

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département Des Sciences Biologiques



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences alimentaire

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Présenté par : M^{lle} ABIDISAAD Djihane

M^{lle} CHERAYETT Nour Elhouda

Thème :

**Fabrication de fromages à base d'un mélange de
lait de vache et lait de chamelle**

Soutenu publiquement le :

21/06/2023

Devant le jury :

Dr. KEDDAR Mohamed Nadir

Présidente

U.K.M. Ouargla

Dr. CHOUANA Toufik

Encadrant

U.K.M. Ouargla

Dr. Souid Wafa

Examineur

U.K.M. Ouargla

Année universitaire : 2022/2023



Remerciement

*Avant tout , nous remercions Dieu le tout puissant , le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage , la force , la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser se travail dans de meilleurs conditions . Nous tenons à remercier notre encadrant **Dr ChouanaToufik** pour son aide précieuse, ces orientations et le temps qu'il a consacré à la supervision de notre travail, travail nous remercions les membres de jury d'avoir accepté l'évaluation de ce travail.*

Dédicace

Grace Allah...

Je dédie ce travail:

A mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leur soutien et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour. Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours.

*À mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral. Sur tout ma chère sœur **Oulaya** en toi j'ai trouvé l'amour, le réconfort et le soutien possible. Grâce à vous, j'ai trouvé le courage et la force de continuer.*

Tu es l'espoir dans ma vie. Merci beaucoup ma belle sœur.

*A mes chers frères, surtout mon frère **Abderrahmane** pour leur appui et leur encouragement.*

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

*À toutes mes amies surtout ma binôme **Nour Elhouda***

Djihane



Dédicace

Je dédie ce mémoire qui est le fruit de tout un long chemin d'études:

*A mon très cher **père***

Pour m'avoir soutenu moralement et financièrement jusqu'à ce jour, pour son amour, et ses encouragements. Que Dieu tout-puissant le protège, lui accorde santé et bonheur et le protège de tout mal..

*A ma très chère **mère***

Autant de phrases aussi expressives soient, elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu m'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. QU'ALLAH te protège et te donne la santé, le bonheur et longue vie.

*A mes frères **Ramzi et Zoubir**, je vous remercie pour votre soutien et je vous*

Souhaite du bonheur à tous les deux.

*A mes chères sœurs **Takwa et Maroua**, je vous souhaite tout le bonheur.*

*A mon binôme **Djihane**, pour tous les souvenirs de nos pendant années d'études ensemble.*

Nour el houda



Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction 2

Partie bibliographique

Chapitre I : Le lait de chamelle

I.	Elevage camelin en Algérie.....	6
I.1	Situation de l'élevage camelin en Algérie :	6
I.2	Principales populations camelines :	6
I.3	La productivité laitière du lait de chamelle et quelques chiffres de production :	7
I.4	Le lait de chamelle :	8
I.4.1	Compositions chimiques du lait de chamelle :	8
I.4.2	Caractéristiques organoleptiques et physiques et microbiologiques du lait de chamelle	11
I.4.3	Les propriétés médicinales du lait de chamelle :	12
I.5	Pourquoi le lait de chamelle ne pas coagule pas «traditionnellement»	14
I.5.1	Les solutions pour améliorer la coagulation du lait de chamelle :	15

Chapitre II. Le lait de vache

II.	Mode d'élevage bovin en Algérie :	18
II.1	Principales populations bovines :	18
II.2	La productivité laitière du lait de vache en Algérie :	19

II.3	Le lait de vache :.....	20
II.3.1	Compositions chimiques du lait de vaches :	20
II.3.2	Caractéristiques organoleptiques et physiques et microbiologiques du lait de vaches :.....	25

Chapitre III.La présure

Introduction :	29
III.1	Origine de la présure :.....	29
III.2	Propriétés et mode d'action :.....	29
III.3	Autres enzymes coagulantes :	29

Chapitre IV.Le fromage

IV.1	Définition :	32
IV.2	Compositions chimiques de fromage :.....	32
IV.3	Valeur nutritive du fromage:	33
IV.4	Les types de fromages :.....	34
IV.5	La transformation du lait en fromage :	36

Partie expérimentale

Chapitre V.Matériel et méthodes

V.1	Objectif d'étude :.....	42
V.2	Appareillage :	42
V.3	Petits matériels :.....	42
V.3.1	Produits chimiques et réactifs :.....	42
V.3.2	Milieux de culture :.....	42
V.4	Matériel biologique :.....	43
V.4.1	Lait de dromadaire :.....	43
V.4.2	Lait de vache :	43
V.5	Les paramètres physico-chimiques de lait cru de vache et de lait cru de chamelle : 43	
V.5.1	Détermination de potentiel d'Hydrogène (pH) :	43

V.5.2	Détermination de l'acidité titrable :	43
V.5.3	Détermination de la densité par la méthode du pycnomètre :	44
V.6	Analyses microbiologiques de lait cru de vache et de lait cru de chamelle :	46
V.6.1	Préparation des dilutions décimales :	46
V.6.2	Dénombrement des flores aérobies mésophiles totaux (FMAT) :	46
V.6.3	Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérants ou des coliformes fécaux (CF) :	48
V.6.4	Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus :	49
V.6.5	Recherche et dénombrement de salmonella :	50
V.7	Fabrication de fromage	51
V.7.1	Fabrication de camembert	51
V.7.2	Fabrication de fromage frais	52
V.8	Caractérisation physico-chimique de fromage frais à partir de lait cru :	54
V.8.1	Détermination du poids de fromage :	54
V.8.2	Détermination de potentiel d'hydrogène (pH) du fromage :	54
V.8.3	Détermination l'acidité titrable du fromage :	55
V.8.4	Détermination de la matière sèche de fromage :	56
V.9	Les paramètres microbiologiques du fromage frais :	56
V.9.1	Préparation de la solution mère :	56
V.9.2	Préparation des dilutions décimales (JORA, 2014) :	56
V.9.3	Recherche et dénombrement de Salmonella(Feknous N et al., 2018) :	56
V.9.4	Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus :	57

Chapitre VI.Résultats et discussion

VI.1	Résultats des analyses physico-chimiques :	59
VI.1.1	Les résultats des analyses physico-chimiques du lait dans le cas de fabrication du fromage frais :	60
VI.1.1.1	pH :	60

VI.1.1.2	Acidité :.....	62
VI.1.1.3	Densité :	63
VI.1.1.4	Matières sèches :.....	64
VI.2	Résultats des analyses microbiologiques :	66
VI.2.1	Dénombrement de flore totale aérobie mésophile FMAT :	66
VI.2.2	Dénombrement des coliformes fécaux :.....	67
VI.2.3	Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus :.....	67
VI.2.4	Recherche et Dénombrement de salmonella :.....	68
VI.3	Les analyses organoleptiques du fromage :.....	68
VI.3.1	Détermination du poids :.....	68
VI.3.2	Description des deux types de fromage préparé :.....	69
Conclusion.....		71
Références bibliographiques		71
Annexes		
Résumé		

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme de fabrication du fromage frais.	53
Figure 2 : Variation de pH pour le lait de vache et le lait de chamelle et le lait de mélange entre les deux types du lait et aussi les différents échantillons du fromage analysés.	60
Figure 3 : Résultat d'acidité Dornic (D°).	62
Figure 4 : La densité du lait de vache et de lait de chamelle et de mélange.	63
Figure 5 : Résultats de matière sèche de fromage.	65
Figure 6 : Produit fini fromage frais 100% lait de vache et fromage 50% lait de vache et 50% lait de chamelle.	65

Liste des tableaux

Tableau I: Quantités de lait produites par les Chamelles en Algérie, Selon Différents auteurs (Chehma, 2003).....	8
Tableau II: La composition chimique de lait de chamelle.	8
Tableau III: Résultats relatifs aux analyses bactériologiques du lait camelin (Debouz et al, 2014).....	11
Tableau V: Proportion des différentes caséines du lait de vache et du lait de chamelle (dromadaire et Bactriane (Konuspayeva, Faye, 2019).	14
Tableau VI: Composition chimique du lait de vache (g /L) de différents auteurs.	21
Tableau VII: Principales protéines du lait de vache. (Jan Micinski et al., 2013).....	23
Tableau VIII : Les quantités spécifiques de macro-minéraux et d'oligo-éléments présents dans le lait de vache.....	24
Tableau IX: Des paramètres physiques du lait de vache de différents auteurs	26
Tableau X: Résultats relatifs aux analyses bactériologiques du lait de vache.....	27
Tableau XI: Classification des fromages en fonction de la consistance, et la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage selon la norme A-6-FAO/OMS (1978). .	34
Tableau XII: Les résultats des analyses physiques du lait le cas de fabrication du camembert.	59
Tableau XIII : Dénombrement des bactéries d'altérations et pathogènes de lait et du fromage (UFC/ml).....	66
Tableau XIV: Description des deux types de fromage préparé.....	69

Liste des annexes

Annexe 1 : Analyse physico-chimique du lait et de fromage frais.

Annexe 2 : Les résultats des analyses physiques du lait le cas de fabrication du camembert.

Annexe 3 : Protocole générale de fabrication de camembert.

Annexe 4 : Fabrication du fromage frais.

Annexe 5 : Flores dénombrées et dilutions utilisés dans l'analyse microbiologique pour les deux laits crus de vache et de chamelle et pour les deux échantillons de fromage frais.

Annexe 6 : Résultat des analyses microbiologiques.

Annexe 7 : Composition de diluant (g/l).

Annexe 8 : Composition des solutions de titrage.

Annexe 9 : Composition des milieux de cultures (g/l).

Annexe 10 : Quelques appareillages du laboratoire utilisés.

Liste des abréviations

% : pourcentage.

°C : Degré Celsius

AFNOR : Association française de normalisation.

D° Degrés Dornic

E. coli : Escherichia coli

EST : Extrait Sec Totale

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

g, mg : Gramme, milligramme.

g/l : gramme par litre.

h, min, s : heure, minute, seconde.

HCl : Chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)

Ig : Immunoglobuline

ISO : International Organisation for Standardisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

L, ml, µl : Litre, millilitre, microlitre.

mPa.s : milli Pascal second

Na Cl : Chlorure de sodium

NaOH : hydroxyde de sodium.

NF : Norme Française.

NPN : Azote non protéique

PCA : Plant Count Agar.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

T : Température.

UFC : unité formant colonies.

UP : Unité Présure

VF : Viande Foie.

VRBL : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre



Introduction

Le lait présente une nécessité dans la ration alimentaire de la population mondiale. En effet, cet aliment est indispensable pour les nourrissons, est aussi vital pour les autres tranches d'âges, grâce à son apport intensif en nutriments de base (protéides, lipides, glucides) et sa richesse en éléments minéraux notamment le calcium et en vitamines **(S.Arroumet al,2015)**.

Le lait de chamelle « *Camelus dromedarius* », seule espèce existante dans les régions sud d'Algérie, joue traditionnellement un rôle essentiel et vital dans la nutrition des communautés rurales vivant dans les régions arides et semi-arides. Il contient les différentes substances connues pour être essentielles à la croissance du nouveau-né et à la nutrition humaine. Cependant, il s'agit d'une substance assez complexe et périssable. En Algérie, la consommation du lait de chamelle à l'état cru ou après une fermentation spontanée, a récemment augmenté parmi la population urbaine pour ses propriétés thérapeutiques potentielles. De plus, ce lait est recommandé pour les nouveau-nés, ou enfants présentant une intolérance au lait de vache (intolérance à la β -lactoglobuline, protéine absente dans le lait de chamelle). **(Drici. H,2014)**. Alors que le lait de vache représente la plus grande partie de la production et sert à la fabrication de la plupart des produits.

Le fromage est un produit connu et élaboré par l'homme depuis des millénaires. Il est lié à la domestication des espèces laitières et à la connaissance empirique de la richesse nutritionnelle du lait, la transformation du lait en fromage répondant au besoin de conservation de cet aliment. **(Falentin.H,2018)**. Malgré la richesse nutritionnelle du lait camelin et de sa bonne qualité microbiologique, sa transformation en produits dérivés est presque inexistante tel qu'en fromage qui permet de conserver ses éléments nutritifs ainsi que ses vertus thérapeutiques sur des périodes plus ou moins longues. **(Boudjenah.Het al., 2011)**

Un certain nombre d'enzymes d'origine animale, végétale et microbienne ont la propriété de coaguler le lait. Les enzymes d'origine animale sont représentées essentiellement par la présure de veau, d'agneau ou de chevreau et la pepsine de porc ou de poulet. **(A.J.ILBOUDO, et al. ,2012)**

La coagulation du lait est sous la dépendance étroite de l'aptitude des protéines du lait particulièrement des caséines à flocculer lorsque leur émulsion est soumise à l'action des enzymes coagulantes comme la présure. Ce phénomène a une importance capitale en technologie laitière particulièrement en technologie fromagère. Les différents travaux scientifiques sur ce processus ont permis d'élucider le mécanisme biochimique de cette coagulation et les facteurs qui l'influencent en l'occurrence le pH du milieu, la température, la

concentration en enzyme et la concentration en ions Ca^{2+} . Ces connaissances ont permis aux professionnels de mieux maîtriser cette étape délicate de la coagulation et d'avoir de bons rendements de fabrication et de produits de qualité. Ainsi la technologie fromagère a atteint un niveau de technicité très élevé grâce aux connaissances acquises dans le domaine de la science du lait, sur les composants du lait, et sur leurs évolutions et leurs interactions au cours de la transformation (**A.J.ILBOUDO, et al,2012**)

Notre travail a pour l'objectif la fabrication du fromage frais à partir du lait de mélange "Lait de chamelle et lait de vache " par une coagulation enzymatique en utilisant la présure, Pour atteindre cet objectif nous avons procédé comme suit :

Notre manuscrit est structuré en 2 parties, la première est consacrée à une synthèse bibliographique articulée autour de trois chapitres (Lait de chamelle, le lait de vache, la présure, le fromage).

La seconde partie de notre manuscrit c'est partie expérimentale mis en œuvre dans le cadre de la réalisation de ce travail, un ensemble des analyses physicochimiques et microbiologiques sur le lait et le fromage, et aussi l'essai de fabrication de fromages frais.

Les résultats obtenus et leurs discussions au cours de cette étude sont ensuite exposés dans la troisième partie, ainsi que d'une conclusion générale énumérant les principaux résultats obtenus et les perspectives projetées dans l'avenir.



*Partie
bibliographique*

Chapitre I .

Le lait de chamelle

I. Elevage camelin en Algérie

I.1 Situation de l'élevage camelin en Algérie :

L'effectif du cheptel camelin en Algérie était estimé à 260 000 têtes en 1890. Au fil des années, cet effectif a fortement diminué pour atteindre environ 140 000 têtes en 2008, principalement concentrées dans les régions désertiques.

Le cheptel camelin en Algérie est présent dans 17 wilayas, dont 9 sont situées dans les régions steppiques et 8 dans les régions sahariennes. Environ 75% du cheptel, soit 107 000 têtes, se trouve dans les wilayas sahariennes, tandis que 25% du cheptel, soit 34 000 têtes, se trouve dans les wilayas steppiques (Adamou, 2008).

Le camelin est réparti sur trois grandes zones en Algérie (Ben Aissa, R. 1989):

- Dans le sud-ouest, avec un effectif de 30 390 têtes, représentant 21,87% de l'effectif total.
- Dans le sud-est, avec un effectif de 62 432 têtes, représentant 44% de l'effectif total.
- Dans l'extrême-sud, avec un effectif de 46 050 têtes, représentant 33,13% de l'effectif national.

I.2 Principales populations camelines :

Selon Benaissa, R. (1989), les populations camelines se divisent en deux grands groupes génétiques : le Chaambi et le Targui (Méharie). Chacun de ces groupes comprend plusieurs sous-types de populations camelines, notamment :

1. Chaambi :

- Répartition : Du grand Erg Occidental au grand Erg Oriental, et également dans le Metlili des Chaambas.

- Utilisation : Très bon pour le transport, de niveau moyen pour la selle.

2. Ouled Sidi Cheikh :

- Répartition : Hauts plateaux du grand Erg Occidental.
- Utilisation : Animal de selle.

3. Saharaoui :

- Répartition : Du grand Erg Occidental au Centre du Sahara.
- Utilisation : Issu du croisement entre le Chaambi et l'Ouled Sidi Cheikh, il est excellent pour la production de viande.

4. Ait Khebbach :

- Répartition : Aire Sud-ouest.

- Utilisation : Animal de bât.

5. Chameau de la Steppe :

- Répartition : Limites Sud de la steppe.
- Utilisation : Utilisé pour le nomadisme rapproché.

6. Targui :

- Répartition : Hoggar et Sahara Central.
- Utilisation : Méhari, animal de selle par excellence, recherché dans le Sahara

comme reproducteur. Les Touaregs du Nord font partie de cette population.

7. Aier :

- Répartition : Tassili d'Ajjer.
- Utilisation : Bon marcheur et porteur.

8. Reguibi :

- Répartition : Sahara Occidental, Sud Oranais (Béchar, Tindouf).
- Utilisation : Très bon Méhari.

9. Berceau :

- Répartition : Oum El Asse 1 (Reguibet).

10. Chameau de l'Aftouh :

- Répartition : Région des Reguibet (Tindouf, Béchar).
- Utilisation : Utilisé comme animal de trait et de bât.

I.3 La productivité laitière du lait de chamelle et quelques chiffres de production :

Selon les informations fournies, en Algérie, la production de lait de chamelle n'est pas considérée comme le principal produit du cheptel camelin. Le lait de chamelle est principalement utilisé pour l'allaitement des chamelons et la consommation personnelle des nomades. Les potentialités laitières du cheptel camelin varient généralement de 0,5 à 10 kg par jour, en fonction des différentes populations camelines et des individus. La durée de lactation se situe généralement entre 12 et 18 mois (Chehma, A. 2003).

Il convient de noter que les chiffres disponibles sur la production laitière du lait de chamelle en Algérie sont principalement basés sur des enquêtes et non sur des mesures précises ou un suivi continu. La production laitière cameline n'est pas très étudiée en Algérie, ce qui limite la disponibilité de données précises et exhaustives (Chehma, A. 2003).

Tableau I: Quantités de lait produites par les Chamelles en Algérie, Selon Différents auteurs (Chehma, 2003).

Population/ Zones	Productionmoyenne (Kg)	Durée de (Mois)	moyenne lactation	Auteurs
Globalement	4-5	-		Gast Et Al, 1969
Globalement	4-10	-		Burgemeister, 1975
Population Saharaoui	2-4	12-16		Chehma, 1987
Population Saharaoui	4-11	12-16		Bouregba Et Lounis, 1992
Dromadaire de la steppe	0,5-5	12-18		Boubekeur Et Guettafi, 1994
Population Saharaoui	3-5	12-14		Arif Et Reggab, 1995
Population targui	3-4	-		Settafi, 1995
Population Saharaoui	2-8	12		Guerradi, 1998
Population targui	2-5	-		Bessahraoui Et Kerrache, 1998

I.4 Le lait de chamelle :

I.4.1 Compositions chimiques du lait de chamelle :

En général, le lait de chamelle contient en moyenne environ 3,4% de protéines, 3,5% de matières grasses, 4,4% de lactose, 0,79% de cendres et 87% d'eau. Il est important de noter que ces valeurs peuvent varier en fonction des facteurs mentionnés précédemment Jilo Tache Kula & Dechasa Tegegne. (2016).

Tableau II: La composition chimique de lait de chamelle.

Lait de chamelle	Constituents					Références
	Matière grasse (g/L)	Matière sèche (g/L)	Cendre s (g/L)	Lactose (g/L)	Protéines totales (g/L)	

37,5 ± 5	119,44 ± 7,5	± 42,78	± 34,15	± Amel Sboui et al, 2016
	15,34	1,5	2,36	3,11
37,5 ± 8,95	119,43 ± 7,5	± 42,78	± 34,15	± Amel Sboui et al, 2010
	15,34 ± 1,5	2,36	3,11	
28 ± 6	113,11 ± 10,58	7,28 ± 0,68	± 43,87 ± 35,68	± SIBOUKEU R Oumelkheir, 2011
29,83 ± 0,29	102,43 ± 0,4	_____	43,12 ± 0,13	28,1 ± 0,1 DEBOUZ A et al, 2014

• **Protéines** : Le lait de chamelle dromadaire contient environ 3% à 3,90% de protéines. Les deux principaux groupes de protéines présents sont les caséines et les protéines de lactosérum, ainsi que des protéines immunitaires telles que la Peptidoglycane Recognition Protéine, la Lactoferrine, le Lysozyme et la Lactoperoxidase, ainsi que l'insuline (Jilo Tache Kula & Dechasa Tegegne, 2016).

