le premier apport protéique de l'être humain et le premier aliment naturel complet dès le jeune âge. Il renferme les nutriments de base nécessaire au bon développement de l'organisme humain.

Pour cela, nous avons réalisé une étude qui vise à évaluer les caractéristiques physico-chimiques des trois espèces laitières (vache, chèvre et chamelle) sains ont été prélevés frais dans différentes régions d'Algérie au premier stade de lactation. Les analyses effectuées ont portées sur le pH, l'acidité, la conductivité, la matière sèche, la teneur en eau, les protéines.

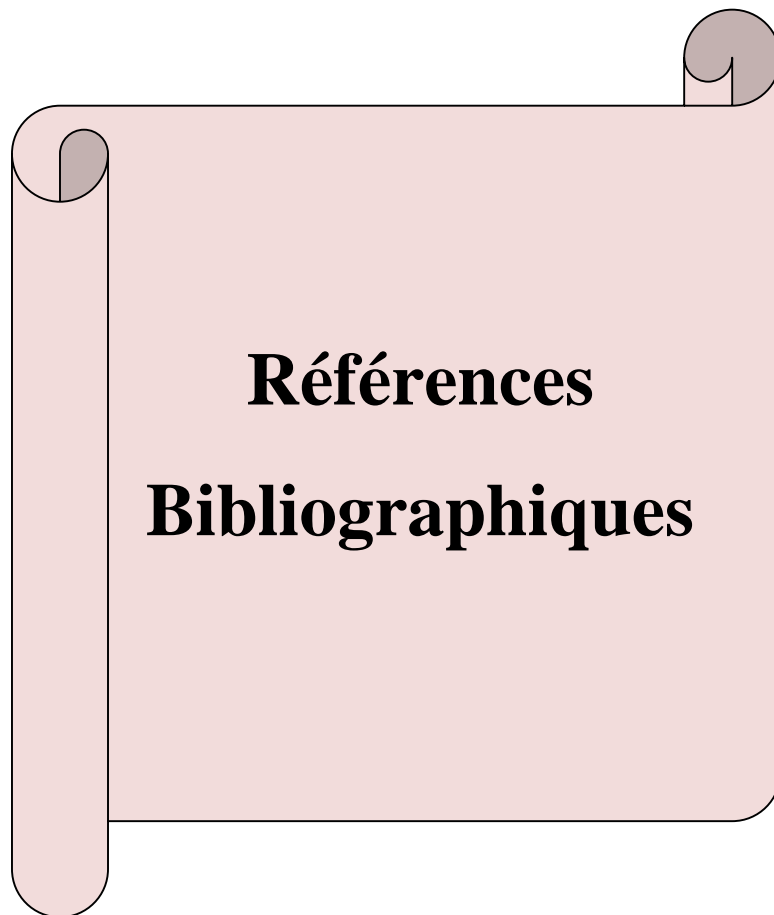
L'analyse physico-chimique a montré que le pH des trois laits est proche. L'acidité Dornic du lait de chamelle est égale à (18.67 D°), elle est plus élevée par rapport au lait de chèvre et vache. La conductivité du lait de chamelle (16.60 ms/cm), paraît légèrement plus élevée par rapport aux deux types du lait analysés qui semblent presque similaires.

Cependant, le lait de vache présente la teneur en eau la plus élevée à celle de lait de chamelle et chèvre. Le lait de chamelle présente le taux le plus élevé en cendre (8.006 g/L) ainsi qu'en protéines totales (1127.87 g/L) face aux laits de chèvre et vache. D'autre part, La teneur en matière sèche totale du lait de chèvre est égale à (124.866 g/L), elle semble plus élevée par rapport aux deux types du lait analysés.

Enfin, le dosage des ions chlorure (Cl⁻) d'un lait par conductimétrie montre que les trois laits ne sont pas mammiteux.

On peut conclure à partir des résultats obtenus par notre étude que, les paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes. Donc les trois laits sont de qualité physico-chimique acceptable.

En perspectives, cette étude doit être complétée par une analyse comparative des paramètres bactériologiques.