La caséine représente environ 80% des protéines du lait de vache, tandis que dans le lait de chamelle, sa teneur en caséine est de 52% à 87%. Les principales fractions de caséine dans le lait de chamelle diffèrent de celles du lait de vache, avec des proportions de $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β -, et κ -caséine de 4 : 1 : 4 : 1 respectivement. De plus, le nombre de résidus acides dans ces caséines diffère entre le lait de chamelle et le lait de vache, avec des valeurs de 207, 178, 217 et 162 pour la caséine de chamelle. La teneur en κ -caséine est plus faible dans le lait de chamelle par rapport à celle du lait de vache, représentant environ 5% du total des caséines, contre environ 13,6% dans le lait de vache. La différence dans la composition des caséines entre le lait de chamelle et le lait de vache affecte les propriétés de coagulation du lait, et il y a peu d'informations disponibles sur la capacité du lait de chamelle à coaguler sous l'action des enzymes (Selda BULCA, 2018).

• **Lipides** :

Le lait de chamelle dromadaire présente une teneur en matières grasses variable, allant de 1,2% à 6,4%. On observe généralement une corrélation positive entre la teneur en protéines et la teneur en matières grasses du lait de chamelle. Cependant, il a été constaté que la teneur

en matières grasses peut diminuer considérablement, passant de 4,3% à 1,1% chez les chameaux déshydratés.

La fraction lipidique du lait de chamelle se distingue par sa forte proportion d'acides gras à longue chaîne, représentant environ 96,4% des lipides totaux, tandis que dans le lait de vache, cette proportion est d'environ 85,3%. De plus, le lait de chamelle présente une teneur en cholestérol plus élevée que le lait de vache, avec environ 34,5 mg de cholestérol pour 100 g de lait de chamelle, comparé à environ 25,63 mg pour 100 g de lait de vache. La matière grasse du lait de chamelle contient également moins de carotène et moins d'acides gras à chaîne courte que le lait de vache (Seher Abbas et al, 2013).

• **Minéraux** : Le lait de chamelle présente une composition minérale plus riche en éléments majeurs tels que le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium par rapport au lait de vache. Cependant, il existe des variations dans la concentration de ces minéraux et d'autres minéraux tels que le zinc et le cuivre, entre les différentes études réalisées. Ces variations peuvent être attribuées à des facteurs tels que les pratiques d'élevage, l'alimentation, le stade de lactation et les méthodes d'analyse (Sboui et al, 2009).

• **Vitamines** : Le lait de chamelle dromadaire est riche en vitamines D, E, A, C et du groupe B. Il contient une concentration plus élevée de vitamine C par rapport au lait de vache, contenant trois à cinq fois plus de vitamine C que le lait de vache. La concentration moyenne de vitamine C dans le lait de chamelle est d'environ 34,16 mg/l. On a également constaté que le lait de chamelle contient une concentration plus élevée de niacine (B3) que le lait de vache. Le lait de chamelle fournit une quantité significative des apports quotidiens recommandés en vitamines, par exemple, il fournit environ 10,5% de l'apport quotidien recommandé en acide ascorbique (C), 5,25% en vitamine A, 8,25% en riboflavine (B2), et 15,5% en cobalamine et en pyridoxine (Jilo Tache Kula & Dechasa Tegegne, 2016).

• **Les glucides**

Le lactose est le principal glucide présent dans le lait de la plupart des mammifères, et il est généralement rare de trouver des sources non mammifères de lactose. Cependant, on sait peu de choses sur la chimie et les propriétés spécifiques du lactose dans le lait de chamelle.

La teneur en lactose dans le lait de chamelle varie généralement de 3 à 4% à 5-6%, ce qui est légèrement supérieur à la teneur en lactose dans le lait de vache. Des études sur l'effet de la sécheresse sur la composition du lait de chamelle ont révélé que la teneur en lactose était

initialement faible à la naissance, autour de 2,8%, mais qu'elle augmentait de 36% dans les 24 heures suivantes. Avec la disponibilité d'eau potable, la teneur en lactose continuait d'augmenter jusqu'à atteindre environ 5%. Cependant, en cas de déshydratation, la teneur en lactose dans le lait diminuait jusqu'à atteindre environ 2,9%. Selon les auteurs de l'étude, cette variation de la concentration de lactose pourrait expliquer les variations de goût décrites, parfois sucré et parfois amer, du lait de chamelle (ZAKARIA. F, 1993).

I.4.2 Caractéristiques organoleptiques et physiques et microbiologiques du lait de chamelle

Le lait de chamelle a une couleur blanche opaque, un goût sucré et aigre, et parfois il peut être salé. La variabilité de goût est attribuée au type de fourrage consommé et à la disponibilité d'eau potable.

Le lait de chamelle a un pH qui varie de 6,5 à 6,7, avec une moyenne autour de 6,6. Sa densité varie de 1,025 à 1,032, avec une moyenne de 1,029. La capacité tampon maximale du lait écrémé est d'environ pH 4,95. La viscosité du lait de chamelle à 20°C est estimée à environ 1,72 mPa.s, ce qui est inférieur à celle du lait de vache à 2,04 mPa.s dans les mêmes conditions. L'acidité du lait de chamelle est estimée à environ 15,12. Le point de congélation du lait de chamelle varie entre -0,57°C et -0,61°C (learoussy et al, 2020).

- Les Caractéristiques microbiologiques du lait de chamelle :

Les caractéristiques microbiologiques du lait de chamelle sont les suivantes, selon l'étude de Debouz et al. (2014) :

- Le lait de chamelle présente de bonnes propriétés antibactériennes, ce qui lui permet de se conserver au frais sans fermentation immédiate. Ces propriétés antibactériennes sont plus élevées que celles du lait de vache.

- Le niveau moyen de la flore microbienne totale aérobie mésophile (FMAT) dans le lait de chamelle est de 3400 UFC/l, ce qui est plus élevé que celui du lait de vache. Cependant, il convient de noter que le niveau de FMAT est plus faible en hiver par rapport à l'été.

- L'analyse bactériologique du lait de chamelle a montré l'absence d'entérobactéries pathogènes et de *Staphylococcus aureus*. Cela indique la bonne santé de l'animal et les conditions hygiéniques idéales lors de la traite.

- La plupart des valeurs des échantillons de lait de chamelle prélevés répondent aux normes de qualité établies.

Tableau III: Résultats relatifs aux analyses bactériologiques du lait camelin (Debouz et al, 2014).

Micro-organismes	Lait de chamelle	Normes nationales
Flore totale UFC/ml	3400	5000
Staphylococcus aureus	Absence	Absence
Entérobactéries	Absence	Absence

I.4.3 Les propriétés médicinales du lait de chamelle :

Le lait de chamelle présente plusieurs bienfaits pour la santé humaine, notamment dans le traitement de certains troubles gastro-intestinaux et du diabète. Voici quelques informations concernant ses utilisations :

- **Troubles gastro-intestinaux** : Le lait de chamelle contient une concentration élevée de protéines anti-inflammatoires qui peuvent avoir un effet bénéfique sur les troubles intestinaux et la santé de l'estomac. De plus, sa teneur élevée en acides gras mono et polyinsaturés, ainsi que sa composition riche en vitamines, améliorent le métabolisme des glucides. Des études récentes ont montré que le lait de chamelle possède des propriétés anti-diarrhéiques et est riche en anticorps contre le rotavirus, ce qui en fait un traitement potentiel pour les jeunes enfants atteints de diarrhée causée par une contamination alimentaire par le rotavirus.

- **Diabète** : Des recherches ont montré que la consommation de lait de chamelle peut considérablement réduire les doses d'insuline nécessaires chez les personnes atteintes de diabète. Par exemple, une étude en Inde a divisé 24 patients atteints de diabète de type 1 en deux groupes. Le premier groupe a reçu les soins habituels, tandis que le deuxième groupe a reçu 500 ml de lait de chamelle en plus des soins habituels. Les résultats ont montré que boire 500 ml de lait de chamelle frais réduisait les niveaux de glucose dans le sang et diminuait les doses d'insuline nécessaires. Certains patients ont même pu réduire leur dose d'insuline à zéro. On ne pense que l'insuline contenue dans le lait de chamelle peut-être mieux absorbée par l'organisme en raison de sa présence dans des nanoparticules lipidiques qui protègent l'insuline de l'acidité gastrique.

De plus, le lait de chamelle peut être une option pour les personnes intolérantes au lactose, car il contient une concentration plus élevée de L-lactose, ce qui peut être mieux toléré par les personnes ayant une intolérance au lactose.

Il convient de noter que bien que le lait de chamelle présente certains avantages pour certaines conditions de santé, il est important de consulter un professionnel de la santé avant

de l'utiliser comme traitement, car les besoins et les réponses peuvent varier d'une personne à l'autre.

- **Allergies** : Le lait de chamelle a été utilisé pour traiter des enfants souffrant d'allergies alimentaires, notamment aux produits laitiers. Des études ont montré que la consommation de lait de chamelle pendant deux semaines a entraîné une réduction des symptômes allergiques chez les enfants. Les immunoglobulines présentes dans le lait de chamelle jouent probablement un rôle dans cet effet, permettant aux enfants allergiques au lait de vache de consommer en toute sécurité du lait de chamelle en tant qu'alternative.

- **Hypercholestérolémie** : Le mécanisme précis par lequel le lait de chamelle réduit l'hypercholestérolémie n'est pas encore clairement compris. Des hypothèses ont été avancées, notamment l'interaction entre le taux de cholestérol et les peptides bioactifs du lait de chamelle, ainsi que la présence d'acide orotique, considéré comme responsable de la diminution du taux de cholestérol chez l'homme et chez les rats.

- **Renforcement du système immunitaire** : Le lait de chamelle contient des immunoglobulines de chameau (Ig) qui ont une structure similaire à celle des immunoglobulines humaines, mais à une plus petite échelle. Cela permet aux immunoglobulines de chameau de cibler et de combattre efficacement les agents pathogènes, là où les immunoglobulines humaines peuvent avoir des limitations.

- **Cancer** : Certaines études ont montré que la matière grasse du lait de chamelle peut inhiber la croissance des cellules cancéreuses. Des essais ont déjà été réalisés avec succès chez des rats, et des recherches ultérieures sont nécessaires pour évaluer son efficacité chez l'homme. De plus, la lactoferrine présente dans le lait de chamelle a démontré une capacité à inhiber la prolifération des cellules cancéreuses du côlon et à protéger l'ADN.

- **Maladies de l'autisme** : On a constaté que le lait de chamelle avait un effet thérapeutique dans certains cas de troubles du spectre autistique. Sa composition exempte des deux caséines impliquées dans les symptômes de l'autisme lors de la consommation de lait de vache peut aider à réduire l'hyperactivité, améliorer la vigilance et favoriser des selles régulières.

Concernant la coagulation du lait de chamelle, bien que la nature des caséines soit similaire à celle du lait de vache, les proportions des différentes caséines peuvent différer.

Cela peut expliquer pourquoi le lait de chamelle ne coagule pas de manière traditionnelle lors du processus de formation du caillé (Kaskous, 2016).

I.5 Pourquoi le lait de chamelle ne pas coagule pas «traditionnellement»

Le coagulation du lait est provoquée par l'hydrolyse enzymatique des micelles de caséines provoquant une agrégation de ces micelles conduisant à la formation d'un caillé. La nature des caséines trouvée dans le lait de chamelle et lait de vache sont identiques, mais dans les proportions des différentes caséines ne sont pas les mêmes (tableau IV) (Konuspayeva, Faye, 2019).

Tableau V: Proportion des différentes caséines du lait de vache et du lait de chamelle (dromadaire et Bactriane (Konuspayeva, Faye, 2019)).

Espèce	κ -caséine	α_1 -caséine	α_2 -caséine	β -caséine
Bactriane	3,1	36,1	7,1	53,7
Dromadaire	3,6	37,4	5,8	53,2
Vache	15	40	5	40
Chèvre	13	38	11	38

Effectivement, le lait de chamelle présente des difficultés particulières en termes de coagulation, ce qui rend sa transformation en fromage traditionnel plus complexe. Voici les principales raisons expliquant ces difficultés : selon Dia, M.L et Ahmed O. Mohamed, (2010).

- Coagulation lente : Le lait de chamelle a une coagulation plus lente que celle du lait de vache, environ 2,5 à 3 fois plus longue.

- Coagulation enzymatique difficile : La présence de chymosine bovine, l'enzyme utilisée dans l'industrie laitière pour la coagulation, ne permet pas de dénaturer efficacement les micelles de caséines du lait de chamelle, ce qui entraîne un caillé de mauvaise tenue. Il est donc souvent nécessaire d'utiliser des doses plus élevées de présure (50 à 100 fois la dose normale) pour obtenir une coagulation adéquate.

- Faible aptitude à la coagulation acide : Le début de l'acidification, qui marque le début de la coagulation, est difficile à déterminer avec précision dans le lait de chamelle en raison de ses propriétés rhéologiques particulières.

- Transition liquide-gel peu nette : La transition entre l'état liquide et l'état de gel lors de la coagulation est moins nette dans le lait de chamelle, ce qui rend difficile l'appréciation précise du moment de la coagulation.

- Proportions particulières des caséines : Le lait de chamelle présente une faible proportion de caséine kappa, environ 5% du total des caséines, comparé à environ 13,6% chez la vache. Cette différence dans la composition des caséines peut influencer la coagulation.

- Taille des micelles de caséines : Les micelles de caséines dans le lait de chamelle sont environ deux fois plus grandes que celles du lait de vache. De plus, il existe une liaison étroite entre les globules gras et les protéines, ce qui peut affecter la coagulation.

- Faible aptitude à l'égouttage : Le coagulum obtenu lors de la coagulation du lait de chamelle est extrêmement fragile, ce qui entraîne souvent une destruction quasi inévitable lors du moulage, rendant l'égouttage difficile.

- Faible aptitude à l'affinage : La texture du fromage produit à partir de lait de chamelle est souvent de qualité moyenne, et la pâte peut avoir un caractère onctueux.

En raison de ces caractéristiques, la transformation du lait de chamelle en fromage nécessite des adaptations spécifiques pour obtenir des résultats satisfaisants.

I.5.1 Les solutions pour améliorer la coagulation du lait de chamelle :

Les essais réalisés par Ramet en Mauritanie et en Tunisie ont permis de développer une technologie fromagère spécifique pour le lait de chamelle. Voici les différentes étapes et approches qui ont été explorées lors de ces essais :

- Sélection du lait de chamelle de bonne qualité : Une attention particulière a été portée à la sélection du lait de chamelle répondant aux critères de qualité nécessaires pour la fabrication de fromages.

- Préparation du lait : Différents traitements thermiques ont été appliqués, ainsi que des ajustements de la teneur en matière sèche (MS), des équilibres salins, etc., afin d'optimiser les conditions de coagulation.

- Conduite de la coagulation : Plusieurs paramètres ont été étudiés, tels que le choix de l'enzyme coagulante, sa concentration, la possibilité de réaliser une coagulation par voie acide, et l'ajustement du pH de coagulation. Ces différentes approches ont permis de trouver les conditions les plus adaptées pour obtenir une coagulation satisfaisante du lait de chamelle.

• Conduite de l'affinage : Différentes modalités d'affinage ont été étudiées, en tenant compte des caractéristiques organoleptiques spécifiques au fromage de lait de chamelle. Des ajustements ont été réalisés pour prendre en compte la moindre hydrophilie et la teneur réduite en matière grasse de ce type de fromage.

Grâce à ces nombreux essais et à la combinaison de différentes approches, la technologie fromagère du lait de chamelle a été maîtrisée par Tiviski, une entreprise qui commercialise le fromage Caravane, un fromage à pâte molle fabriqué à partir de lait de chamelle.

Ces travaux de recherche et de développement ont permis de surmonter les difficultés spécifiques liées à la coagulation du lait de chamelle et ont ouvert la voie à la production commerciale de fromages à base de lait de chamelle(Dia, M.L et ahmed O. Mohamed, 2010).

Chapitre II .

Lait de vache

II. Mode d'élevage bovin en Algérie

Selon Mouffok, 2007. En Algérie, l'élevage bovin joue un rôle économique et social important. Il assure une bonne part de l'alimentation humaine par la production laitière d'une part et la production de la viande d'autre part. Il est caractérisé par la production mixte (lait, viande) qui domine les systèmes de production, cette diversité des produits bovins favorise la diversité des revenus et par conséquent la durabilité des systèmes de production.

Selon le Ministère de l'Agriculture, trois types d'élevage sont représentés en fonction des races exploitées :

- L'élevage bovin laitier moderne (BLM) qui consiste en l'utilisation de races laitières introduites ou à haut rendement.
- L'élevage bovin amélioré (BLA) qui est composé de souches hybrides issues de divers croisements réalisés depuis l'époque coloniale et après l'indépendance.
- L'élevage bovin local (BLL) qui comprend des races ou des populations locales.

II.1 Principales populations bovines :

- **Le bovin local :** Le bovin local en Algérie appartient au groupe appelé Brune de l'Atlas. Son prédécesseur principal est le *Bos mauritanicus*, découvert par Thomas dans la quatrième partie de l'Afrique du Nord. Le troupeau compte environ 1 404 000 individus au total, avec 764 000 femelles reproductrices et 19 000 mâles reproducteurs. Ces bovins vivent dans des zones difficiles, notamment les régions montagneuses et les pâturages. Près des deux tiers de la population se trouvent dans l'est du pays. Les différents groupes de populations qui composent la Brune de l'Atlas se distinguent clairement sur le plan phénotypique (Felachi K., 2003). On peut principalement distinguer :

- La Guelmoise, de pelage gris foncé, qui vit dans les zones forestières. Elle a été identifiée dans les régions de Guelma et de Jijel et constitue la majorité de l'effectif (Felachi K., 2003).

- La Cheurfa, de pelage gris clair presque blanc, qui vit en lisière des forêts et est présente dans les zones de Jijel et de Guelma (Felachi K., 2003).

- La Sétifienne, de robe noire uniforme, de bonne conformation. Leur taille et leur poids varient en fonction de la région où elles vivent. Elles se distinguent par une longue queue noire touchant parfois le sol et une bande brune sur le dos. Les femelles semi-grandes dans les

plaines à grains élevés atteignent un poids proche de celui des femelles importées. Leur production laitière peut atteindre 1500 kg/an (Felachi K.,2003).

- La Chélifienne, caractérisée par une robe fauve, une tête courte, des cornes en crochets, des orbites saillantes entourées de "lunettes" de couleur marron foncé et une longue queue noire touchant le sol (Felachi K.,2003).

- Le bovin importé : Des races importées se sont répandues dans tous les systèmes agricoles et dans certaines zones contrôlées par des systèmes d'élevage pastoral. L'ouverture récente de l'économie algérienne au marché international a conduit à l'introduction de races étrangères, en particulier dans le secteur laitier. Au cours des 15 dernières années, on a observé l'introduction successive de races laitières telles que FFPN, Holstein, ainsi que des races mixtes comme la Montbéliarde et la Brune des Alpes. Cette situation a favorisé la constitution de réservoirs génétiques de populations constamment importées (Felachi K.,2003).

- Les produits issus de croisements : Il existe également des produits issus de croisements non seulement entre la population locale et les races sélectionnées du Nord, mais aussi entre différentes races importées. Ces produits de croisement sont présents dans toutes les régions d'élevage bovin et sont élevés au sein de troupeaux regroupant des animaux métissés ou en mélange avec des animaux de races pures. Ce type de matériel génétique ainsi que son étendue sont encore peu connus. Il est fréquent d'observer, dans une même localité, un gradient de formats et de types génétiques exprimant une forte hétérogénéité du matériel génétique, difficilement identifiable en termes d'origine raciale (Felachi K.,2003).

II.2 La productivité laitière du lait de vache en Algérie :

En Algérie, et selon Ferrah, (2018), la production laitière des vaches est estimée à 675 000 vaches, représentant environ 56% de la production laitière nationale. Ces vaches évoluent dans le cadre de deux systèmes de production dominants :

Le système de production "extensif" : bovin laitier "amélioré" (BLA) - Il s'agit d'ateliers de taille relativement réduite (1 à 6 vaches) localisés dans les zones montagneuses et forestières.

Le système de production "intensif" : bovin laitier "moderne" (BLM) - Ce système est constitué d'exploitations privées et est localisé dans les zones à fort potentiel d'irrigation, principalement autour des villes de taille moyenne et grande. Ce cheptel est composé de races à haut potentiel de production, représentant environ 62% à 65% de la production laitière

bovine globale. Cela correspond à environ 120 000 à 130 000 vaches, pour une production estimée entre 420 et 450 millions de litres de lait.

II.3 Le lait de vache :

Le lait est défini comme l'ensemble du produit obtenu lors de la traite complète et continue d'une vache en bonne santé, correctement alimentée et non soumise à une surcharge de travail. Il est essentiel que le lait soit collecté dans des conditions d'hygiène optimales et qu'il respecte toutes les normes sanitaires requises (Romain jeantet et al, 2008).

Dans la plupart des cas, le lait est soumis à une standardisation lipidique, ce qui signifie que la teneur en matières grasses est ajustée pour répondre à des critères spécifiques. Cela permet de réguler la teneur en matières grasses du lait selon les exigences du marché ou des produits laitiers qui seront fabriqués à partir de ce lait (Romain jeantet et al, 2008).

De plus, le lait subit souvent un processus de décontamination microbiologique pour réduire les risques sanitaires et garantir une conservation plus longue. Cela peut inclure des techniques de pasteurisation ou d'autres méthodes de traitement thermique visant à éliminer les micro-organismes indésirables présents dans le lait (Romain jeantet et al, 2008).

Ainsi, avant d'être vendu, le lait est généralement soumis à des procédures de standardisation lipidique et de décontamination microbiologique afin de garantir sa qualité, sa sécurité et sa durée de conservation (Romain jeantet et al, 2008).

II.3.1 Compositions chimiques du lait de vaches :

Le lait de vache est un liquide complexe composé principalement d'eau, représentant entre 79% et 90% de sa composition totale (Swelum et al, 2021). Il contient également différents composants tels que :

- Le lactose : Il s'agit du principal glucide présent dans le lait de vache, avec une concentration d'environ 40,2 à 50 g/l.

- Les protéines solubles : Le lait contient des protéines solubles, dont la concentration est d'environ 30,5 à 33 g/l. Les principales protéines du lait de vache sont la caséine et les protéines du lactosérum.

- Les minéraux : Le lait de vache contient divers minéraux essentiels tels que le calcium, avec une concentration d'environ 1,21 g/l, et le phosphore, avec une concentration d'environ 0,9 g/l. Ces minéraux jouent un rôle important dans la formation et la santé des os.

- La vitamine C : Le lait de vache contient une faible quantité de vitamine C, environ 20 mg/l. Cependant, cette vitamine est sensible à la chaleur et peut être réduite pendant les processus de transformation du lait.

- Les lipides : Le lait de vache contient des lipides, avec une concentration d'environ 32,5 à 45 g/l. Les lipides du lait sont principalement constitués de triglycérides, qui fournissent de l'énergie et participent à la formation de la matière grasse du lait.

- Les cendres : Les cendres représentent les minéraux inorganiques restants après combustion du lait. Le lait de vache contient environ 6,67 à 9 g/l de cendres, qui comprennent des minéraux tels que le calcium, le phosphore, le potassium, le sodium, etc.

- La matière sèche : La matière sèche du lait de vache est la fraction restante après évaporation de l'eau. Sa concentration est d'environ 104,88 à 128 g/l.

- L'azote non protéique : Le lait de vache contient également de l'azote non protéique, avec une concentration d'environ 0,76 g/l. Il s'agit d'une forme d'azote présente sous différentes formes, telles que les acides aminés libres, les peptides, les nucléotides, etc.

Tableau VI: Composition chimique du lait de vache (g /L) de différents auteurs.

L'origine du lait	Constituants									Références
	Prot	Vit c (mg/l)	Lip	Lac	Cend	Ca	P	MS	NPN	
Lait de vache	33	–	45	50	7	1,25	0,9	–	–	Mostefaoui Et al, 2020
	32,5	–	32,5	40,2	6,67	–	–	104,8 8	–	Sboui,et al 2016
	30,5	–	32,5	40,2	6,67	–	–	104,8 8	0,76	Sboui,et al, 2009
	33	20	37	–	9	–	–	128	–	Siboukeur, 2012

En résumé, le lait de vache est un mélange complexe composé principalement d'eau, de lactose, de protéines solubles, de minéraux, de lipides, de cendres, de matière sèche et d'azote non protéique.

- **Protéines :**

Les protéines sont en effet un composant essentiel du lait de vache. Elles peuvent être divisées en deux groupes principaux : la caséine et les protéines de lactosérum. Voici des informations supplémentaires sur ces deux groupes de protéines (Jan Micinski et al, 2013) :

1. **Caséine :** La caséine est la protéine la plus abondante dans le lait de vache, représentant environ 79% des protéines totales du lait. Sa teneur varie généralement entre 2,6% et 2,8%. La caséine se compose de cinq fractions différentes : α_{s1} , α_{s2} , β , γ , et κ . Chaque fraction représente une proportion spécifique de la caséine totale : environ 30% pour α_{s1} , 9% pour α_{s2} , 28% pour β , 2% pour γ , et 10% pour κ . Ces fractions diffèrent par leur concentration, leur poids moléculaire et leur composition en acides aminés.

2. **Protéines de lactosérum :** Les protéines de lactosérum, quant à elles, représentent environ 0,6% de la composition globale du lait. Elles sont un groupe important de protéines qui présentent des fonctions et des propriétés nutritionnelles élevées. Les protéines de lactosérum comprennent plusieurs types de protéines, notamment :

- β -lactoglobuline
- α -lactoglobuline
- Lactoferrine
- Lactopéroxydase
- Lysozyme
- Albumine de sérum bovin
- Immunoglobulines
- Transferrine
- Protéoses-peptones

Ces protéines de lactosérum jouent des rôles essentiels dans divers processus biologiques et sont également utilisées dans l'industrie alimentaire en raison de leurs propriétés fonctionnelles.

En résumé, le lait de vache contient à la fois de la caséine, qui est la protéine principale représentant environ 79% des protéines totales, et des protéines de lactosérum, qui

représentent environ 0,6% et comprennent plusieurs types de protéines avec différentes fonctions et propriétés nutritionnelles.

Tableau VII: Principales protéines du lait de vache.(Jan Micinski et al., 2013)

Protéines	Teneur en lait (g/l)	Les fonctions
Caséine	28	Précurseur de peptides bioactifs, porteur d'ions Ca, PO ₄ , Fe, Zn, Cu
β – lactoglobuline	6,30	Protéine allergène, transporteur de rétinol, acides gras, antioxydant
α –lactoglobuline	3,20	Immunomodulateur, antinéoplasique, porteur d'ions Ca, Zn, Mn, Co ; participe à la synthèse du lactose
Lactoferrine	0,10	Antibactérien, antioxydant, antinéoplasique, immunomodulateur, absorption de Fe
Lactoperoxydase	0,03	Antibactérien
Lysozyme	0,0004	Antibactérien
Glycomacropeptide	1,20	Antibactérien

- **Les lipides :**

Les lipides sont en effet l'un des principaux composants du lait de vache, et leur pourcentage total et leur composition en acides gras sont des caractéristiques importantes du lait. Voici des informations supplémentaires sur les lipides présents dans le lait de vache :

1. Teneur totale en cholestérol : La teneur en cholestérol varie en fonction de la teneur totale en matières grasses du lait. Le lait entier a une teneur en cholestérol plus élevée, d'environ 10 mg/100 ml, tandis que le lait écrémé a une teneur plus faible, d'environ 2 mg/100 ml, et le lait demi-écrémé se situe entre les deux, avec environ 8 mg/100 ml.

2. Teneur totale en matières grasses : La teneur moyenne en matières grasses du lait de vache est d'environ 2,81 g/100 ml. Cependant, cette valeur peut être considérablement réduite dans le lait écrémé, qui a une teneur en matières grasses réduite.

3. Caractéristiques des acides gras : Les lipides du lait sont principalement sous forme de triglycérides (98%), qui sont composés d'acides gras de différentes longueurs de

chaîne et de degrés de saturation. On estime que plus de 400 acides gras différents sont présents dans le lait de vache, mais seuls environ 15 acides gras représentent une proportion similaire ou supérieure à 1%, tandis que les autres acides gras sont présents en traces.

En ce qui concerne les minéraux présents dans le lait de vache, ils jouent un rôle important dans les voies métaboliques et physiologiques du corps humain. Voici des informations supplémentaires sur les minéraux :

1. Macro-minéraux : Le lait de vache contient divers macro-minéraux tels que le magnésium, le sodium, le potassium, le phosphore et le calcium. Leur contenu est exprimé en mg/100 ml.

2. Oligo-éléments : Le lait de vache contient également des oligo-éléments tels que le cuivre, le zinc, le manganèse, le fer et le sélénium, qui sont nécessaires en quantités plus petites par rapport aux macro-minéraux.

Pour des informations détaillées sur les quantités spécifiques de macro-minéraux et d'oligo-éléments présents dans le lait de vache, il est recommandé de se référer au tableau 07 de l'étude d'Antunes et al. (2023).

Tableau VIII : Les quantités spécifiques de macro-minéraux et d'oligo-éléments présents dans le lait de vache.

Lait de Vache		
Macro- minéraux	Calcium	113-134
	Magnésium	10,0-13,3
	Sodium	34,6-50,4
	Potassium	132-156
	Phosphore	48,1-101,0
L'oligoélément	Fer	0,02-0,05
	Cuivre	0,01-0,03
	Zinc	0,37-0,48
	Sélénium	0,00-3,70
	Manganèse	0,002

- **Les vitamines :**

Les vitamines sont essentielles pour le bon fonctionnement du corps humain, et leur présence adéquate dans l'alimentation est importante pour maintenir une bonne santé. Voici des informations sur les vitamines présentes dans le lait de vache. selon Antunes et al, (2003) :

Les vitamines peuvent être classées en deux groupes : les vitamines hydrosolubles, qui comprennent les vitamines du complexe B (comme la thiamine, la riboflavine, la niacine, la vitamine B6, la vitamine B12, etc.) et la vitamine C, et les vitamines liposolubles, qui comprennent les vitamines A, D, E et K.

Le tableau 08 fournit des informations détaillées sur la composition vitaminique du lait de vache, exprimée en mg/100 ml. Vous pouvez vous y référer pour connaître les quantités spécifiques de vitamines liposolubles et hydrosolubles présentes dans le lait de vache.

Il convient de noter que les quantités de vitamines peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la race de la vache, son alimentation et les pratiques d'élevage.

Tableau 8: la quantité des vitamines Liposolubles et Vitamines Hydrosolubles dans le lait de vache(Antunes et al, 2003)

Lait de Vache		
Vitamines Liposolubles	A	34,17-203,3
	D	4,00-51,67
	E	0,01-0,07
	K	0,20-0,30
Vitamines Hydrosolubles	C	0,20-1,54
	B1	0,04-0,05
	B2	0,17-0,19
	B3	0,08-0,09
	B6	0,04
	B9	5,00-5,15
	B12	0,37-0,54

II.3.2 Caractéristiques organoleptiques et physiques et microbiologiques du lait de vaches :

Le lait de vache présente des caractéristiques organoleptiques et physiques spécifiques (Learoussy, 2019).

- **Couleur** : Le lait de vache est de couleur blanc-opaque avec une légère teinte jaunâtre, qui est attribuée à la présence de carotène. La couleur peut varier en fonction de la teneur en matières grasses, de la race de la vache et du type d'alimentation.

- **pH** : Le pH du lait de vache varie généralement de 6,4 à 6,62, ce qui le situe dans une plage légèrement acide à neutre.

- **Densité** : La densité du lait de vache varie de 1,028 à 1,030, ce qui indique une légère densité supérieure à celle de l'eau.

- **Teneur en eau** : Le lait de vache contient en moyenne de 79% à 90% d'eau, ce qui en fait un liquide majoritairement composé d'eau.

- **Acidité** : L'acidité du lait de vache est mesurée en termes d'acidité titrable. Les valeurs typiques se situent entre 17,12 et 18, ce qui correspond à une acidité modérée.

- **Point de congélation** : Le point de congélation du lait de vache est d'environ -0,54°C, ce qui signifie qu'il gèle à une température légèrement inférieure à 0°C.

- **Viscosité** : La viscosité du lait de vache est estimée à environ 2,04 mPa.s, ce qui indique sa résistance à l'écoulement. Comparativement, la viscosité du lait de chamelle est estimée à 1,72 mPa.s dans les mêmes conditions.

Il est important de noter que ces caractéristiques peuvent varier légèrement en fonction de différents facteurs tels que la race de la vache, son alimentation et les conditions d'élevage.

Tableau IX: Des paramètres physiques du lait de vache de différents auteurs

Paramètres	Ph	Acidité (D°)	Densité	Eau%	Références
LaitdeVache	6,4 - 6,6	–	1,030	79 à 90%	Swelum et al, 2021
	6,56	17,12	1,028	–	Sboui et al, 2009
	6,62	18	1,028	–	Debouz et al, 2014

(Learoussy, 2019).

- Les caractéristiques microbiologiques du lait de vache :

Selon l'étude menée par Debouz et al. (2014) sur les caractéristiques microbiologiques du lait de vache (voir tableau 10), voici les principales observations :

Absence de germes pathogènes : Les échantillons de lait de vache analysés ne présentaient aucune colonie bactérienne associée à des germes pathogènes. Cela indique que le lait de vache ne contient pas de micro-organismes pathogènes pouvant causer des maladies chez l'homme.

Dénombrement de la flore totale : Les résultats indiquent que le lait de vache contient moins de germes bactériens par rapport au lait de chamelle. Cela suggère que le lait de vache présente une flore bactérienne moins abondante.

Présence limitée de moisissures : Dans le lait de vache, seules quelques moisissures ont été détectées, tandis qu'elles étaient absentes dans le lait de chamelle. Cela peut indiquer une moindre susceptibilité du lait de vache à la contamination par les moisissures.

Conformité aux normes de qualité : La plupart des valeurs obtenues lors des analyses microbiologiques du lait de vache respectent les normes de qualité établies. Cela confirme la bonne qualité microbiologique du lait de vache étudié.

Tableau X: Résultats relatifs aux analyses bactériologiques du lait de vache

Micro-organismes	Lait de Vache	Normes nationales
Flore totale UFC/ml	2900	5000
Staphylococcus aureus	Absences	Absences
Entérobactéries	Absences	Absences

Chapitre III.

La présure

Introduction :

Les enzymes coagulantes sont des enzymes protéolytiques utilisées dans la fabrication du fromage pour coaguler le lait et réguler l'équilibre entre l'activité enzymatique et l'acidification. Différentes préparations coagulantes d'origines variées peuvent être utilisées, et les produits commerciaux sont tous adaptés à la production de fromages de haute qualité. Ces auxiliaires de fabrication possèdent des propriétés similaires à celles de la présure, qui est la plus utilisée (Alain, 2003).

III. La présure :

III.1 Origine de la présure :

La présure est un coagulant enzymatique d'origine animale, extrait de la troisième poche de l'estomac appelée abomasum ou caillette. Elle est composée de deux enzymes actives : la chymosine, qui représente au moins 85% de l'activité coagulante totale, et la pepsine. La présure traditionnelle la plus couramment utilisée provient de l'estomac du veau, mais de plus petites quantités peuvent être obtenues à partir de l'estomac du chevreau et de l'agneau (J.P. Ramet, 2009).

III.2 Propriétés et mode d'action :

La pepsine et la chymosine sont des holoprotéines ayant un poids moléculaire d'environ 30 000 Da. Ce sont des endoprotéases qui agissent de manière double sur la caséine. Elles ont une activité spécifique élevée sur la caséine kappa, ce qui entraîne la déstabilisation micellaire et la libération du caséinomacropéptide. Elles ont également une faible activité de protéolyse générale sur les autres fractions de la caséine, ce qui intervient dans la coagulation et se poursuit pendant l'affinage du fromage (J.P. Ramet, 2009).

III.3 Autres enzymes coagulantes :

• Enzymes d'origine animale :

La trypsine et la chymotrypsine, extraites du pancréas, présentent une activité protéolytique élevée mais sont peu spécifiques pour la coagulation du lait dans de bonnes conditions. Elles ne sont donc pas utilisées dans la fabrication de fromages en raison des résultats insatisfaisants sur le plan organoleptique (amertume, texture molle) (J.P. Ramet, 2009).

• **Enzymes d'origine végétale :**

Il existe de nombreuses préparations coagulantes d'origine végétale, telles que le gaillet, le charbon, l'artichaut, le figuier, le papayer et l'ananas. Ces préparations ont été utilisées dans le passé pour la fabrication de fromages fermiers et peuvent encore être utilisées localement. Cependant, elles ne donnent pas des résultats aussi satisfaisants que la présure(J.P. Ramet,2009).

• **Enzymes d'origine microbienne :**

Trois moisissures sont largement utilisées : EndothiaParasitica (EP), Mucor Pusillus (Mp) et Mucor Miehei (Mm). Elles ont souvent donné des résultats comparables, voire supérieurs à ceux obtenus avec la présure(J.P. Ramet,2009).

• **Chymosine produite par génie génétique :**

Des méthodes modernes de génie génétique ont été utilisées pour produire de la chymosine à partir de microorganismes clonés avec le gène d'expression de la prochymosine. Les expériences de fabrication de fromage indiquent qu'il n'y a pas de différence majeure entre cette méthode et la méthode traditionnelle de la présure en termes de coagulation, d'égouttage, d'affinage et de caractéristiques organoleptiques(J.P. Ramet,2009).

Chapitre IV.

Le fromage

IV. Le fromage

IV.1 Définition :

La définition du fromage selon la norme Codex stipule qu'il s'agit d'un produit, affiné ou non, qui peut avoir une consistance molle, semi-dure, dure ou extra-dure, et qui peut être enrobé. Dans le fromage, le rapport protéines de lactosérum : caséines ne doit pas dépasser celui du lait. Sa fabrication implique la coagulation complète ou partielle du lait à l'aide de présure ou d'autres agents coagulants appropriés, suivie d'un égouttage partiel du lactosérum produit par cette coagulation. Il est également possible d'utiliser des techniques de fabrication qui impliquent la coagulation du lait pour obtenir un produit final ayant des propriétés physiques, chimiques et organoleptiques similaire à celles définies précédemment (Daniel St-Gelais et Partick Tirard-Collet, 2002).

IV.2 Compositions chimiques de fromage :

La composition chimique du fromage, selon André Eck et al, (2009) comprend les éléments suivants :

- **Protéines** : Les fromages sont riches en protéines, avec une teneur pouvant varier de 10% à 30% en fonction de la méthode de fabrication. Ces protéines proviennent de la caséine, qui est modifiée pendant l'affinage. Une partie de la caséine se dégrade et se solubilise en oligopeptides et acides aminés sous l'action d'enzymes spécifiques, ce qui contribue à la texture et à la saveur finale du fromage.

- **Calcium** : Les fromages sont d'excellentes sources de calcium. La teneur en calcium varie en fonction de la teneur en eau et de la méthode de fabrication du fromage. Le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain, principalement en raison des proportions adéquates de calcium et de phosphore qu'ils contiennent, ainsi que de la présence de protéines qui favorisent l'absorption intestinale du calcium.

- **Vitamines** : La teneur en vitamines hydrosolubles dans le fromage peut varier considérablement d'un type de fromage à l'autre. En ce qui concerne les vitamines liposolubles, telles que la vitamine A et la vitamine D, leur présence dépend principalement de la teneur en lipides du fromage. Certains fromages peuvent également contenir des quantités accessoires de vitamine E.

- **Lipides** : Les lipides jouent un rôle important dans la texture du fromage, contribuant à son onctuosité. Au cours de la maturation du fromage, les lipases microbiennes provoquent

une lipolyse limitée, ce qui entraîne la formation d'acides gras libres. Certains de ces acides gras sont volatils et participent à la formation de l'arôme caractéristique du fromage.

- **Sodium** : Le chlorure de sodium, ou sel, est utilisé dans la fabrication du fromage pour rehausser la saveur. Il joue également un rôle dans la régulation de l'humidité du caillé et dans la limitation de la prolifération de certaines moisissures indésirables.

IV.3 Valeur nutritive du fromage:

- **Valeur énergétique** : La teneur calorique des différents types de fromages varie, allant d'environ 100 kcal pour 100 g de fromage frais à environ 350 kcal pour 100 g de fromage à pâte pressée (André Eck et al, 2009).

- **Valeur nutritive des protéines** : Les protéines du lait et des fromages présentent une valeur biologique extrêmement élevée en raison de leur teneur en acides aminés essentiels. La digestibilité des protéines du fromage est élevée, atteignant environ 95%, ce qui signifie qu'elles sont presque entièrement absorbées au niveau de l'intestin (André Eck et al, 2009).

- **Acceptabilité** : Les allergies alimentaires liées au fromage sont rares. De plus, les fromages sont souvent mieux tolérés et plus facilement acceptés que le lait (André Eck et al, 2009).