**Références
Bibliographiques**

- [1] - S. Ghaoues, Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de lait reconstituées partiellement écrémées commercialisées algériennes, mémoire de magister, université de Constantine, **2011**.
- [2] - Food and agriculture organization (Fao), Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Editeur Food and agriculture organization Roma (ITA), 28, **1995**.
- [3] - R. Aboutayeb, Technologie du lait et dérivés laitiers, **2009**.
- [4] - C. Alais, Sciences du lait : Principes des techniques laitières. 3^{ème} Ed. Edition Sepaic, Paris, **1975**.
- [5] - E. Fredot, Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **2005**.
- [6] - M.A. Wattiaux, Dairy essentials (1st Edition): Nutrition and feeding, The Babcock institute publications, University of Wisconsin-Madison, **1997**.
- [7] - L. Alves, Production of powdered milk, Ecole nationale vétérinaire de Lyon, France **2006**.
- [8] - S. Pougheon, J. Goursaud, Le lait caractéristiques physicochimiques, In G. Debry, Lait, nutrition et santé, Edition Tec. et Doc., Paris, **2001**.
- [9] - C.L. Vignola, Science et technologie du lait : Transformation du lait, Edition Presses internationales polytechnique, Montréal, Québec, **2002**.
- [10] - J. Amiot, S. Fournier, Y. Lebeuf, P. Paquin, R. Simpson, H. Turgeon, Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In C. L. Vignola, Science et technologie du lait, Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, Québec, **2002**.
- [11] - W. Stoll, Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait, RAP Agri. N° 15/2003, vol. 9, Suisse, **2003**.
- [12] - R. Jeantet, T. Croguennec, P. Schuck, G. Brule, Science des aliments-technologie des produits alimentaires, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **2007**.
- [13] - F. M. Luquet, Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Edition Tec. et Doc., Lavoisier Paris, **1985**.
- [14] - P. A. Morrissay, Lactose: chemical and physicochemical properties, In Developments in dairy chemistry 3, P. F. Fox, Elsevier, London, **1995**.
- [15] - J. Adrian, Les vitamines, In Comparative and european private international law (CEPIL), Le lait matière première de l'industrie laitière, CEPIL-INRA, Paris, **1987**.
- [16] - G. Debry, Lait, nutrition et santé, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **2001**.

- [17] - B. Remons, M. Journet, Effet de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait, In *Le lait, matière première de l'industrie laitière*, INRA publications, Versailles. 171-185, **1987**.
- [18] - F. Enjalbert, Alimentation et composition du lait de vache, *point vet.*, 25, 37-46, **1994**.
- [19] - R. Got, Les enzymes du lait, *Ann. nutr. alim.*, 25, A291-A311, **1997**.
- [20] - R. Wolter, Alimentation de la vache laitière, 3^{ème} Ed. Editions France agricole. Paris, **1988**.
- [21] - R. Veisseyre, Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3^{ème} Ed. Edition la maison rustique, Paris, **1979**.
- [22] - E. Jakob, J. P. Hänni, Fromageabilité du lait, Edition Agroscope Liebefeld Posieux Groupe de discussions N° 17F, **2004**.
- [23] - C. Meyer, J. P. Denis, Elevage de la vache laitière en zone tropicale, Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux, **1999**.
- [24] - H. Mathieu, Modification du lait après récolte, Dans *Lait et produits laitiers. Vaches, brebis, chèvres*, F. M. Luquet, tome 1, Edition Tec. et Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris, **1985**.
- [25] - F. Badinand, Maîtrise du taux cellulaire du lait, *Rec. Méd. Vét.*, 170, **1994**.
- [26] - V. Toureau, V. Bagieu, A. M. Le bastard, Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage, INRA mission communication, *Option Médit.*, 13, 81-103, **2004**.
- [27] - J. B. Coulon, Y. Chilliard, B. Remond, Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques, *INRA Prod. Anim.*, 4, 219-228, **1991**.
- [28] - I. Gaucher, Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits : de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, thèse doctorat, Agrocampus Rennes, **2007**.
- [29] - J. Mathieu, Initiation à la physicochimie du lait, Guides Technologiques des IAA. Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **1998**.
- [30] - Lait commission interprofessionnelle des pratiques contractuelles (CIPC), Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait, **2011**.
- [31] - D. Filipovitch, Etude sur les variations de la densité du lait de mélange, *Int. dairy j.*, 333-334, **1954**.
- [32] - H. Pointurier, La gestion matière dans l'industrie laitière, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **2003**.
- [33] - J. Goursaud, Composition et propriétés physico-chimiques, Dans *Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre*, Tome 1, Les laits de la mamelle à la laitière. F.M. Luquet, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **1985**.