IV. Classifications du fromage :

- **Classification didactique** : La diversité des fabrications fromagères rend leur classification difficile. Une approche synthétique et didactique de la diversité des fabrications fromagères est proposée par Lenoir et al. Elle prend en compte les modalités de coagulation, d'égouttage et d'affinage du caillé, qui contribuent à la grande variété de fromages (André Eck et al, 2009).

- **Classification technologique** : Une classification technologique basée sur la dynamique de la fabrication fromagère est proposée par Mietton. Elle se fonde sur les caractéristiques d'humidité dans le fromage dégraissé (HFD) et du rapport Ca^{++}/ESD du fromage, qui dépendent du pH au moment du démoulage ainsi que des cinétiques d'égouttage et d'acidification (André Eck et al, 2009).

- **Classification officielle** : La norme internationale A-6 (1978 - FAO/OMS) permet de classer les fromages en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (HFD), leur

teneur en matière grasse (G/S) et leurs principales caractéristiques d'affinage (André Eck et al, 2009).

Tableau XI: Classification des fromages en fonction de la consistance, et la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage selon la norme A-6-FAO/OMS (1978).

Formule 1		Formule 2		Formule 3
HFD (%)	Le premier élément de la dénomination	G/EST (%)	Le second élément de la dénomination	D'après les principales caractéristiques d'affinage :
< 51	pâte extradure	>60	A.Extra	1. Affiné
49-56	pâte dure	45-60	B. Tout gras	a. Principalement en surface
54-63	pâte demi-dure	25-45	C. Mi-gras	b. Principalement dans la masse
61-69	pâte demi-molle	10-25	D. Quart-gras	2. Affiné au moisissures
>67	pâte molle	<10	E. maigre	a. Principalement en surface
				b. Principalement dans la masse
				3. Frais

IV.4 Les types de fromages :

- Fromage frais :

Les fromages frais résultent de la lente coagulation du lait par action de l'acidification combinée ou non à celle d'une faible quantité de présure. Les fromages frais ont une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur matière grasse du lait utilisé.

Selon **Schaw(1986)** les caractérise tous par : Un caillé non pressé et une forte teneur en eau ; une faible sensation acide ; durée de conservation courte ; Un produit à consommer sans période d'affinage.

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes en tant que concentré de protéines et une teneur en calcium non négligeable, Quelle que soit la catégorie, la teneur en glucides reste sensiblement identique. (Michel mahaut et al., 2010)

- Pâtes molles à croûte fleurie ou lavée :

La large gamme des pâtes molles françaises s'explique par la grande variété des schémas technologiques et aussi des modes d'affinage. Les caillés obtenus sont mixtes à caractère lactique comme le brie de Meaux ou à caractère présure comme le pont – l'évêque en passant par un ensemble d'intermédiaires tels que le camembert, qui représente 50 % des pâtes molles en France (Michel mahaut et al.,2010).

La recherche d'une synchronisation entre l'acidification et l'égouttage (en cuve ou en moule) permet l'obtention d'un caillé caractéristique d'un fromage défini par son extrait sec, son pH et son degré de minéralisation. Lorsque l'on passe d'une technologie à caractère lactique dominant vers une technologie à caractère présure dominant (Michel mahaut et al.,2010) :

* le pH d'emprésurage (6,60), la température (34-36°C) et la dose de présure (30 à 240 ml / 100 l de lait) augmentent.

*le coagulum est plus finement découpé.

*l'acidité du sérum est faible * le travail en cuve (brassage) est plus intense et comporte éventuellement un délactosage limitant l'acidification et conduisant à un temps d'affinage plus court avec une pâte homogène à cœur.

Tous ces paramètres technologiques vont conduire à l'obtention de caillés de plus en plus minéralisés, plus égouttés, puisque la technologie a favorisé une rapide évacuation du sérum avant l'acidification. Le développement de la mécanisation en fromagerie de pâtes molles a donc conduit les industriels, pour des raisons de rendement, de productivité et de qualité, à se diriger vers des technologies à caractère plus présure. L'exemple du camembert industriel le démontre très bien par rapport à la technologie traditionnelle (Michel mahaut et al.,2010).

- Pâtes persillées :

Appelés aussi « bleus » car leurs pâtes est colorée à reflets bleuâtres ; sont la catégorie des fromages présentant un développement interne d'une moisissure : penicillium roquefort.

On existe donc deux catégories de fromage à pâte persillées (Michel mahaut et al.,2010) :

- Les bleus dites « douces » comme de Bresse, fourme, bleu de Gex, gorgonzola.
- Les bleus dites « fortes » comme bleu d'auvergne, de laqueuille, roquefort.

- Fromages à pâte pressée :

Représente un ensemble des fromages très variés dans leur format et leur composition et leur aspect extérieur (présence d'une couverture microbienne ou croûte sèche) (Michel mahaut et al.,2010).

On existe donc deux sous-familles des pâtes pressées, (Michel mahaut et al.,2010):

- Les pâtes pressées cuites (PPC) : ce sont des fromages de garde, on distingue : le groupe de l'emmental qui se caractérise par des fromages de gros formats à croûte sèche présentant des trous dans la pâte et le groupe du gruyère qui représenté des fromages à croûte margée avec peu nombre ou pas de trous

- Les pâtes pressées non cuites (PPNC) : la teneur de matière sèche des PPNC est comprise entre 44 et 55 %. On distingue : les PPNC à croûte margée (raclette, morbier, saint-paulin), les PPNC à croûte fongique (saint-nectaire, tommes), les PPNC à croûte sèche (cantal, gouda, edam ...etc.)

- Pâtes dures :

Sont technologiquement proches des fromages à pâte pressée cuite. Les principaux représentants sont la grana, l'asiago en Italie, le parmesan, le sbrinz en suisse. Ils sont plus riches en extrait sec 64 à 72 % et leur durée de conservation pouvant atteindre 2 à 3 ans en font de véritables fromages de garde (Michel mahaut et al.,2010).

- Pâtes filées :

Ce sont des fromages d'origine italienne de type pasta filata comme le provolone ou la mozzarella. Le conditionnement est varié : il peut être sous forme de cylindre ou de disque, de balle (Michel mahaut et al.,2010).

- Fromages fondus :

Sont des fromages fabriqués à partir recycler les fabrications défectueuses de gruyère. (Michel mahaut et al.,2010).

IV.5 La transformation du lait en fromage :

La transformation du lait en fromage, pour la plupart des fromages, comporte trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage, et l'affinage. La coagulation correspond à la déstabilisation des micelles de caséine qui se scarifient puis se combinent pour former un gel qui piège les éléments solubles dans le lait. La coagulation peut se produire par acidification, par enzyme ou même par l'action combinée des deux. L'égouttage correspond à la séparation physique du liquide et du solide. (Daniel St-Gelais et Partick Tirard-Collet,2002).

1. La coagulation du lait : On distingue trois types de coagulation :

- Coagulation par voie enzymatique
- Coagulation par voie acide
- Coagulation mixte

• **Coagulation par voie acide :**

Elle consistait à précipiter les caséines à un point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (injection de CO_2 , ajout de glucono- δ -lactone ou certaines protéines sources de pH acide). La voie chimique (acide organique) est uniquement utilisée en France pour la normalisation du pH du lait avant emprésurage. L'addition d'acide minéral n'est quant à elle pas autorisée. Ce type de gel, par la solubilisation du phosphate de calcium colloïdal lors d'une acidification, présente un bon niveau de friabilité ; Le manque de structuration du réseau (liaisons de faibles énergies de type hydrophobe) est une conséquence d'un manque d'élasticité et de plasticité et d'une faible résistance de ces traits mécaniques (Romain Jeantet et al., 2008).

• **Coagulation par voie enzymatique :**

Il transforme le lait de l'état liquide au lait de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale. On distingue trois phases :

- Phase primaire ou enzymatique : elle consiste à l'hydrolyse de la caséine κ au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106).
- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées à pH (6,6), elle commence lorsque 80 à 90 % de la caséine κ est hydrolysée.
- Phase tertiaire ou phase de réticulation : elle conduit à la formation du gel. Plusieurs facteurs influent sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséines. La dimension des micelles et les traitements préalables du lait tels que le refroidissement, le traitement thermique et l'homogénéisation. Le réseau formé à pH 6,6 est fortement minéralisé compte tenu des interactions entre le calcium et les caséines ; ce type de coagulum a tendance à se rétracter (synérèse), ce qui se manifeste par une expulsion du sérum. (Romain Jeantet et al., 2008).

• **Coagulation mixte :**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et aussi de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte pressée non cuite et à pâte molle. (Romain jeantet et al.,2008).

1. **Égouttage :** La synérèse est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel un caillé formé soit par voie enzymatique, soit par voie lactique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum. L'égouttage est une étape commune dans beaucoup de procédés de fabrication fromagère qui permettent, dans la plupart des cas, d'accélérer la synérèse puis de séparer le lactosérum du caillé. Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum. On peut considérer qu'il s'agit d'une déshydratation partielle du caillé. Le caillé a donc une composition variable selon la technique d'égouttage utilisée et la quantité de lactosérum enlevée. L'égouttage a par conséquent une grande incidence sur le type de fromage qu'on cherche à produire (Daniel St-Gelais et Partick Tirard-Collet, 2002).

2. **L'affinage :** Selon Daniel St-Gelais et Partick Tirard-Collet (2002) l'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants protéiques et lipidiques du caillé. C'est un processus biochimique complexe pour beaucoup de raisons :

- d'une part, la matrice fromagère issue de la coagulation du lait et de l'égouttage du caillé présente une très grande hétérogénéité physicochimique.
- D'autre part, les enzymes intervenant dans l'affinage ont beaucoup d'origines : il peut s'agir d'enzymes endogènes du lait (plasmin, lipase, etc.), ajoutées au lait au cours de la fabrication (enzymes coagulantes, microorganismes) ou produites au cours de l'affinage par synthèse microbienne (bactéries, levures, moisissures). L'ensemble caillé et agents biologiques est un écosystème complexe et un bioréacteur hétérogène dont les paramètres ne sont pas toujours bien affinés et est dominé par trois grands phénomènes biochimiques :

- la fermentation du lactose résiduel et aussi consommation du lait

- l'hydrolyse de la matière grasse et des protéines ;

- la production d'arôme à partir des acides gras et acides aminés. Ces transformations confèrent à la pâte fromagère des caractères nouveaux ; elles la modifient dans son aspect,

dans sa composition, dans sa consistance Simultanément, saveur, arôme et texture se développent.



*Partie
expérimentale*



***Matériel et
méthodes***

V. Matériel et méthodes :

V.1 Objectif d'étude :

L'objectif de cette étude est de développer la fabrication d'un fromage en utilisant un mélange de lait de vache et de lait de chamelle. Ce mélange est réalisé pour la première fois dans le but de résoudre des problèmes techniques liés à la coagulation du lait de chamelle. Par la suite, une série d'analyses microbiologiques et physico-chimiques a été réalisée sur les deux types de lait crus ainsi que sur les échantillons de fromage traditionnel appelé "takemmarit". Ces analyses ont été effectuées au Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physiques et Chimiques de l'Université KasdiMerbah à Ouargla.

V.2 Appareillage :

- Balance électronique "OHAUS "
- pH mètre "OHAUS "
- Etuve d'incubation
- Autoclave de stérilisation
- Réfrigérateur à + 4°C
- Agitateur magnétique chauffant "VELP"
- Thermomètre
- Poste de sécurité microbiologique

V.3 Petits matériels :

Les manipulations ont nécessité l'emploi de petits matériels suivants : pipette graduée, bécher, burette graduée a support, compte-goutte, éprouvette graduée, les embouts de pipettes, bec Bunsen, les boites de pétri, pipette pasteur, support à tube à essai, ciseau, pissette d'eau distillée, tubes à essais stériles, flacons stériles, erlenmeyer, spatule, Micropipette (500 µl), boîtes stériles, boîte pétrie en verre (capsule).

V.3.1 Produits chimiques et réactifs :

Réactifs : phénolphtaléine, alun de fer

V.3.2 Milieux de culture :

Plusieurs milieux de culture ont été utilisés au cours de cette étude expérimentale, il s'agit des milieux suivants :

- Gélose Chapman EP/USP/ISO Mannitol Salt Agar (MSA), Gélose PCA, Gélose lactosérum, Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL).
- Bouillon : Eau peptone, alun de fer

V.4 Matériel biologique :

V.4.1 Lait de dromadaire:

Nous avons collecté les échantillons de lait à partir de troupeaux de dromadaires dans une ferme d'élevage située à Bamendil.

V.4.2 Lait de vache :

Le lait de vache a été collecté auprès des éleveurs dans un ferma de Bamendil wilaya de Ouargla

V.5 Les paramètres physico-chimiques de lait cru de vache et de lait cru de chamelle :

V.5.1 Détermination de potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est une mesure de l'acidité du lait à un moment donné. Il est généralement mesuré à l'aide d'un pH-mètre, un appareil électronique équipé d'une électrode immergée dans le lait (Jean et al, 2002; Vignola C., 2002). Les résultats sont directement lus sur l'écran du pH-mètre.

Mode opératoire :

Pour mesurer le pH du lait à l'aide d'un pH-mètre, vous devez suivre les étapes suivantes:

- Rincez soigneusement l'électrode du pH-mètre avec de l'eau distillée pour éliminer toute contamination ou résidu.
- Placez l'électrode du pH-mètre dans un bécher contenant du lait.
- Attendez quelques instants pour permettre à l'électrode de stabiliser la mesure.
- Lisez la valeur du pH affichée sur l'écran du pH-mètre.
- Prenez note de la valeur de pH et effectuez les mesures supplémentaires si nécessaire.

Assurez-vous de nettoyer et de rincer l'électrode du pH-mètre entre chaque mesure pour éviter toute contamination croisée et obtenir des résultats précis.

V.5.2 Détermination de l'acidité titrable :

L'acidité titrable d'un échantillon de lait représente la quantité d'acide présente dans celui-ci et est exprimée en degrés Dornic (D°) ou en pourcentage d'acide lactique, conformément aux travaux de Jean et al. (2002). Pour déterminer cette acidité, une méthode normalisée de dosage est utilisée, faisant appel à l'hydroxyde de sodium NaOH N/9, comme décrit par Arroum et al. (2016).

Lors du dosage, la présence de phénolphtaléine est essentielle en tant qu'indicateur coloré, selon les travaux de Gaddour et al. (2014). La phénolphthaléine change de couleur, passant de l'incolore au rose, lors de la neutralisation de l'acide lactique par l'hydroxyde de sodium.

Mode opératoire :

La procédure de dosage consiste à préparer une solution de NaOH N/9 en dissolvant une quantité appropriée de NaOH dans de l'eau distillée. Ensuite, un échantillon de lait est prélevé et placé dans un récipient approprié. Quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées à l'échantillon pour permettre la détection de la neutralisation.

La solution de NaOH N/9 est ajoutée goutte à goutte à l'échantillon de lait tout en agitant. Au fur et à mesure de l'ajout de la solution de NaOH, on observe un changement de couleur de l'échantillon, passant de la couleur initiale à une teinte rose. Lorsque la couleur rose persiste pendant environ 30 secondes, cela indique la neutralisation complète de l'acide lactique.

Le volume de solution de NaOH N/9 utilisé pour atteindre la neutralisation complète est noté. Ce volume est ensuite utilisé pour calculer l'acidité titrable en degrés Dornic ou en pourcentage d'acide lactique, conformément aux normes établies.

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

L'Acidité en degré Dornic est égale = $V \times 10$ (D°).

V : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1N versée.

V.5.3 Détermination de la densité par la méthode du pycnomètre:

Depuis longtemps, la densité a été utilisée comme une caractéristique pour évaluer sommairement la qualité du lait, conformément aux travaux de Lucette Martelli Et P. Navellier(1960). La densité du lait est exprimée par le rapport des masses du même volume de lait et d'eau à une température de 20°C, selon les recherches de Gaddour et al. (2014).

La mesure de la densité du lait peut être effectuée à l'aide d'un pycnomètre et d'une balance électronique. Le pycnomètre est un flacon de volume connu utilisé pour mesurer la densité d'un liquide. Avant la mesure, le pycnomètre est soigneusement nettoyé et séché. Ensuite, une quantité précise de lait est ajoutée dans le pycnomètre, et sa masse est mesurée à l'aide d'une balance électronique de haute précision.

Une fois la masse du lait mesurée, le pycnomètre est vidé, puis rempli avec de l'eau à une température de 20°C. La masse de l'eau est également mesurée à l'aide de la balance électronique.

En comparant les masses du lait et de l'eau pour le même volume, la densité du lait peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Densité du lait} = \text{Masse du lait} / \text{Masse de l'eau}$$

La densité du lait obtenue est un indicateur de sa composition et de sa qualité. Une densité élevée peut indiquer une teneur plus élevée en matières grasses et en solides du lait, tandis qu'une densité plus faible peut indiquer une teneur plus faible en matières grasses et en solides.

Il convient de noter que la mesure de la densité du lait est une méthode sommaire pour évaluer sa qualité, et d'autres analyses plus approfondies sont nécessaires pour une évaluation complète de la composition et des propriétés du lait.

Mode opératoire :

Le mode opératoire pour mesurer la densité du lait à l'aide d'un pycnomètre et d'une balance électronique est le suivant:

➤ Préparation du pycnomètre:

Le pycnomètre est soigneusement nettoyé et séché pour s'assurer de sa propreté.

Le pycnomètre est pesé à vide à l'aide de la balance électronique, et sa masse est enregistrée.

➤ Homogénéisation de l'échantillon de lait:

L'échantillon de lait est soigneusement homogénéisé pour assurer une répartition uniforme de ses constituants.

➤ Remplissage du pycnomètre:

Le pycnomètre est rempli avec l'échantillon de lait, en évitant toute incorporation de bulles d'air. Cela peut être réalisé en versant doucement le lait dans le pycnomètre tout en évitant les mouvements brusques.

➤ Pesée du pycnomètre rempli:

Une fois rempli avec le lait, le pycnomètre est pesé à nouveau à l'aide de la balance électronique. La masse totale du pycnomètre rempli de lait est enregistrée.

➤ Calcul de la densité du lait:

En utilisant les masses du pycnomètre à vide et du pycnomètre rempli de lait, la densité du lait peut être calculée en utilisant la formule:

Densité du lait = (Masse du pycnomètre rempli - Masse du pycnomètre à vide) / Masse de l'eau

➤ Lecture des résultats:

Les résultats de la densité du lait sont directement lus sur le cadran de la balance électronique, qui affiche la masse du pycnomètre rempli.

Il est important de noter que lors de la mesure, il est nécessaire d'éviter toute incorporation de bulles d'air, car cela pourrait fausser les résultats. De plus, il est recommandé de répéter la mesure plusieurs fois et de prendre la moyenne des résultats pour obtenir une mesure plus précise de la densité du lait.

V.6 Analyses microbiologiques de lait cru de vache et de lait cru de chamelle:

V.6.1 Préparation des dilutions décimales :

A partir du prélèvement de lait homogénéisé comme solution mère (SM), nous avons réalisé une série des dilutions jusqu'à 10^{-6} .

- Dilution au 1/10 ou 10^{-1} , à partir de la SM, nous avons prélevé 1ml par une pipette pasteur stérile, et déposent dans un tube à essai stérile à vis contenant 9ml d'eau peptone stérile aussi.
- Dilution au 1/100 ou 10^{-2} , à partir de la dilution 10^{-2} , nous avons prélevé 1ml par une pipette pasteur stérile, et déposent dans un autre tube à essai stérile à vis contenant 9ml d'eau peptone stérile.
- Nous avons répété ces étapes jusqu'à la dilution 1/100000 ou 10^{-6} .

Les analyses microbiologiques effectuées sont les suivants :

V.6.2 Dénombrement des flores aérobies mésophiles totaux (FMAT) :

La flore mésophile aérobie totale (FMAT) est l'une des flores les plus couramment dénombrées dans les laboratoires de microbiologie alimentaire (GomriM.A et al, 2022). Elle permet d'évaluer le degré de contamination générale d'un aliment et d'indiquer son acceptabilité à la consommation. La FMAT est également connue sous le nom de flore d'altération de l'aliment, car sa présence peut contribuer à la détérioration de la qualité de l'aliment (Moussa KASSE et al, 2014).

Dans cette étude, la recherche et le dénombrement de la FMAT ont été réalisés en utilisant la gélose glucosée à l'extrait de levure, également connue sous le nom de Plat Count Agar (PCA). Le PCA est un milieu de culture couramment utilisé pour la détection et la quantification des bactéries mésophiles aérobies.

La méthode de dénombrement de la FMAT sur le PCA consiste à ensemencer l'échantillon sur la gélose, puis à incuber les plaques à une température appropriée et dans des conditions aérobies pendant une période déterminée. Les colonies bactériennes qui se développent sur les

plaques sont ensuite comptées et exprimées en UFC/g (unité formant colonie par gramme) ou en UFC/mL (unité formant colonie par millilitre) en fonction du type d'échantillon.

L'ensemencement et l'incubation :

Le processus de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) sur le PCA (Plate Count Agar) s'est déroulé selon les étapes suivantes :

1. Préparation des boîtes de Pétri stériles : 15 ml de milieu gélosé PCA ont été versés dans chaque boîte de Pétri stérile.
2. Inoculation de l'échantillon : À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, 0,1 ml de la solution mère a été déposée dans une boîte gélosée, puis répartie sur toute la surface de la boîte à l'aide d'une pipette râteau stérile. Cette étape a été répétée avec les autres dilutions décimales, en utilisant une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution.
3. Absorption de l'inoculum : Les boîtes gélosées préparées ont été laissées en place pendant environ 15 minutes à température ambiante, permettant ainsi à l'inoculum de s'absorber dans le milieu gélosé.
4. Incubation : Les boîtes préparées ont été retournées et placées dans une étuve réglée à une température de 30°C. Elles ont été incubées pendant 72 heures pour permettre la croissance des colonies bactériennes.

Après l'incubation, les colonies bactériennes qui se sont développées sur les boîtes gélosées ont été comptées. Les résultats peuvent être exprimés en UFC/g (unité formant colonie par gramme) ou en UFC/mL (unité formant colonie par millilitre), en fonction de la dilution utilisée et du type d'échantillon.

Il est important de noter que toutes les manipulations ont été réalisées en respectant des conditions d'asepsie et en utilisant du matériel stérile pour éviter toute contamination croisée.

La lecture des résultats :

- Après la période d'incubation, il est recommandé de choisir les boîtes gélosées qui présentent, si possible, moins de 300 colonies. Cela permet de faciliter le comptage et d'obtenir des résultats plus précis (JORA, 2019).

- Les comptages de la flore aérobie mésophile totale sont exprimés en UFC/g (unité formant colonie par gramme) ou UFC/mL (unité formant colonie par millilitre) de l'échantillon. Ce nombre est obtenu par une évaluation quantitative des colonies bactériennes présentes dans l'échantillon (Arroum et al, 2016).

- Pour le comptage, la formule suivante est utilisée :

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{(n_1 + 0,1n_2) \times d}$$

N : nombre de micro-organismes par ml de produit.

$\sum C$: nombre de colonies dans les boîtes retenues.

n₁ : nombre de boîtes retenues à la 1^{ère} dilution.

n₂ : nombre de boîtes retenues à la 2^{ème} dilution.

0,1 : constante.

d : taux de la dilution correspondant à la 1^{ère} dilution.

V.6.3 Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérantsou des coliformes fécaux (CF) :

Les coliformes fécaux et les coliformes totaux sont des indicateurs importants de l'hygiène lors de la production ou de la transformation du lait. Ils permettent d'évaluer les conditions sanitaires du processus de fabrication et de l'environnement associé (Moussa Kasse et al, 2014).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux ont été effectués en utilisant la gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) (M. Hamiroune et al, 2016). Cette méthode permet de distinguer les coliformes fécaux des autres coliformes présents dans l'échantillon de lait.

Mode opératoire :

1. Préparez des boîtes de Pétri stériles contenant le milieu gélosé lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL).
2. Ensemencez en profondeur une boîte de Pétri stérile avec le lait à analyser en déposant 0,1 ml de la solution mère sur le milieu.
3. Recouvrez la surface du milieu avec une couche de 5 ml du même milieu.
4. Répétez le processus d'ensemencement avec les dilutions décimales obtenues à partir de la solution mère dans d'autres boîtes de Pétri stériles.
5. Incubez les boîtes de Pétri à une température de 44°C pendant 24 heures.

Après l'incubation, les colonies de coliformes fécaux apparaîtront comme des colonies de couleur caractéristique sur le milieu VRBL. Vous pourrez ensuite procéder au dénombrement des colonies présentes dans chaque boîte de Pétri pour évaluer la concentration de coliformes fécaux dans l'échantillon de lait.(JORA, 2017)

Lecture :

1. Toutes les colonies rouges-violettes (lactose +) d'un diamètre d'au moins 0,5 mm, qui apparaissent dans un délai de 24 heures, sont considérées comme étant des coliformes fécaux.

Pour le dénombrement, il est recommandé de prendre en compte les boîtes de Pétri contenant entre 15 et 150 colonies (C. Et J.N.Joffin, 2005)

2. Cette plage de comptage permet d'obtenir des résultats fiables et représentatifs de la concentration de coliformes fécaux dans l'échantillon de lait.

V.6.4 Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus :

Le Staphylococcus aureus est une bactérie halophile qui se présente sous la forme de coques et qui est classée Gram positif. Cette espèce se distingue par sa capacité à fermenter le mannitol et à produire une enzyme appelée coagulase (Rachedi K et al, 2021).

La recherche de Staphylococcus aureus est effectuée pour évaluer la qualité sanitaire des produits alimentaires, en particulier les produits laitiers. La présence de cette bactérie peut provoquer des intoxications alimentaires. La contamination par Staphylococcus aureus est souvent due à une mauvaise hygiène des mains, à l'utilisation d'instruments contaminés ou à de mauvaises conditions de stockage et d'emballage (Gomri M.A. et al, 2022).

Il est donc essentiel de surveiller la présence de Staphylococcus aureus dans les produits laitiers afin de garantir leur sécurité sanitaire et de prévenir les risques d'intoxication alimentaire.

Mode opératoire :

Le mode opératoire pour la recherche de Staphylococcus aureus dans les échantillons consiste en ce qui suit (Debouz A et al, 2014) :

1. Préparation du milieu de culture : Utiliser la gélose Chapman Mannitol Salt Agar (MSA). Couler le milieu de culture dans des boîtes de Pétri stériles.
2. Préparation des échantillons : Prélever 0,1 ml des dilutions décimales (10x3, 10x2, 10x1) ainsi que de la solution mère. Utiliser une pipette de Pasteur stérile pour effectuer l'ensemencement.
3. Ensemencement des boîtes de Pétri : Déposer les échantillons prélevés dans les boîtes de Pétri contenant le milieu de culture. Assurez-vous de répartir les échantillons de manière homogène sur la surface du milieu.
4. Incubation : Placer les boîtes de Pétri dans une étuve réglée à 37°C et les incubé pendant 48 heures.

Après la période d'incubation, examiner les colonies qui se sont développées sur les boîtes de Pétri. Les colonies de *Staphylococcus aureus* peuvent être identifiées en observant leur capacité à fermenter le mannitol, ce qui se traduit par un changement de couleur du milieu de culture. Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaîtront en jaune sur le milieu de Chapman MSA.

Lecture :

Dans le milieu de Chapman Mannitol Salt Agar (MSA), la présence de *Staphylococcus aureus* est indiquée par l'apparition de colonies dorées avec un virage de la couleur du milieu du rouge au jaune. Cela est dû à la capacité de *Staphylococcus aureus* à fermenter le mannitol, ce qui produit de l'acide et provoque ce changement de couleur caractéristique (Rachedi K et al., 2021).

Quant aux colonies de Staphylocoques non pathogènes, elles peuvent apparaître avec un halo rouge pourpre sur le milieu de culture MSA. Cette observation permet de distinguer les souches pathogènes de *Staphylococcus aureus* des autres espèces de Staphylocoques qui ne fermentent pas le mannitol (Debouz A et al., 2014).

V.6.5 Recherche et dénombrement de salmonella :

Les Salmonella sont des bactéries à Gram négatif en forme de bâtonnets. Elles font partie de la famille des Enterobacteriaceae, qui est une famille de bactéries comprenant de nombreux genres, dont Salmonella (O, Quynh My, 2018).

Les Salmonella sont des bactéries anaérobies facultatives, ce qui signifie qu'elles peuvent se développer en présence ou en absence d'oxygène. Elles sont largement répandues dans l'environnement et peuvent être présentes dans les aliments contaminés, en particulier les produits d'origine animale tels que la viande, les œufs et les produits laitiers. Les infections à Salmonella chez l'homme peuvent entraîner des gastro-entérites sévères, caractérisées par des symptômes tels que des diarrhées, des nausées, des vomissements et de la fièvre (O, Quynh My, 2018).

Mode opératoire:

Le mode opératoire pour la détection et l'isolement de Salmonella dans les échantillons de lait, selon la référence JORA (2005), est le suivant :

1. Pré-enrichissement dans un milieu liquide :
 - Ensemencer la solution mère du lait dans un milieu d'eau peptone sans NaCl.
 - Incuber à 37°C pendant 16 à 20 heures.

2. Isolement et identification :

- Verser 15 ml de milieu gélosé de lactosérum dans une boîte de Pétri stérile et laisser solidifier.
- À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, prélever 0,1 ml de la culture pré-enrichie obtenue après l'incubation et le répartir sur toute la surface de la boîte de Pétri à l'aide d'une pipette râteau stérile.
- Incuber à 37°C pendant 20 à 24 heures.
- Observer les boîtes après 24 heures d'incubation.
- Les colonies typiques de Salmonella apparaissent comme des colonies brunes ou noires sur la gélose de lactosérum (Feknous N et al, 2018).

V.7 Fabrication de fromage

Dans le cadre de notre étude, nous avons tenté de fabriquer deux types de fromage : le camembert et le fromage frais. La fabrication du fromage implique généralement plusieurs étapes, dont les principales sont la coagulation du lait, l'égouttage du lactosérum, le pressage, l'affinage et le conditionnement. Chaque type de fromage a ses propres caractéristiques de fabrication spécifiques. Voici le processus de fabrication pour les deux types de fromage mentionnés :

Pour effectuer une comparaison entre le lait de vache et le lait de chamelle en utilisant chacun d'entre eux à 100% pour évaluer leur capacité de coagulation lors de la fabrication du fromage. Cela peut être intéressant pour comprendre les différences dans les propriétés de coagulation et les résultats obtenus avec chaque type de lait.

Nous avons par la suite réalisé des essais en utilisant différents pourcentages de lait de chamelle et de lait de vache, notamment 80% lait de chamelle avec 20% lait de vache ; et puis 70% lait de chamelle avec 30% lait de vache, et enfin 50% lait de chamelle avec 50% lait de vache

V.7.1 Fabrication de camembert

La fabrication du fromage camembert est réalisée selon les étapes suivantes.

➤ **Traitement du lait :**

Chauffage du lait à une température de 34°C.

➤ **Caillage ou coagulation :**

- Ajout de yaourt nature au lait pour le caillage lactique, suivi d'un mélange pendant 2 minutes. Attente pendant 1 heure pour former de petits grains de caillé.
- Ajout de présure (0,2 g pour 3 L de lait) pour le caillage présure. Mélange pendant 2 minutes et attente de 40 à 45 minutes pour transformer le lait en une masse compacte.
- **Découpage du caillé :**
 - Découpage du caillé en morceaux de 2-3 cm ou utilisation d'une louche pour séparer l'eau (petit-lait) du caillé, ce qui le rend plus ferme. Attente pendant 10-15 minutes.
- **Moulage :**
 - Transfert du caillé dans des moules à fromage perforés pour le presser et l'égoutter. Le fromage est maintenu à une température ambiante de 25-30°C.
 - Retournement des fromages 4 fois toutes les 1 heure, suivi d'un égouttage pendant toute la nuit.
 - Démoulage après 24 heures, suivi d'un séchage à température ambiante pendant 6 heures.
- **Salage :**
 - Trempage du camembert dans une saumure saturée à 25% pendant 1 à 1,5 heure.
 - Séchage dans une salle avec une température de 13-14°C et une humidité de 85-90%.
- **Affinage :**
 - L'affinage est le processus final de fabrication du fromage.

Il se déroule pendant 10 à 15 jours à une température de 12-13°C et une humidité de 95%, ce qui permet au fromage de développer sa saveur, sa texture et son arôme.

V.7.2 Fabrication de fromage frais

La fabrication du fromage frais est réalisée selon le diagramme présenté dans le diagramme ci-dessous :

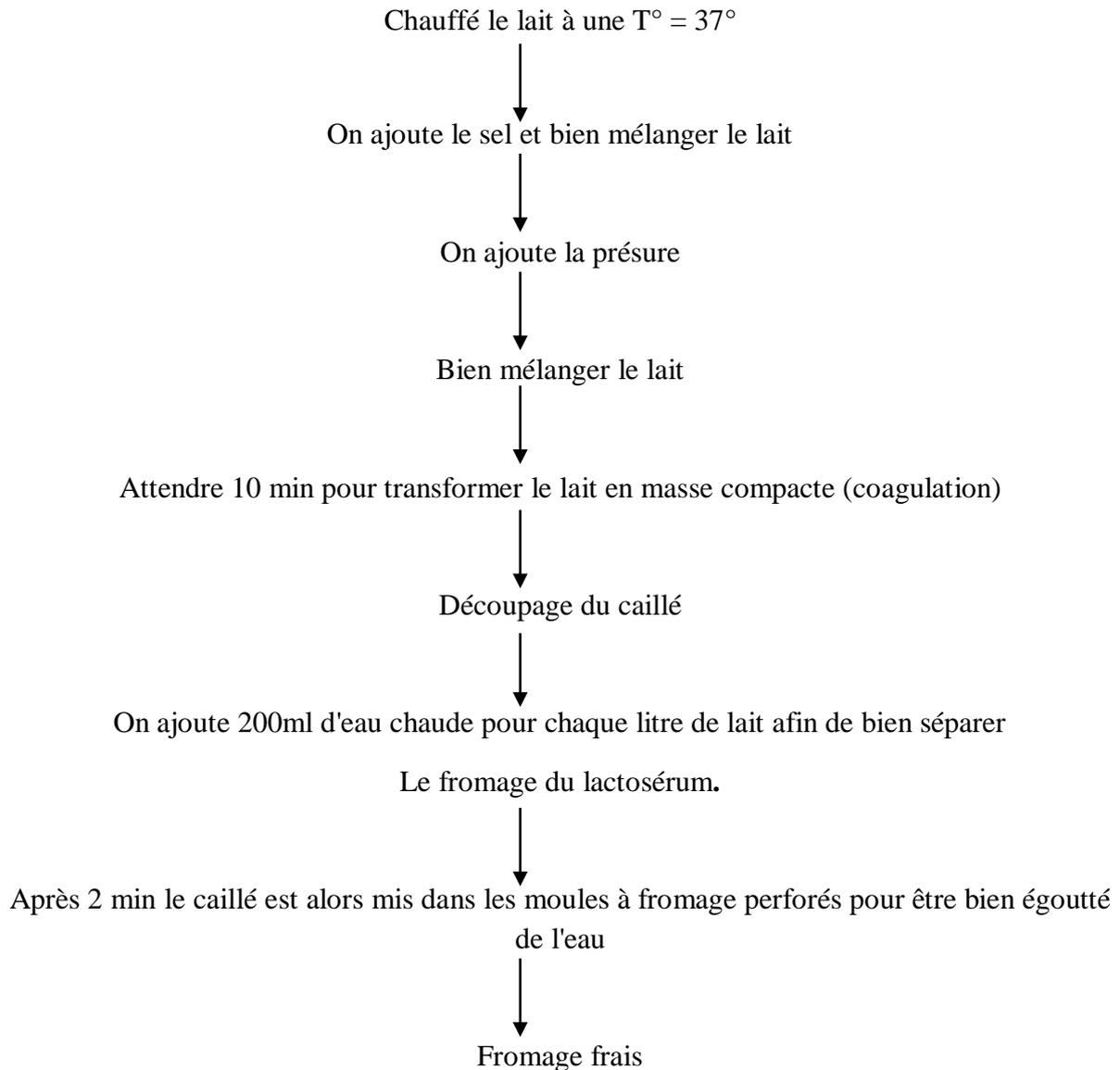


Figure 1 : Diagramme de fabrication du fromage frais.

Pour cela cinq formulations ont été proposé selon les conditions suivantes :

Voici les conditions de fabrication du fromage frais pour les cinq formulations :

Formulation 01 :

- Utiliser 100% de lait de chamelle
- Maintenir le pH à 6,04
- La température de fabrication doit être de 37°C

Formulation 02 :

- Utiliser 100% de lait de vache
- Maintenir le pH à 6,30

- La température de fabrication doit être de 37°C

Formulation 03 :

- Utiliser 80% de lait de chamelle et 50% de lait de vache
- Maintenir le pH à 5,72
- La température de fabrication doit être de 37°C

Formulation 04 :

- Utiliser 70% de lait de chamelle et 30% de lait de vache
- Maintenir le pH à 6,03
- La température de fabrication doit être de 37°C

Formulation 05:

- Utiliser 50% de lait de chamelle et 50% de lait de vache
- Maintenir le pH à 6,06
- La température de fabrication doit être de 37°C

Ces conditions spécifiques pour chaque formulation sont essentielles pour obtenir les caractéristiques souhaitées du fromage frais.

V.8 Caractérisation physico-chimique de fromage frais à partir de lait cru :

La caractérisation physico-chimique du fromage frais à partir de lait cru peut inclure plusieurs paramètres, dont la détermination du poids du fromage et du potentiel d'hydrogène (pH) du fromage, et le taux de matière sèche dans le fromage. Voici comment ces mesures peuvent être effectuées :

V.8.1 Détermination du poids de fromage :

Après l'égouttage, le fromage est placé dans un pot propre.

Une balance électronique précise est utilisée pour mesurer le poids du fromage.

V.8.2 Détermination de potentiel d'hydrogène (pH) du fromage :

Le pH des différents échantillons est mesuré par un pH-mètre (Mohammed RHIAT et al, 2011) selon le mode opératoire suivant :

- Prélevez un échantillon de fromage frais à l'aide d'une spatule ou d'un couteau propre et placez-le dans un récipient.
- Immergez l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon de fromage et attendez que la lecture du pH se stabilise.

- Enregistrez la valeur du pH du fromage frais.

V.8.3 Détermination l'acidité titrable du fromage :

La détermination de l'acidité titrable du fromage peut être effectuée en suivant les étapes décrites par Mohammed RHIAT et al. (2011). Voici comment procéder :

1. Préparation de l'échantillon :

- Prélevez 10 g de fromage frais et placez-le dans un bécher propre.
- Ajoutez 90 ml d'eau distillée dans le bécher contenant le fromage. Assurez-vous de bien mélanger pour homogénéiser la solution.

2. Préparation de la solution de soude :

- Préparez une solution de soude (hydroxyde de sodium) N/9 en dissolvant une quantité appropriée de NaOH dans de l'eau distillée.
- Vérifiez que la solution de soude est correctement étalonnée et de concentration connue.

3. Titrage de l'acidité :

- Ajoutez quelques gouttes d'indicateur coloré de phénolphtaléine dans le bécher contenant l'échantillon de fromage dilué. L'indicateur changera de couleur en présence d'acide lactique.
- Commencez à ajouter la solution de soude N/9 contenue dans une burette à robinet, goutte à goutte, tout en agitant constamment l'échantillon.
- Continuez à ajouter la solution de soude jusqu'à ce que la couleur rose pâle de l'indicateur devienne persistante pendant environ 10 secondes. Cela indique la neutralisation de l'acide lactique présent dans le fromage.
- Enregistrez le volume de solution de soude utilisé pour atteindre le point de virage.

4. Calcul de l'acidité titrable :

- L'acidité titrable du fromage est exprimée en degré Dornic D° , où 1 D° correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre.

- Utilisez la relation entre le volume de soude utilisé et la concentration de la solution de soude pour calculer l'acidité titrable en degrés Dornic.

V.8.4 Détermination de la matière sèche de fromage :

La méthode consistée à mettre 5 g du fromage dans une boîte de pétrie en verre (capsule) qui est placée dans une étuve à une température comprise entre 103 ° C et 105 ° C pendant 3 heures. Les boîtes pétries sont ensuite transférées dans un dessiccateur pendant quelques minutes le temps qu'elles refroidissent et atteignent la température ambiante, puis elles sont pesées. Calculer le taux de matière sèche par la formule suivante (Boumendjel et al, 2017).

- Le taux de matière sèche est calculé en utilisant la formule suivante : Taux de matière sèche (%) = [(Poids final - Poids initial) / Poids initial] x 100
- Dans cette formule, le poids final correspond au poids de la boîte de pétri avec le fromage séché, et le poids initial correspond au poids de la boîte de pétri avant le séchage.

Le résultat obtenu représente le pourcentage de matière sèche dans le fromage.