- [34] - M. Mahaut, R. Jeantet, P. Schuck, G. Brule, Les produits industriels laitiers, Edition TEC. et DOC., Lavoisier, Paris, **2000**.
- [35] - E. Vierling, Aliment et boisson-Filière et produit, 2^{ème} Ed., édition doin, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, **2003**.
- [36] - M. Dou, H. Zerig, Etude comparative entre les différents laits crus « lait de vache et lait de chèvre » dans la région d'El oued, mémoire de master, Université d'El Oued, **2020**.
- [37] - M. Belmegdad, C. Bentaieb, Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de 3 marques de lait U.H.T, (Candia, Ramy et Soummam), mémoire de master, université de Mostaganem, **2018**.
- [38] - G. Thieulin, R. Vuillaume, Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs, Bull. acad. Vét. 249-250, **1967**.
- [39] - B. Gosta, Lait long conservation, In manuel de transformation du lait, Edition Tétra Packs Processing Systems A.B, Sweden, **1995**.
- [40] - J. C. Favier, Composition du lait de vache-Laits de consommation, Edition Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, **1985**.
- [41] - M. Gast, Alimentation des populations de l'Ahaggar, étude ethnographique, mémoire du CRAPE VIII, Arts et métiers graphiques, Paris, **1968**.
- [42] - M. Said, O. Siboukeur, A. Ouled Belkheir, Guerradi, Caractéristiques physico-chimiques, composition et qualité bactériologique du lait de chamelle population sahraoui (wilayas d'Ouargla et Ghardaïa). Aptitudes technologiques, Premières journées sur la recherche cameline, Ouargla, **1999**.
- [43] - E. I. El-Agamy, R. Ruppanner, A. Ismail, C. P. Champagne, R. Assaf, Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective protein, *J. Dairy Res.*, 59, 169-175, **1992**.
- [44] - S. J. CH. Grech-Angelini, Effets de la déshydratation sur le métabolisme énergétique et sur l'état corporel de dromadaire *Camelus dromedarius*, Thèse de doctorat vétérinaire, université de Toulouse, **2007**.
- [45] - R. Smail, Isolement et caractérisation de protéines majeures du lait de chamelle collecté dans régions d'Ouargla et de Tamanrasset, mémoire de magister, université de Bejaia, **2002**.
- [46] - Z. Farah, M. R. Bachman, Rennet coagulation properties of camel milk *Milchwissenschaft*, 42, 689-692, **1987**.
- [47] - A. Siboukeur, O. Siboukeur, Caractéristiques physicochimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin, *Annales des Sciences et Technologie*, 4, 102-107, **2012**.

- [48] - B. Faye, Guide de l'élevage du dromadaire, Editions Sanofi, Santé et nutrition animale, **1997**
- [49] - S. Boudjnah, Aptitude à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effets des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires, Thèse doctorat, université de Tizi ouzou, **2012**.
- [50] - S. Kappeler, Z. Frah, Z. Puhan, Sequence analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins, *J.Dairy Res.*, 65, 206-222, **1998**.
- [51] - H. Attia, N. Kherouatou, N. Fakhfakh, T. Khorchani, N. Trigui, Dromedary milk fat : biochemical, microscopie and rheological characteristics, *J. food lipids*, 7, 95-112, **2000**.
- [52] - Z. Farah, Composition and characteristics of Camel Milk, review, *J. Dairy Res.*, 60, 603-626, **1993**.
- [53] - M. Bengoumi, B. Faye, J. C. Tresol, Composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. In P. Bonnet, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers, Edition Cirad-Emvt, Ilri, Montpellier, **1998**.
- [54] - F. M. Al-Awadi, T. S. Strikumar, Traces elements and thier distribution in protien fractions of camel milk in comparison to other commonly consumed milks, *J. Dairy Res.*, 68, 463-469, **2001**.
- [55] - M. A. Mehaia, The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk, *Milchwissenschaft*, 50,260-263, **1994**.
- [56] - Z. Farah, R. Rettenmaier, D. Atkins, Vitamin content of camel milk, *Int. J. Vitam. Nutr.*, 62, 30-33, **1992**.
- [57] - G. Konuspayeva, G. Loiseau, B. Faye, La plus –value santé du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan, In Onzième rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris, Institut de l'élevage, **2004**.
- [58] - M. Kamoum, Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques, Actes du colloque, Dromadaire et chameaux animaux laitiers, Nouakchott, Mauritanie, **1995**.
- [59] - R. Yagil, O. Zagorski, C. Van Creveled, Science and camel's milk production, Actes du colloque, Dromadaires et chameaux animaux laitiers, Nouakchott, Mauritanie, **1994**.
- [60] - R. Yagil, Camels and camel milk, Food and agriculture organization (FAO), Animal Production and Health, 26, 1-69, **1982**.
- [61] - J. C. Corcy, La chèvre. Edition la maison rustique, Paris, **1991**.
- [62] - A. Shkolnik, E. Maltz, S. Gordin, Desert and milk production, *J. Dairy Sci.*, 63, 1749-1754, **1980**.