V.9 Les paramètres microbiologiques du fromage frais :

Les analyses microbiologiques du fromage frais sont réalisées en utilisant les mêmes techniques déjà décrites pour l'analyse du lait. Voici les étapes détaillées :

V.9.1 Préparation de la solution mère :

- Prenez 10g de l'échantillon de fromage frais et homogénéisez-le dans 90 ml d'eau peptone stérile. Cette suspension est la solution mère, qui sera utilisée pour les analyses microbiologiques(JORA, 2014).

V.9.2 Préparation des dilutions décimales (JORA, 2014) :

- Transvasez 1 ml de la solution mère dans un tube contenant 9 ml d'eau peptone stérile à l'aide d'une pipette stérile. Cette dilution correspond à la dilution 10x-1.
- Répétez cette étape pour obtenir les dilutions décimales suivantes : 10x-2, 10x-3, jusqu'à la dilution 10x-6.

V.9.3 Recherche et dénombrement de Salmonella(Feknous N et al., 2018) :

- Déposez 5g de fromage frais dans 45 ml d'eau peptone sans NaCl stérile. Incubez la suspension à 37°C pendant 16 à 20 heures.
- Prélevez 1 ml de la suspension et déposez-le dans une boîte contenant de la gélose lactosérum. Incubez la boîte à 37°C pendant 24 heures.

- Après l'incubation, examinez les boîtes contenant la gélose lactosérum. Les colonies typiques de *Salmonella* apparaissent en brun ou en noir.

V.9.4 Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* :

- Prélevez 0,1 ml de la solution mère et de ses dilutions 10x-1, 10x-2, 10x-3. Déposez ces échantillons à la surface des boîtes contenant de la gélose Chapman Mannitol Salt Agar (MSA) pour réaliser un étalement. (Feknous N et al, 2018)
- Incubez les boîtes à 37°C dans une étuve pendant 24 à 48 heures.
- L'apparition de colonies dorées qui provoquent le virage de la couleur du milieu du rouge au jaune indique la présence de *Staphylococcus aureus*. En revanche, les colonies de Staphylocoques non pathogènes montrent un halo rouge pourpre.

Ces étapes permettent de détecter et de dénombrer la présence de *Salmonella* et *Staphylococcus aureus* dans le fromage frais, en utilisant des milieux de culture spécifiques et des conditions d'incubation appropriées (voir annexe).



***Résultats et
discussion***

VI. Résultats et discussion :

VI.1 Résultats des analyses physico-chimiques :

Tableau XII: Les résultats des analyses physiques du lait le cas de fabrication du camembert.

	F 01	F 02	F 03	F 04	F 05
pH	6,30	6,04	5,72	6,03	6,06
La densité	1,024	1,028	1,024	1,023	1,028
Le volume de lactosérum	2L et 254ml à partir d'une 3L du lait	1L et 235ml à partir d'une 1,5L du lait	/	/	2L et 300ml à partir d'une 3L de lait (L. Ch + L.V)
Les résultats obtenus	L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage réussi	L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage réussi puisque	L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage ne pas réussi	L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage ne pas réussi	L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage à partir d'un mélange 50%/50% est réussi

F 01 : Fabrication de camembert 100% lait de vache

F 02 : Fabrication de camembert 100% lait de chamelle

F 03 : Fabrication de camembert 80% lait de chamelle et 20% lait de vache

F 04 : Fabrication de camembert 70% lait de chamelle et 30% lait de vache

F 05 : Fabrication de camembert 50% lait de chamelle et 50% lait de vache

VI.1.1 Les résultats des analyses physico-chimiques du lait dans le cas de fabrication du fromage frais :

VI.1.1.1 pH :

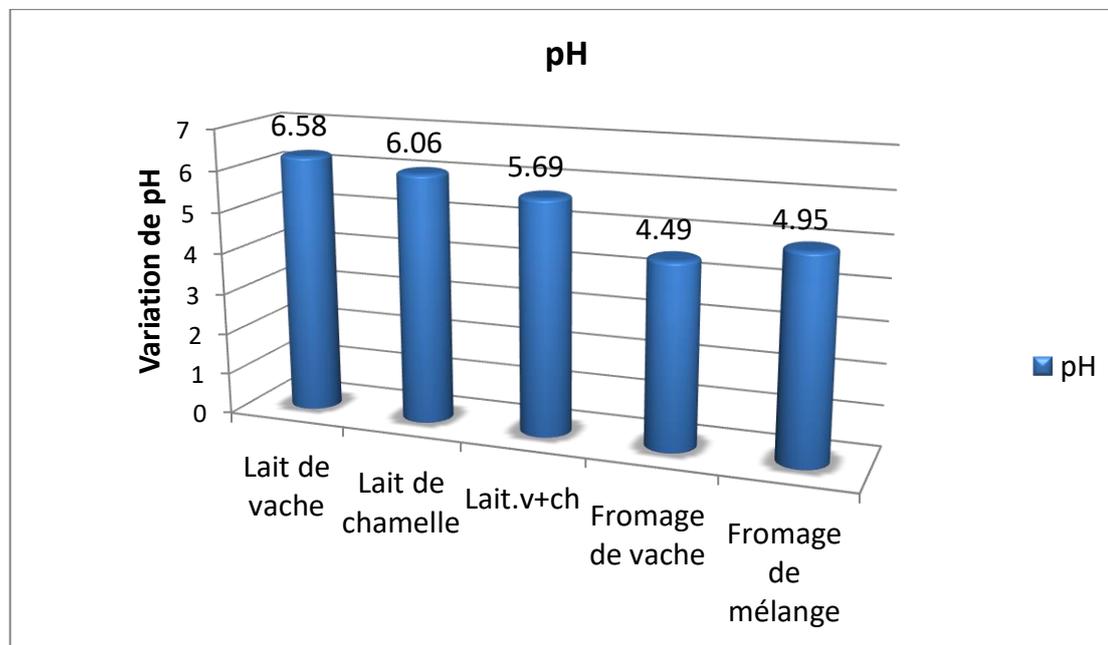


Figure 2 : Variation de pH pour le lait de vache et le lait de chamelle et le lait de mélange entre les deux types du lait et aussi les différents échantillons du fromage analysés.

Il est courant de constater des variations dans les valeurs du pH du lait, car celles-ci peuvent être influencées par divers facteurs tels que la race de l'animal, le régime alimentaire, les conditions environnementales, la santé de l'animal, etc.

Dans notre étude, nous avons relevé des valeurs moyennes de pH inférieures à celles rapportées par certains auteurs pour le lait de chamelle et de vache (La valeur moyenne du pH du lait cru de chamelle est égale à 6,06 alors que celle du lait de vache est de 6,58). Cela peut s'expliquer par différentes raisons, notamment la variation naturelle du pH d'un échantillon à un autre, les différences dans les méthodes de mesure du pH utilisées, ainsi que les variations dans les conditions d'échantillonnage et de stockage.

Il est important de noter que le pH du lait peut également être influencé par la nature des fourrages (nourriture) consommés par les animaux, ainsi que par la disponibilité d'eau de qualité (SIBOUKEUR, 2007). Différents types de fourrages peuvent avoir des compositions chimiques différentes, ce qui peut affecter le pH du lait produit. De plus, la qualité de l'eau consommée par les animaux peut également influencer le pH du lait.

Il est recommandé de prendre en compte ces facteurs lors de l'interprétation des résultats de pH du lait et de considérer d'autres paramètres de qualité du lait pour obtenir une image complète de sa composition et de ses caractéristiques.

Il est courant également d'observer des variations dans les valeurs de pH des fromages, car celles-ci peuvent être influencées par plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, on retrouve la méthode et la période de fabrication du fromage, le type de lait utilisé ainsi que le régime alimentaire des animaux.

Dans notre étude, nous avons observé des valeurs de pH pour le fromage à base de lait de vache et de mélange qui sont comparables à celles rapportées par d'autres auteurs pour des produits similaires. (FGUIRI et al., (2018) qui a enregistré un pH égal à $4,5 \pm 0,14$, tandis que le pH maximum est de 4,95 pour le fromage à base de mélange). Ces similitudes peuvent être attribuées à des facteurs communs tels que les conditions de fabrication, les pratiques de transformation du lait et les caractéristiques des matières premières utilisées.

Il est important de noter que le pH du fromage est un indicateur important de sa qualité et de ses caractéristiques organoleptiques. Des valeurs de pH spécifiques peuvent être recherchées pour différents types de fromages afin d'obtenir les caractéristiques souhaitées, telles que la texture, la saveur et la stabilité.

Selon Ouadghiri., (2009), la variation des valeurs de pH entre les produits peut également être due à des différences dans les processus de fermentation, les cultures bactériennes utilisées, les conditions de maturation, ainsi que d'autres facteurs inhérents à la fabrication du fromage.

En conclusion, les variations des valeurs de pH des fromages peuvent être influencées par plusieurs facteurs, notamment la méthode de fabrication, le type de lait utilisé et l'alimentation des animaux.

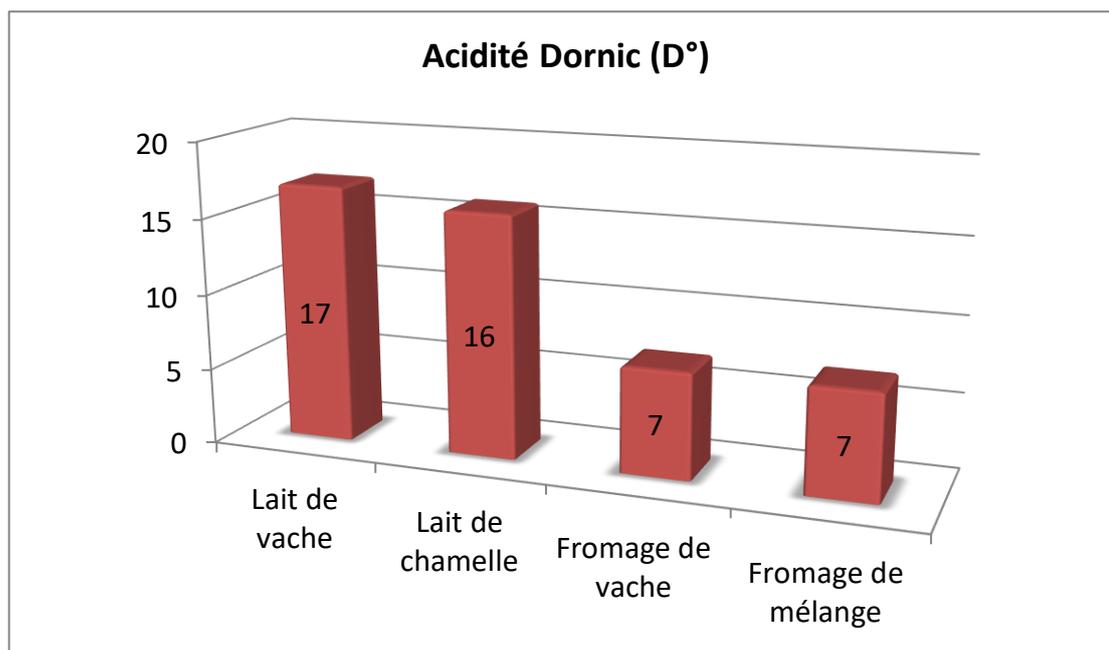
VI.1.1.2 Acidité :

Figure 3 : Résultat d'acidité Dornic (D°).

Les valeurs d'acidité titrable obtenues pour le lait de vache et le lait de chamelle sont de 17°D et 16°D respectivement. Ces valeurs sont légèrement différentes de celles rapportées par d'autres auteurs, tels que 18°D et 17°D selon DEBOUZ et al. (2014). Cependant, il est important de noter que les valeurs d'acidité peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la méthode d'analyse utilisée et les conditions de stockage et de traitement du lait.

D'autres études ont rapporté des plages de valeurs d'acidité pour le lait de vache, allant de 15°D à 18°D, comme indiqué par CHETHOUNA (2011), ainsi qu'une valeur de 15°D pour le lait de vache rapportée par SAWAYA et al. (1984). Ces variations peuvent être attribuées à des différences dans les méthodes d'analyse, les conditions d'échantillonnage et les variations naturelles du lait lui-même.

Concernant le fromage, nous avons obtenu une acidité de 7°D pour le fromage à base de lait de vache et de 7°D pour le fromage à base de mélange. Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par d'autres auteurs, telles que 15,61 à 26,5°D et 23,7 à 36,13°D selon Animour (2019). Encore une fois, ces différences peuvent être dues à des variations dans les méthodes d'analyse, les conditions de fabrication du fromage et les caractéristiques spécifiques des échantillons étudiés.

Il convient de noter que l'acidité titrable est un paramètre important pour évaluer la qualité du lait et du fromage, mais il doit être interprété en conjonction avec d'autres paramètres physico-chimiques et microbiologiques pour obtenir une évaluation complète.

En conclusion, les valeurs d'acidité titrable obtenues pour le lait et le fromage sont légèrement différentes de celles rapportées par d'autres auteurs, mais cela peut être attribué à des variations méthodologiques et aux caractéristiques spécifiques des échantillons étudiés.

VI.1.1.3 Densité :

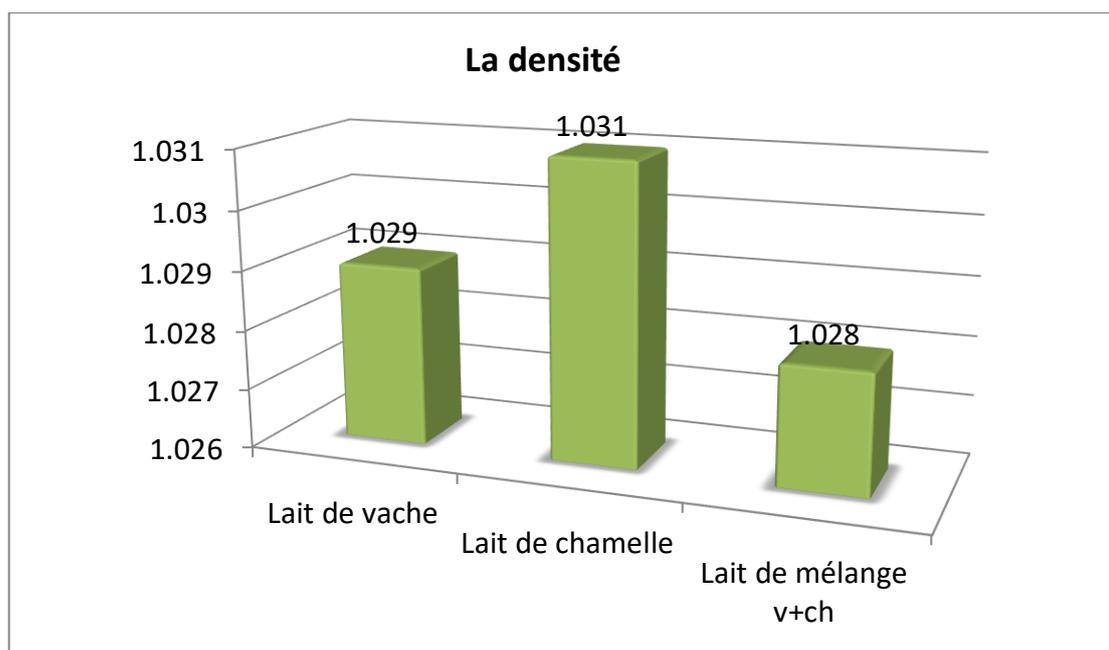


Figure 4 : La densité du lait de vache et de lait de chamelle et de mélange.

La densité mesurée pour le lait de vache, soit 1,029, est légèrement inférieure à celle du lait de chamelle, qui est de 1,031. De plus, la densité de la mixture entre ces deux types de lait est de 1,028. Ces valeurs se situent toutes dans la plage normale de densité du lait, qui est généralement de 1,028 à 1,033 selon Boubezari(2010).

La densité du lait dépend de plusieurs facteurs, notamment la teneur en matière sèche, la teneur en matière grasse, la température et le régime alimentaire de l'animal. Ces variations peuvent influencer la densité du lait et expliquer les légères différences observées entre le lait de vache et le lait de chamelle.

Il convient de noter que la densité est une propriété physique importante du lait qui peut être utilisée comme indicateur de sa composition et de sa qualité. Cependant, il est essentiel de prendre en compte d'autres paramètres, tels que la teneur en matière grasse, la teneur en matière sèche, le pH, etc., pour obtenir une évaluation complète de la qualité du lait.

En conclusion, les valeurs de densité obtenues pour le lait de vache, le lait de chamelle et le mélange des deux se situent dans la plage normale et sont cohérentes avec les variations attendues en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque type de lait. La densité du lait est influencée par plusieurs facteurs et peut fournir des informations utiles sur la composition et la qualité du lait, mais doit être interprétée en conjonction avec d'autres paramètres pour obtenir une évaluation complète.

VI.1.1.4 Matières sèches :

Les valeurs de teneur en matière sèche mesurées pour les deux échantillons de fromage frais sont de 43,54% pour le fromage à base de lait de vache à 100% et de 46,51% pour le fromage à base d'un mélange 50% lait de vache et 50% lait de chamelle. Cela correspond à une humidité de 56,46% et 53,48% respectivement. Nous avons observé que le fromage à base de mélange présente une teneur en matière sèche plus élevée que le fromage à base de lait de vache seul.

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Amimour (2019), qui a enregistré des valeurs de 43,80% et 46,63% pour des échantillons similaires. La teneur en matière sèche du fromage dépend de la technique d'égouttage utilisée lors de sa fabrication, ainsi que de la composition du lait utilisé comme matière première. Différentes techniques d'égouttage peuvent entraîner des variations dans la quantité d'eau éliminée du fromage, ce qui affecte sa teneur en matière sèche. De plus, la composition du lait, y compris la proportion de lait de vache et de lait de chamelle dans le mélange, peut également influencer la teneur en matière sèche du fromage.

En conclusion, une différence significative est observée dans la teneur en matière sèche entre le fromage à base de lait de vache et le fromage à base de mélange lait de vache-lait de chamelle. Ces résultats sont cohérents avec les variations attendues en fonction des techniques d'égouttage et de la composition du lait utilisé. La teneur en matière sèche est un paramètre important pour évaluer la qualité et les caractéristiques du fromage frais.

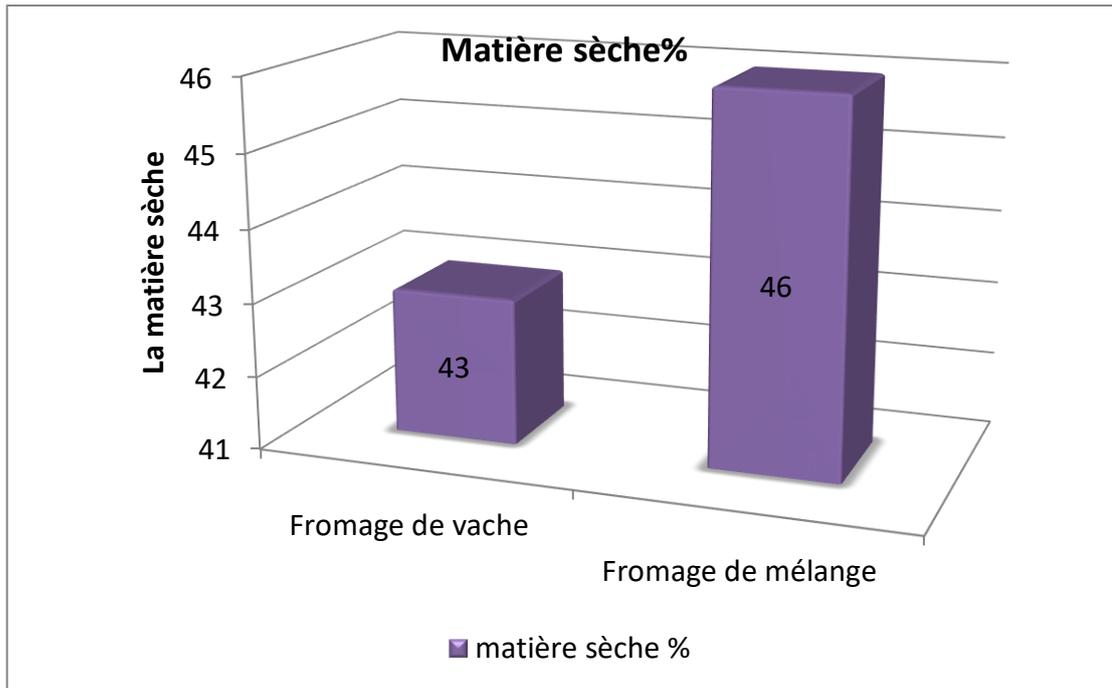


Figure 5 : Résultats de matière sèche de fromage.

Nos résultats de la fabrication de fromage frais montrés dans les photos ci-dessous.



Figure 6 : Produit fini fromage frais 100% lait de vache et fromage 50% lait de vache et 50% lait de chamelle.

VI.2 Résultats des analyses microbiologiques :

Le tableau XIII regroupe les résultats des analyses microbiologiques des échantillons (les deux types de lait et le fromage frais) :

Tableau XIII : Dénombrement des bactéries d'altérations et pathogènes de lait et du fromage (UFC/ml)

Echantillons	Lait de Vache	Lait de chamelle	Normes algériennes pour le lait cru	Fromage frais (50% LV et 50% C)	Fromage frais (100% lait de vache)	Normes Algériennes pour le fromage frais
Staphylococcus aureus (UFC/ml)	+	+	Abs	+	+	10
Salmonella (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Flore mésophile aérobie totale (UFC/ml)	1,5.10 ⁶	2,7. 10 ⁶	10 ⁵	/	/	/
Coliformes fécaux (UFC/ml)	2,9. 10 ⁶	3,9. 10 ⁶	10 ³	/	/	1

VI.2.1 Dénombrement de flore totale aérobie mésophile FMAT :

Les résultats indiquent que la flore mésophile aérobie totale (FMAT) dans le lait cru de chamelle est de $2,7 \times 10^6$ UFC/ml, tandis que dans le lait cru de vache, elle est de $1,5 \times 10^6$ UFC/ml. Ces valeurs sont supérieures à la norme de contamination fixée à 10^5 UFC/ml. Cette contamination élevée peut être attribuée à un manque d'hygiène lors de la traite ou à l'utilisation d'équipements insuffisamment propres lors de la manipulation du lait, comme mentionné par FarougouSouabou et al. (2009).

Il est important de noter que la charge microbienne dans le lait cru peut varier en fonction des pratiques d'hygiène utilisées lors de la production et de la manipulation du lait. Une charge élevée de FMAT peut indiquer un état de fraîcheur médiocre du lait ou une aération insuffisante, selon Justine Mawor et al. (2018). Cependant, la détermination de la

charge de FMAT permet d'estimer la population des bactéries viables dans le lait et de refléter les pratiques d'hygiène utilisées.

Il est recommandé d'améliorer les mesures d'hygiène lors de la traite et de la manipulation du lait afin de réduire la contamination microbienne et de garantir une meilleure qualité microbiologique du lait cru. Cela peut contribuer à améliorer la sécurité alimentaire et la qualité des produits laitiers dérivés, tels que le fromage frais fabriqué à partir de ce lait cru.

VI.2.2 Dénombrement des coliformes fécaux :

Les résultats de notre étude révèlent que la charge des coliformes fécaux dans le lait cru de chamelle est d'environ $3,9 \times 10^6$ UFC/ml, tandis que dans le lait cru de vache, elle est d'environ $2,9 \times 10^6$ UFC/ml. Ces valeurs dépassent la norme fixée à 10^3 UFC/ml, selon les normes de JORA (1998). Cette contamination élevée en coliformes fécaux suggère une non-observation des mesures sanitaires nécessaires lors de la traite et du stockage du lait.

Les coliformes fécaux sont généralement associés à une contamination fécale, indiquant un contact anormal entre l'aliment et les matières fécales. Il est important de noter que ces germes peuvent également exister dans l'environnement. Leur présence abondante dans le lait cru reflète un non-respect des pratiques sanitaires lors de la récolte du lait, et il est probable qu'il y ait eu une contamination pendant le stockage du lait. Les principaux vecteurs de contamination sont souvent liés à la peau des trayons, à un matériel de traite mal conçu et mal nettoyé, ainsi qu'à une contamination par les matières fécales, comme mentionné par M. Hamiroune et al. (2016).

Pour garantir une meilleure qualité microbiologique du lait cru, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures d'hygiène strictes lors de la traite, du stockage et de la manipulation du lait. Cela peut inclure le nettoyage adéquat du matériel de traite, l'hygiène des trayons et la prévention de toute contamination fécale. Ces pratiques contribueront à réduire la charge de coliformes fécaux et à améliorer la sécurité alimentaire du lait cru utilisé dans la production de fromage frais.

VI.2.3 Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus :

Les résultats révèlent la présence de Staphylococcus aureus dans les échantillons de lait cru de chamelle et de vache, avec des nombres de colonies de 1236 UFC/ml et 590 UFC/ml respectivement. Selon les normes de JORA (1998), la présence de Staphylococcus aureus dans le lait cru est considérée comme non conforme, car la norme exige l'absence de ce germe. Ces résultats indiquent donc une mauvaise qualité hygiénique du lait.

Dans le cas des fromages frais fabriqués à partir de lait de vache pur et d'un mélange de lait de vache et de lait de chamelle, les nombres de colonies de *Staphylococcus aureus* sont de 227 UFC/ml et 63 UFC/ml respectivement. Ces deux résultats sont dépassent à la norme fixée à 10 UFC/ml selon JORA (1998). Cependant, cette charge microbienne élevée indique une mauvaise hygiène dans la fabrication des deux types de fromage.

Les principales sources de contamination par *Staphylococcus aureus* sont liées à des pratiques d'hygiène insuffisantes lors du processus de fabrication, à l'utilisation de matières premières de qualité microbiologique insuffisante, à l'excrétion directe à partir de mamelles atteintes de mammite staphylococcique clinique ou sub-clinique, à la contamination de l'environnement lors de la manipulation et de la transformation du lait cru, et à la présence de cette bactérie dans l'eau utilisée lors des différentes étapes de la traite et des mains des trayeurs. Ces sources de contamination soulignent l'importance de mettre en place des mesures d'hygiène rigoureuses pour prévenir la contamination par *Staphylococcus aureus* et assurer la sécurité microbiologique des produits laitiers.

VI.2.4 Recherche et Dénombrement de salmonella :

Nous avons constaté que l'analyse microbiologique desalmonellan'a révélé aucune contamination dans les échantillons de lait cru de vache et de chamelle, ainsi que dans les fromages fabriqués à partir d'un mélange de lait de vache et de lait de chamelle, ainsi que dans le fromage fabriqué à partir de lait de vache pur. Ces résultats sont conformes à la réglementation algérienne (JORA, 1998) qui fixe des normes microbiologiques strictes pour garantir la sécurité des produits laitiers.

Il est important de noter que la présence de salmonella peut varier en fonction des conditions d'hygiène et des pratiques de fabrication utilisées. Dans ce cas, les bonnes pratiques d'hygiène et les mesures de contrôle de la qualité mises en place semblent avoir été efficaces pour prévenir la contamination par salmonella.

VI.3 Les analyses organoleptiques du fromage :

VI.3.1 Détermination du poids :

Les résultats des analyses organoleptiques du fromage incluent la détermination du poids. Selon les mesures effectuées à l'aide d'une balance électronique, le fromage obtenu à partir d'1 litre de lait de vache a une masse estimée de 92,42 g, tandis que le fromage obtenu à partir d'1 litre de mélange de 50% de lait de vache et 50% de lait de chamelle a une masse

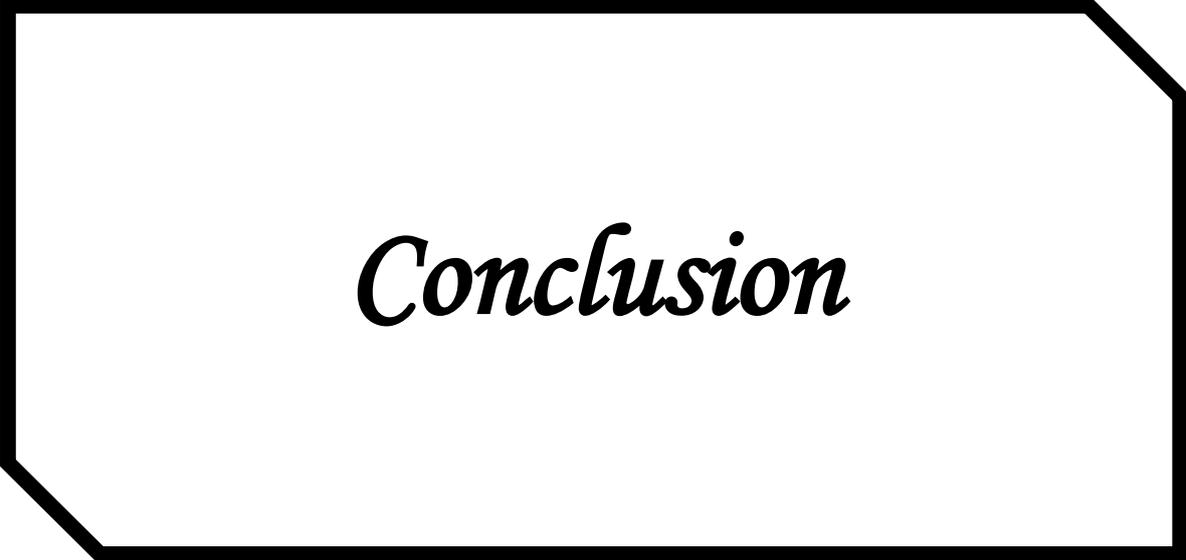
estimée de 104,27 g. Ces mesures permettent d'évaluer la densité et la consistance du fromage et peuvent fournir des indications sur sa qualité et sa texture.

VI.3.2 Description des deux types de fromage préparé :

Tableau XIV: Description des deux types de fromage préparé

Type de fromage	Le Fromage frais (100% lait de vache)	Le Fromage frais (50% lait de vache et 50% lait de chamelle)
La description		
La couleur	La couleur est jaune pâle	Blanche
L'odeur	Généralement il n'ya pas d'odeurs anormales	Le fromage a une odeur légère
Texture	Lisse, légèrement beurrée	Lisse

A la fin cette expérimentation, nous devons signaler que nous n'étions pas en mesure d'effectuer les autres analyses sensorielles en raison d'une contamination des deux fromages par les bactéries pathogènes *Staphylococcus aureus*, il était préférable de ne pas consommer ces produits en raison des risques potentiels pour la santé. *Staphylococcus aureus* peut produire des toxines alimentaires qui peuvent causer des intoxications alimentaires chez les personnes qui les consomment.



Conclusion

Conclusion

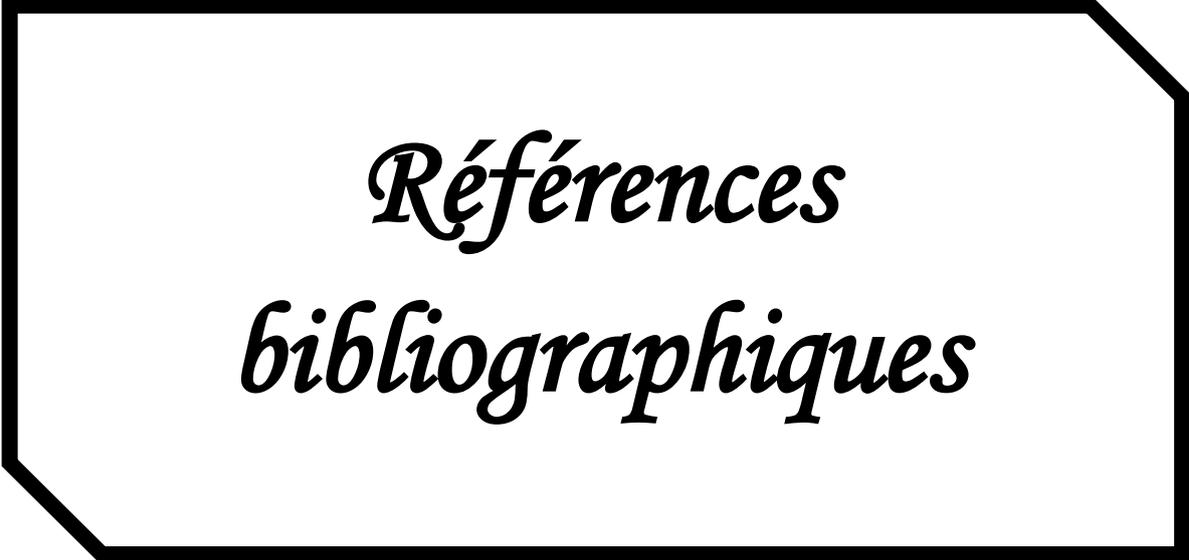
Dans notre travail visent pour la première fois d'essai de fabrication de fromage à base d'un mélange de lait de vache et de lait de chamelle, dans ce cadre nous avons procédé à évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique du fromage frais et des deux types de laits crus de vache et de chamelle.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que le lait cru de vache est plus acide que le lait de chamelle, par contre la densité de lait de chamelle sont élevés en comparaison à ceux du lait de vache, tandis que le pH du lait de vache est supérieur par rapport au lait camelin. Et on a noté que la matière sèche et le pH de fromage frais fabriqué à partir d'un mélange de lait de vache et de lait de chamelle sont élevés en comparaison à ceux du fromage fabriqué à partir de lait de vache.

La qualité microbiologique pour les deux laits crus de vache et de chamelle est généralement non acceptable, en raison de la présence des contaminations fécales et pathogènes, par le FMAT, Coliformes fécaux et *Staphylococcus aureus*, globalement la présence de cette diversité de flore que le résultat logique d'un mauvais encadrement de nos éleveurs par les vétérinaires, l'absence des mesures d'hygiène, ainsi que le non-respect et la méconnaissance des conditions d'élevage, en particulier celles liées à la propreté des animaux et leur environnement et bien sur les conditions de sécurité pour le stockage et la livraison de lait.

Les analyses microbiologiques pour le fromage frais fabriqué à partir d'un mélange de lait de vache et de lait de chamelle et le fromage frais fabriqué à partir de lait de vache montre que les deux types de fromage sont non acceptable et invalides pour la consommation en raison de la présences des germes pathogène *Staphylococcus aureus* avec un taux de 227 UFC/ml pour le fromage de vache et 63 UFC/ml pour le fromage de mélange , avec absence complète de salmonella pour les deux types de fromage.

Pour la prévention des toxi-infections d'origine alimentaire telle que la *Staphylococcus aureus* passe par la mise en place d'un programme d'action contre les mammites des animaux, le maintien du lait à température de réfrigération et le strict respect des règles d'hygiène lors des manipulations à la ferme et aux points de vente, afin de limiter le nombre de *Staphylococcus aureus* présents dans le lait (HAMIROUNE M et al, 2014).



*Références
bibliographiques*

- **A.J. Iboudo A., Savadogo1., M.G. Seydi et TraoreA.S., (2012).** Place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait.
- **Abdelhamid S., Zouita M., Gomri M.A., (2022).** Estimation de la présence des bactéries mésophiles et thermophiles formant-endospores dans 03 types de lait en poudre, p1-8.
- **AdamouA., (2008).** L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir, 19 n°4, p253-260.
- **Aicha B., Mostefaoui M. et Lamri S., (2020).** Lait de vache : composition, bienfaits nutritionnels, biologiques et cardioprotecteurs, vol.9, n°01, p1-8.
- **Amimour M., (2019).** Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben). Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, p168.
- **AmiotJ., FournierS., LebeufY., Paquin P. et SimpsonR., Collaboratrice : Tugeon H., (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait.
- **Antunes I.C., Bexiga R., PintoC., Roseiro L. C.and M. QuaresmaA. G., (2023).** Cow's milk in human nutrition and the emergence of plant-based milk alternatives, p1-21.
- **Arroum S., Zmouli K., Gaddour A., Fguiri I., Ayeb N., Khorchani T., (2015).** Etude comparative des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de lait camelin en fonction du mode d'élevage.
- **Arroum S., Zmouli K., Gaddour A., FguiriI.,Naziha A., Khorchani T., (2016).** Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait caprin en fonction du mode d'élevage, p 429_433.
- **Ayman A., Swelum M., El-Saadony T., Mohamed A, Rabee A., Ombarak O.S., Hussein S., Ahmed R., Alhimaidi A., Ammari, Hani Ba-Awadh, Ayman E. Taha, Khaled A. El-Tarabily, Mohamed E. Abd El-Hack, (2021),** Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of camel's milk : a review, p3126-3136.
- **Benaissa R., (1989),** Le dromadaire en Algérie. options méditerranéennes, n°2, ciheam, montpellier, France. Pp19-28.
- **Bernard F., (1997).** Guide de l'élevage du dromadaire, p 9.

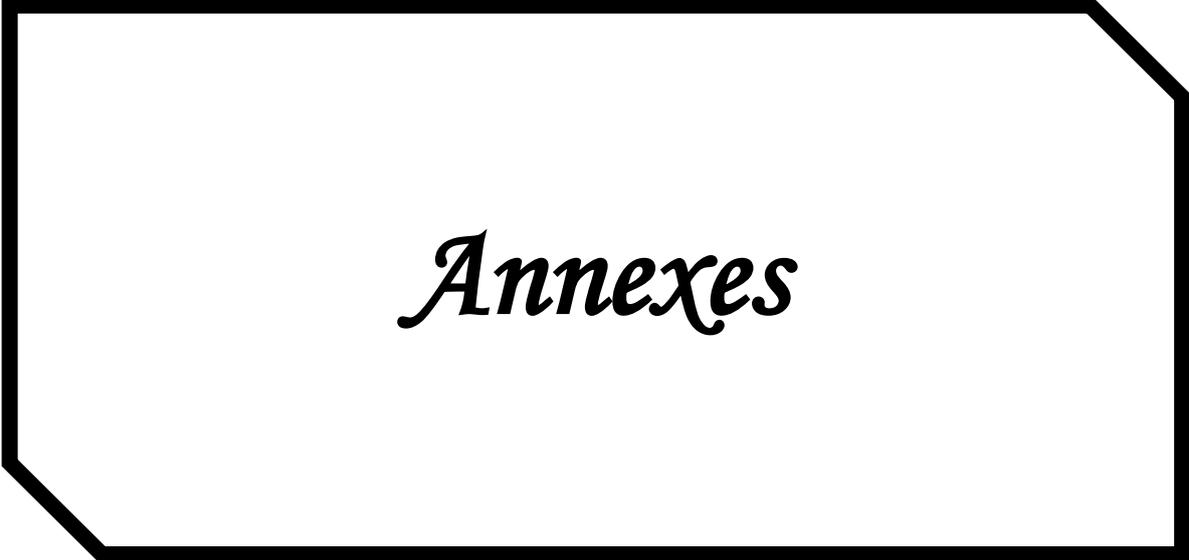
- **Boubezarim T., (2010).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa.
- **Boudjenah-Haroun S., Moulti-Mati F., Si Ahmed S., Mahboub N., Siboukeur O., et Mati A., (2011).** Etude de la coagulation du lait de chamelle: utilisation des extraits gastriques de dromadaire à différents âges.
- **Boujemaa E. M., Belkhou A., El Oualilalami, Bennani L., (2013).**Caractérisation microbiologique et physico-chimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et jben), p : 100-111.
- **BoumendjelB, FeknousN., MekidecheF., Dalichaouche N., FeknousI., TouafchiaL., MetlaouiN.andNenkiR., (2017).**Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du nord-est algérien.essai de fabrication du fromage frais p492-506.
- **ChehmaA., (2003).**Lait de chamelle pour l’Afrique : chapitre 4 ; productivité pastorale et productivité laitière en Algérie, p 43-51.
- **Chethouna F., (2011).** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru ; mémoire de magister, université KasdiMerbah, Ouargla, Algérie, p7- 26.
- **Daniel St-Gelais Et Tirard-Co,** Livre science et technologie du lait 349p.
- **Debouz A., Guerguer L., Hamid Oudjana A., Hadj S., (2014),** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa,département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, vol.7,n°2, p8-15.
- **Dia M., Ahmed O., (2010).** Application d’une technologie de fabrication de fromage à partir du lait pur de chamelle en Mauritanie.
- **Drici H., 2014.** Activité laitière cameline en Algérie Surcroît de Consommation et commercialisation et problématiques d’expertise scientifique et judiciaire.
- **Eck.A Et Gillis. J. C, Dillon .J. C., Berthier. A. M, (2009),** Livre le fromage, p713-718.
- **Falentin H., (2018).** Chapitre 7: Partie méta génomique des fromages au lait cru et impact des procédés January.
- **FarahZ., (1993).** Review article composition and characteristics of camel milk {received 22 February (1993) and accepted for publication 28 February (1993)}.
- **Farah Z., (1996).** Camel milk properties and products, p 1-92.