- [63] - A. Doyon, Influence de l'alimentation sur la composition de lait de chèvre, revue des travaux récents, Colloque sur la chèvre, CRAAQ, Québec, Canada, **2005**.
- [64] - G. Duteurtre, M. K. Oudanang, S. H. N'gaba, Les bars laitiers de N'djamena (Tchad) des petites entreprises qui valorisent le lait de brousse, Acte de colloque, ressources vivrières et choix alimentaire dans le bassin lac Tchad, Paris, **2005**.
- [65] - H. Jooyandeh, A. Abroumand, Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks, *World Appl. Sci. J.*, 11, 1316-1322, **2010**.
- [66] - J. O. Bosset, B. Albrecht, R. Badertscher, Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles de lait, de caillés et de fromage de chèvre de type Formaggini (buscion, robiola) et Foermagella, *Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène*, 92, 546-580, **2001**.
- [67] - F. Remeuf, J. Lenoir, C. Duby, Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Le Lait*, 69, 499-518, **1989**.
- [68] - A. Kouniba, Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée à celles du lait de vache et de dromadaire et étude de son aptitude fromagère, *Revue Marocaine des sciences Agronomiques et Vétérinaires*, **2007**.
- [69] - I. A. Bonassi, D. Matrins, R. Roca, Composition chimiques et propriétés physicochimiques du lait de chèvre dans l'état à Sao Paulo Brésil, *Revue de l'ENIL*, 217, 21-28, **1998**.
- [70] - Y. Lebeuf, J. C. Michel, S. Moineau, Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In *Science et technologie du lait*, **2002**.
- [71] - J. F. Desjeux, Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Le Lait*, 73, 573-580, **1993**.
- [72] - O. Vanwarbeck, Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en région de Wallonne. Edition La Reid, Haute école de la Province de Liège, **2008**.
- [73] - Fédération internationale de laiterie (FID), Lait de chèvre, **2008**.
- [74] - B. Zeller, Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Thèse de doctorat, université de Toulouse, **2005**.
- [75] - R. M. Rojas, Lãteos como fuente ideal de calcio/fóforo en la dieta, *Alimentación Nutrición y Salud*, 2, 52-58, **1995**.
- [76] - S. Roudj, A. Bessadat, N. E. Karam, Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest algérien, *Renc. Rech. Ruminants*, 12, 400, **2005**.

- [77] - R. L. Wolff, R. J. Fabien, Utilisation de l'isopropanol pour l'extraction de la matière grasse de produits laitiers et pour l'estérification subséquente des acides gras. *Le lait*, 69, 33-46, **1998**.
- [78] - J. Wangoh, Z. Farah, Z. Puhan, Iso-electric focusing of camel milk proteins, *Int. Dairy J.*, 8, 617-621, **1998**.
- [79] - M. A. Wattiaux, Métabolisme protéique chez la vache laitière, université du Wisconsin, Madison, **2004**.
- [80] - L. Masle, F. Morgane, Aptitude de lait de chèvres à l'acidification par les ferments lactiques-Facteurs de variation liées à la composition de lait, *Le Lait*, 81, 561-569, **2001**.
- [81] - P. Chanokphat, Casein micelle structure : a concise review, *J. Sci. Technol.*, 1, 201-212, **2005**.
- [82] - H. Roudaut, E. Lefrancq, Alimentation théorique, Edition Sciences des Aliments, **2005**.
- [83] - Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (CNIEL), Produit laitier, Maison de lait, **2006**.
- [84] - C. Alais, G. Linden, L. Miclo, Biochimie alimentaire, 6^{ème} Ed. Edition Dunod, Paris, **2008**.
- [85] - F. C. Leymarios, Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation, Thèse doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, **2010**.
- [86] - N. Karray, C. Lopez, M. Ollivon, H. Attia, La matière grasse du lait de dromadaire : Composition, microstructure et polymorphisme, *OCL*, 12, 439-446, **2005**.
- [87] - Chamelle, https://www.memoireonline.com/04/12/5744/m_Lait-cru-de-chevre-en-Algerie4.html (Consultée le 31/04/2002).
- [88] - O. Siboukeur, Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, aptitudes à la coagulation, Thèse de doctorat, Institut national Agronomique El-Harrach, **2008**.
- [89] - I. Gaucher, D. Mollé, V. Gagnaire, F. Gaucheron, Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk, *Food Hydrocoll.*, 22, 130-143, **2008**.
- [90] - L. Sina, Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la SOCA, thèse doctorat vétérinaire, université de Dakar, **1992**.
- [91] - F. Remeuf, Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits, *Rec, méd, vét*, 170, 359-365, **1994**.