- **Farougou S., Kpodékon T.Marc ., Sessou P., Youssao I., Boko C., Yèhouenou b., Sohounhloué D ., (2009).** Qualité microbiologique du lait cru de vache élevée en milieu extensif au benin, p : 323-336.
- **Feknous N., Boumendjel M., Mekideche F., Dalichaouche N., Zaafour Moncef., Mekhancha D., Touafchia L ., Feknous I., Zenki R., (2018).** Exploration de la qualité microbiologique de certains laits de chèvre du nord-est algérien, p 71-80.
- **Feliachi K., (2003).** Comlission nationale angr rapport national sur les ressources génétiques animales: Algérie.
- **Ferrah A., (2018).** L'élevage bovin laitier en Algérie : problématique, questions et hypothèses pour la recherche, p1-10.
- **Fguiri I., Ayeb N., Sboui A., Arroum S., Khorchani T., Hammadi M., (2008).** Caractérisations biochimique et microbiologique des fromages: caprin, camelin et bovin, p430.
- **Gaddour A., Najari S., Abdennebi M., Arroum S., Assadi M., (2014) .** Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collectée localement dans les régions arides de la Tunisie, p151-154.
- **Germon ville A., (2003).** Caractérisation des agents coagulants, réf f4700 v1.
- **Hamiroune M., Berber A., Boubekour S., (2014).** Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique, p : 137-144.
- **Hamiroune M., Berber A.,Boubekour S., (2016).** Évaluation de la qualité bactériologique du lait cru bovin à divers stades de la chaîne de production laitière dans fermes en Algérie, p 1-24.
- **Hana. Y .L, Aly.Y.D, Mohamed.S.AKankou, Dick.B.A, Aarab L, (2019),** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chamelle, p 37-42.
- **Hana.Y.L, Dartige A, Kankou.A, Dick.B.A, Lotfi.A, (2020),** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chamelle, n°2, p37-42.
- **j.p.ramet, (2009),** livre le fromage, p 166-172.
- **Jean A, Stéphane F, Yolaine L, Paul P Et Robert S (2002).** Collaboratrice : Huguette Tugeon, Composition, Propriétés Physicochimiques, Valeur Nutritive, Qualité Technologique Et Techniques D'analyse Du Lait.

- **Jeantet.R, Croguennec.T ,Mahaut.M, Schuck.P,B.G,(2008),** Les produits laitiers,01p
- **JORA : n° 65 du 24 octobre (2019).** Arrêté du 11 moharram 1441 correspondant au 11 septembre 2019 rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies à 30°C par la technique d'ensemencement en surface.
- **JORA : n° 75 du 27 décembre (2017).** Arrêté du 21 safar 1439 correspondant au 11 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C.
- **JORA : n°38 du 22 juin (2014).** Décret présidentiel n° 14-184 du 13 chaabane1435 correspondant au 11 juin 2014 portant création d'un chapitre et transfert de crédits au budget de fonctionnement du ministère de la communication.
- **JORA : n°42 du 15 juin (2005).**Arrêté 6 joumada el oula correspondant au 13 juin 2005 fixant les modalités d'application de l'article 42 de la loi n° 99-05 du 18 dhou el hidja 1419 correspondant au 4 avril 1999, modifiée, portant loi d'orientation sur l'enseignement supérieur 1426 .
- **Justine M., Marie-P., Amadou A T., Alain D O., Léopold T,N Et Didier M., (2018).**Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecter à Maroua, Cameroun, p : 235-248.
- **KASSE M., CISSE M., TOURE A., DUCAMP-COLLIN M-N., et GUISSSE A., (2014).**Qualité microbiologique des tranches de mangues (*Mangifera indica* L.) vendues à Dakar (Sénégal), p 1611-1619.
- **Konuspayeva G., Faye B., (2019).** Le fromage de chamelle : une révolution technologique et culturelle, p1-7.
- **Larcuer C., (2005).** Microbiologie alimentaire 5^{ème} édition de C. Et J.N.Joffin, p1-4.
- **LibougaD,G., Dominique V ., Longa D S., illissou C., A .L.Ebangi., Messine O., Beka R., Aboubakar T.M &Guillochon D,G., (2006).** Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *Balanites aegyptiaca*, p229-238.
- **Lucette Met NAVELLIERP., (1960)** .lactodensimètre de précision étude et réalisation (2), p134-152.
- **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., (2010).** Initiation à la technologie fromagère, n 408, p 154-173.

- **Martelli L., Navellier P., (1960).**Lactodensimètre de précision étude et réalisation (2), , p134-152.
- **Miciński J., Ireneusz M., Kowalski, Zwierzchowski.G, Szarek. J, Pierożyński.B, Zabłocka.E, (2013),** Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction,p69-76.
- **Rachedi K., Bekhouche S., Boughachiche F., Zerizer H., (2021).** Contrôle microbiologique de denrées alimentaires servies en restauration collective, p : 1-8.
- **Rachedi K., Bekhouche S., Boughachiche F., Zerizer H., (2021) .**Contrôle microbiologique de denrées alimentaires servies en restauration collective, p21-30.
- **Rhiat M., Labioui H., Driouiche A., Aouane M., Chbab Y., Mennane Z., Ouhssine M., (2011).** Etude bactériologique comparative des fromages frais marocains commercialisés * Mahlabats*et des fromages fabriqués au laboratoire, p108-112.
- **Sboui A., Djegham M., Belhadj O., Khorchani T., (2016).** Le lait de chamelle : qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie, n°115, P487-492.
- **SbouiA., Djegham M., BelhadjO.,etKhorchaniT., (2016),** Le lait de chamelle: qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie, p487-492.
- **SbouiA., KhorchaniT., Djegham M., et Belhadj O.,(2009).**Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du sud tunisien; variation du ph et de l'acidité à différentes températures, Afrique science, p293-304.
- **SeherA., HifsaA., AaliaN., Lubna S., (2013).**Physico-chemical analysis and composition of camel milk, p84-98.
- **Shehadeh K., (2016).**Importance of camel milk for human health, p158-163.
- **Sibouker O., Ouadghiri M., (2009).** Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés «Lben» et «Jben» d'origine marocaine.
- **Siboukeur A., SiboukeurO., (2012).**Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin, vol.4, n°2, p102-107.
- **Siboukeur O., (2011).**Potentiel nutritif du lait collecté localement à partir de chamelle « population sahraoui » : un atout pour la sécurité alimentaire de la population locale, p66-74.
- **Tache KulaJ., DechasaT., (2016).** Chemical composition and medicinal values of camel milk, p13-15.

- **Vignola C., (2002).**Science Et Technologie Du Lait Transformation Du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. Pp 54.
- **Zhiqian L., Cheng L., Jennie P., and SimoneR., (2020),** Comprehensive characterization of bovin milk lipids: triglycerides, p12573-12582.

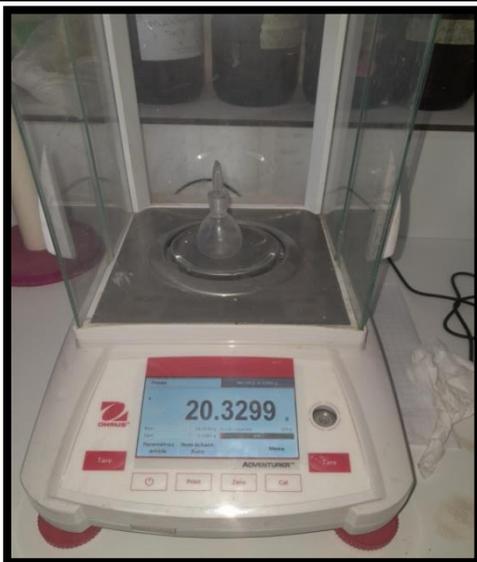


Annexes

Annexe 1: Analyse physico-chimique du lait et de fromage frais



Détermination du pH pour le lait et le fromage frais



Détermination de la densité du lait



Détermination de l'acidité titrable pour le lait et le fromage frais



Détermination de la matière sèche de fromage frais

Annexe: Protocole générale de fabrication de camembert

1. Traitement thermique du lait à 34° :



2. Le caillage ou (coagulation) :

2.1. Caillé lactique :



2.2. Caillé présure :



3. Découpage du caillé :



5. Le Salage :



6. L'affinage :



Annexe 2 : Fabrication du fromage frais

Traitement thermique du lait à 37C° :



On pèse 0,1g de présure pour 1litre de lait :

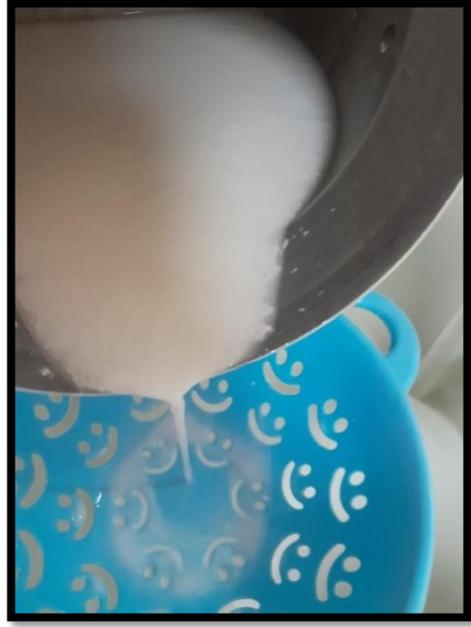




L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage réussi pour le 100% lait de vache et pour le mélange (50% lait de vache et 50% lait de chamelle)



Produit fini fromage frais 100% lait de vache et fromage 50% lait de vache et 50% lait de chamelle



L'expérience de la coagulation et de la fabrication de fromage ne pas réussi pour le 100% lait de chamelle

Annexe: Flores dénombrées et dilutions utilisés dans l'analyse microbiologique pour les deux laits crus de vache et de chamelle et pour les deux échantillons de fromage frais

Flore	Dilution	Milieu de culture	Incubation	Ensemencement
Floremésophileaérobietotale	10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³ , 10 ⁻⁴ , 10 ⁻⁵ , 10 ⁻⁶ (deux boîtes pour chaque dilution)	PCA	30°C	En surface
Staphylococcus aureus	10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³	CHAPMAN (MSA)	37°C	En surface
Coliforme Fécaux	10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³ , 10 ⁻⁴ , 10 ⁻⁵ , 10 ⁻⁶ (Deux boîtes pour chaque dilution)	VRBL	44°C	En surface
Salmonella	10 ⁻¹ , 10 ⁻²	Milieu lactosérum	37°C	En surface

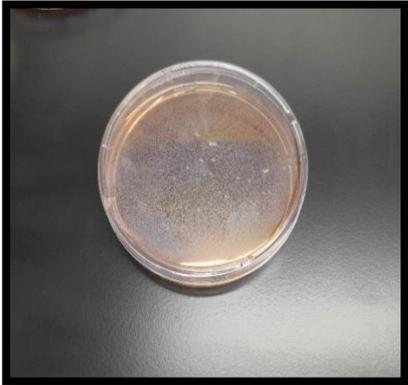
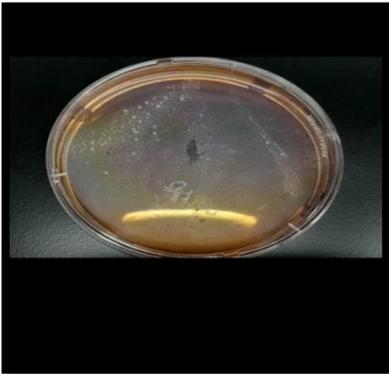
Annexe: Résultat des analyses microbiologiques**Dénombrement de flore totale aérobie mésophile FMAT :**

	
Résultat de recherche de FMAT dans lait de vache sur PCA	Résultat de recherche de FMAT dans lait de chamelle sur PCA

Dénombrement des coliformes fécaux :

	
Résultat de recherche des coliformes dans lait de vache sur VRBL	Résultat de recherche des coliformes dans le lait de chamelle sur VRBL

Recherche des staphylocoques :

	
Résultat de recherche de <i>S. aureus</i> du lait de chamelle sur Chapman	Résultat de recherche de <i>S. Aureus</i> du lait de vache sur Chapman
	
Résultat de recherche de <i>S. aureus</i> de F.M sur Chapman	Résultat de recherche de <i>S. aureus</i> de F. vache sur Chapman

Dénombrement de salmonella :

	
Résultat de recherche de salmonella du lait de vache sur milieu lactosérum	Résultat de recherche de salmonella du lait de chamelle sur milieu lactosérum

	
<p align="center">Résultat de recherche de salmonella du F.M sur milieu lactosérum</p>	<p align="center">Résultat de recherche de salmonella duF.vache sur milieu lactosérum</p>

Annexe:Composition de diluant (g/l)

Eau peptoné :

Peptone1g
 Chlorure de sodium 8,5 g
 Eau distillée1L

Annexe:Composition des solutions de titrage

Solution de NaOH 0,1N :

Eau distillée1L
 NaOH..... 40 g

Annexe: Composition des milieux de cultures (g/l)**Milieu PCA (Gélose nutritive standard Plat Count Agar)**

Peptone de caséine.....	5 g
Extrait de levure.....	2,5 g
Glucose.....	1g
Agar.....	15g
Eau distillée.....	1 L

PH=6,9 ; Autoclavage : 121°C pendant 15min

Milieu VRBL (Violet Red Bile Lactose)

Peptone.....	7g
Extrait de levure.....	3g
Chlorure de sodium.....	5g
Sels biliaires.....	1,5g
Lactose.....	10g
Rouge neutre.....	30mg
Cristal violet Agar.....	2g
Agar.....	12g
Eau distillée.....	1L

pH=7,4 ± 0,2 ; Autoclavage : 121°C pendant 15min

Milieu CHAPMAN (MANNITOL SALT AGAR)

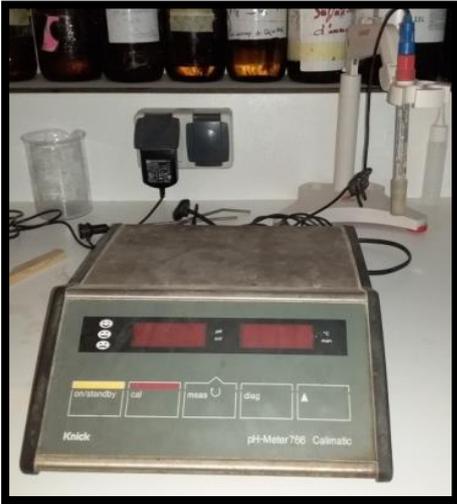
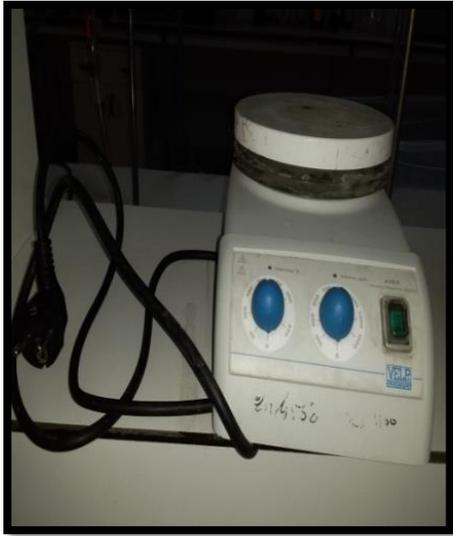
Peptone.....	10g
Extrait de viande de bœuf.....	1g
Chlorure de sodium.....	75g
Mannitol.....	10g

Rouge de phénol.....0,025g

Agar.....15g

Ph final=7,4 ± 0,2 ; Autoclavage : 121°C pendant 15min

Annexe:Quelques appareillages du laboratoire utilisés

	
<p>Thermomètre</p>	<p>Ph mètre</p>
	
<p>Balance électronique</p>	<p>Agitateur magnétique chauffant</p>

Résumé

Selon les résultats de cette étude, la fabrication de fromage à partir d'un mélange de lait de chamelle et de lait de vache peut être une solution pour améliorer la coagulation du lait de chamelle et mettre en valeur ses bienfaits méconnus. Cependant, les analyses physico-chimiques ont montré des différences entre le lait de chamelle et le lait de vache en termes de pH, d'acidité titrable et de densité. Le lait de chamelle présente un pH de 6,06, une acidité titrable de 16 D° et une densité de 1,031, tandis que le lait de vache présente un pH de 6,58, une acidité titrable de 17 D° et une densité de 1,029, En ce qui concerne les analyses microbiologiques, il a été constaté que le lait cru de chamelle, le lait cru de vache et les deux types de fromage présentaient une qualité microbiologique non acceptable et non satisfaisante. Des charges microbiennes élevées ont été observées, notamment pour les coliformes fécaux et Staphylococcus aureus. Il convient de noter que la présence de ces germes fécaux et pathogènes peut résulter d'un manque de respect des règles d'hygiène au niveau des exploitations agricoles, telles que des mamelles sales et mal nettoyées, une mauvaise alimentation des animaux, des trayeuses polluées, etc. Les conditions de laboratoire peuvent également jouer un rôle dans la contamination des échantillons.

Summary

Our study focuses on the production of cheese using a mixture of camel milk and cow's milk, which is not commonly done in traditional Algerian dairy practices due to the difficulty in curdling camel milk. The aim of the study is to explore the curdling process for camel milk. In the study, you assessed the physicochemical and microbiological quality of raw milks and fresh cheeses available in traditional dairies in the market. The results of the physical and chemical analyses showed differences between camel milk and cow's milk in terms of pH, titrated acidity, and density. Camel milk had a pH of 6.06, titrated acidity of 16 D°, and density of 1.031, while cow's milk had a pH of 6.58, titrated acidity of 17 D°, and density of 1.029. For the cheeses, those made from cow's milk had a pH of 4.49 and titrated acidity of 7 D°, while those made from a mixture of cow's milk and camel's milk had a pH of 4.95 and titrated acidity of 7 D°. Microbiological analyses revealed unsatisfactory quality for raw camel milk, raw cow's milk, and both types of cheese. The microbial load of FMAT (fecal microorganisms) was found to be 2.7×10^{-6} UFC/ml for raw camel milk and 1.5×10^{-6} UFC/ml for raw cow's milk. There was a total absence of Salmonella in both types of raw milk and cheese. The microbial load of fecal coliforms was estimated at 3.9×10^{-6} UFC/ml for raw camel milk and 2.9×10^{-6} UFC/ml for raw cow's milk. The presence of Staphylococcus aureus was observed in high quantities, with 1236 UFC/ml for raw camel milk, 590 UFC/ml for raw cow's milk, 63 UFC/ml for cheese made from a mixture of cow's milk and camel's milk, and 227 UFC/ml for cheese made from cow's milk.

ملخص

الدراسة تهدف إلى تحضير الجبن باستخدام خليط من حليب الإبل وحليب البقر، وذلك لأول مرة في الجزائر، حيث نادرًا ما يتم استخدام حليب الإبل في صناعة الجبن بسبب صعوبة تخثره. الهدف الرئيسي من الدراسة هو إيجاد حلول لتخثر حليب الإبل وتحسين جودة الجبن المنتجة منه. ولقد قمنا في الدراسة بتقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للحليب الخام والجبن الطازج المتوفر في الملبينات التقليدية في السوق. أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية اختلافات بين حليب الإبل وحليب البقر فيما يتعلق بالقيم الحمضية (pH) والحموضة المعيارية والكثافة. فقد كان لحليب الإبل قيمته 6.06 والحموضة المعيارية 16 D° والكثافة 1.031، بينما كانت لحليب البقر قيمته 6.58 والحموضة المعيارية 17 D° والكثافة 1.029. أما بالنسبة للأجبان، فقد بلغت قيمة pH للجبن المصنوع من حليب الإبل 4.49 والحموضة المعيارية 7 D°، في حين بلغت قيمة pH للجبن المصنوع من خليط من حليب البقر وحليب الإبل 4.95 والحموضة المعيارية 7 D°، وكشفت التحاليل الميكروبيولوجية عن جودة غير مقبولة للحليب الخام وكلا أنواع الجبن. فقد بلغ الحمل الميكروبي للميكروبات البرازية (FMAT) قيمة 2.7×10^{-6} UFC/ml لحليب الإبل الخام و 1.5×10^{-6} UFC/ml لحليب البقر الخام. لم يتم العثور على أي سالمونيلا في الحليب الخام وكلا أنواع الجبن. وبلغ الحمل الميكروبي للكوليفورم البرازية قيمة 3.9×10^{-6} UFC/ml لحليب الإبل الخام و 2.9×10^{-6} UFC/ml لحليب البقر الخام. وتم رصد وجود جراثيم العنقودية

الذهبية بكميات عالية، حيث بلغت UFC/ml 1236 لحليب الإبل الخام وUFC/ml 590 لحليب البقر الخام وUFC/ml 63 للجبن المصنوع من خليط من حليب البقر وحليب الإبل، وUFC/ml 227 للجبن المصنوع من حليب البقر.