- [92] - W. Park, H. Zhang, B. Zhang, L. Zhang, Mare milk, in Park and Haenlein (eds), Handbook of milk of non-bovine mammals, 275-296, Black well publishing professional, USA, **2006**.
- [93] - Fédération internationale du lait, Association française de normalisation (FIL-AFNOR), **1986**.
- [94] - A. Sboui, T. Khorchani, M. Djegham, O. Belhadj, Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien ; variation du pH et de l'acidité à différentes températures, *Afr. Sci.*, 5, 293-304, **2009**.
- [95] - Food and agriculture organization (FAO), Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, **1995**.
- [96] - Association française de normalisation (AFNOR), Contrôle de la qualité des produits alimentaires –Analyse sensorielle, 5^{ème} Ed., **1995**.

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). Afin de révéler les différentes caractéristiques physicochimiques de trois espèces du lait (chèvre, vache, chamelle) issu de deux régions différentes algériennes (El-Oued et Bouguos), une étude comparative des leurs propriétés physicochimiques a été effectuée. Cette étude compris la mesure de conductivité, de pH, d'acidité, dosage des ions (Cl^-) et protéine, le test d'amidon, ainsi que la détermination de la matière sèche, la teneur en cendres et eau, et la concentration massique en (Cl^-). L'étude comparative a montré que le pH et la teneur en matière sèche des trois laits sont proches, L'acidité et du lait de chamelle est plus élevée que celle du lait de vache et chèvre. D'autre part, la conductivité et la teneur en matière protéique du lait de chamelle sont très supérieures que les deux autres laits. Le lait de vache est plus riche en eau et moins riche en cendre par rapport au deux autres laits. Les résultats de dosage de (Cl^-) révèlent que les trois laits ne sont pas mammiteux.

Mots clés : Propriétés physico-chimiques, lait, chèvre, vache, chamelle, El-Oued, Bouguos.

Abstract

Milk is considered as complete and balanced food because of its high number of nutrients (proteins, fats, minerals, vitamins and lactose). In order to reveal the different physicochemical characteristics of three milk's species (goat, cow, camel) from two different Algerian regions (El-Oued and Bouguos), a comparative study of their physicochemical properties has been carried out. This study included measuring conductivity, pH, acidity, titration of proteins and (Cl^-), starch test as well as determination of dry matter, ash and water content and the mass concentration of (Cl^-). The comparative study has shown that the pH and dry matter content of three milks are close. The acidity of camel's milk is higher than that of cow and goat milk. On the other hand, the conductivity and protein matter of camel's milk are far above the other two milks. The cow's milk is richer in water and less rich in ash compared to other two milks. The results of chloride's titration reveal that the three milks are not mastitis.

Key words : Physico-chemical properties, milk, goat, cow, camel, El-Oued, Bouguos.

ملخص

يعتبر الحليب غذاء متكامل ومتوازن لغناه بالعديد من العناصر الغذائية (بروتينات، دهون، أملاح معدنية، لاكتوز وفيتامينات). من أجل الكشف عن الخصائص الفيزيوكيميائية المختلفة لثلاثة أنواع من الحليب (الماعز، البقر، الإبل) من منطقتين مختلفتين من الجزائر (الواد وبوقوس)، أجريت دراسة مقارنة لخصائصهم الفيزيوكيميائية. تضمنت هذه الدراسة قياس الموصلية، pH، الحموضة، معايرة أيونات (Cl^-) والبروتين، اختبار النشا، وكذلك تحديد المادة الجافة، والرماد، ومحتوى الماء، والتركيز الكتلي لـ (Cl^-). أظهرت هذه الدراسة أن pH ومحتوى المادة الجافة في الألبان الثلاثة متقاربين، وأن حموضة حليب الإبل أعلى من حموضة حليبي البقر والماعز. من ناحية أخرى، فإن الموصلية ومحتوى البروتين في حليب الإبل أعلى بكثير من الموصلية ومحتوى البروتين في الحليبين الآخرين. حليب البقر أغنى بالمياه وأقل غنى بالرماد مقارنة بالحليبين الآخرين. تظهر نتائج الفحص لـ (Cl^-) أن الألبان الثلاثة غير ناتجة عن أضرع ملتهبة.

الكلمات المفتاحية: الخصائص الفيزيوكيميائية، حليب، ماعز، بقر، إبل، الوادي، بوقوس.