Université Ahmed Zabana- Relizane
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nutrition

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER
Spécialité Agro-alimentaire et Contrôle de qualité

Intitulé

Recherche et dénombrement de *Staphylococcus spp.* dans le lait cru

Présenté par :

Dris Fatima Zohra & Cherchaf Nawel

Devant les membres de jury :

Président : Mr. Gacemi Bouabdellah Maître assistant (A) (U. Relizane)

Encadrant : Mr. Meskini Zakaria Maître de conférences (B) (U. Relizane)

Examinateur : Mr. Benaissa Kaddar Youcef Maître assistant (B) (U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

Mes remerciements vont tout premièrement à DIEU le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience pour terminer mon travail.

Je souhaite tout d'abord remercier mon encadreur Monsieur le Professeur MESKINI Zakaria pour avoir accepté de diriger ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier

Dr. GACEMI Bouabdellah, Professeur à l'université de RELIZANE pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury de mémoire de Master.

Dr. BENAISSA KEDDAR Youcef, Professeur à l'université de RELIZANE pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Enfin je remercie aussi toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la rédaction de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes

DEDICACE

Je dédie ce travail

À la personne la plus précieuse que j'ai dans ce monde, à la source de mon soutien et de ma confiance en soi, ma chère mère,

Et à celui qui lutte pour nous enseigner, mon cher père.

Je n'ai pas de mots suffisants pour vous remercier pour tout ce que vous avez fait et sacrifié pour moi, à sa juste valeur. Tous mes remerciements et ma gratitude à vous, chers parents.

À mes sœurs et mon unique frère.

À mes nièces, Malak, Mohamed Abdul Salam, Ayoub, Daoud, Yunus.

À ma chère grand-mère Hania.

Et à toute ma famille.

FATIMA ZOHRA

Dieu merci

Je dédie se travail

A mes parents, Tout ce que j'ai accompli dans ma vie, c'est grâce à vous, à votre soutien, votre amour et vos sacrifices. Maman, Papa merci d'être la lumière dans ma vie, les étoiles de mon ciel je vous aime infiniment

A mon cher et unique frère ABDERAHMANNE pour sa disponibilité, sa force et ses encouragements

A mes belles sœurs pour tout ce qu'elles m'ont offert, pour m'avoir aidée dans la vie et soutenue à travers les difficultés .votre présence est une bénédiction

A mes chers petits : Abdelilah, Ritej, Amira, Mohamed, Meriem, Rahaf et Akram Vous étés la lumière qui illumine nos journées, je prie dieu de vous protège vous étés la joie de la famille.

NAWEL

Résume

Cette étude a pour objectifs d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique du lait cru de vache à partir de 15 échantillons, en comparant leur conformité aux normes Algériennes. Des techniques microbiologiques standard ont été utilisées pour la recherche de la flore mésophile totale, ainsi que des Staphylocoques. Concernant la qualité physico-chimique, elle a été effectuée à l'aide d'un Lactoscan. Du point de vue microbiologique, la flore totale aérobie mésophile atteint une moyenne de $4{,}85\times10^{7}$ UFC/mL, dépassant largement la limite maximale autorisée. Certains échantillons présentent une charge microbienne bien en dessus à la norme, ce qui traduit une hygiène de traite insuffisante. Par ailleurs, les Staphylocoques ont été détecté à des niveaux préoccupants dans plusieurs échantillons, avec une moyenne de $3{,}44\times10^{6}$ UFC/mL, bien au-delà de la norme Algérienne de 10^{3} UFC/mL. Les analyses physico-chimiques révèlent une grande variabilité des taux de matière grasse avec une moyenne de 3,44 %, un taux de protéines de 2,96 % et un taux de lactose de 4,47 %. Certains échantillons présentent des teneurs anormalement élevées en matière grasse jusqu'à 16,07 %. D'autres montrent des taux importants d'eau ajoutée jusqu'à 27,69 %, indiquant une dilution frauduleuse. La densité moyenne était inférieure aux normes, renforçant cette hypothèse. En revanche, le pH moyen est de 6,6 indiquant un taux normal, signe d'un lait relativement frais. La qualité du lait cru analysé s'est révélée non conforme dans plusieurs cas, tant sur le plan hygiénique que physico-chimique. Des mesures correctives s'imposent pour garantir la sécurité sanitaire du lait destiné à la consommation.

Mots clés : Analyse physico-chimique, Hygiène, Lait cru, Microbiologie, Qualité.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الفيزيائية-الكيميائية والميكروبيولوجية للحليب الخام من الأبقار، اعتمادًا على 15 عينة، وذلك من خلال التحقق من مدى مطابقتها لمعايير الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية من وجهة نظر ميكروبيولوجية، بلغ متوسط النباتات الهوائية المتوسطة (TAMF) في المتوسط 4.85×10^7 وحدة حلبة هوائية/ملتر، وهو أعلى بكثير من الحد الأقصى المسموح به. أظهرت بعض العينات حمولة ميكروبية أعلى بكثير من المعيار، مما يشير إلى سوء نظافة الحلب. بالإضافة إلى ذلك، تم الكشف عن المكورات العنقودية بمستويات مثيرة للقلق في العديد من العينات، بمتوسط 3.44×10^6 وحدة من البكتيريا العنقودية/ملتر، وهو أعلى بكثير من معيار**JORA** (10^3 CFU/mL) كشفت التحاليل الفيزيائية-الكيميائية عن تفاوت كبير في نسب الدهن (المتوسط: 3.44%)، والبروتينات (2.96%)، واللاكتوز (4.47%). وقد أظهرت بعض العينات نسبًا مرتفعة بشكل غير طبيعي من الدهن (بلغت 16.07%)، مما يشير إلى احتمال إضافة القشدة، في حين احتوت عينات أخرى على نسب كبيرة من الماء المضاف (وصلت إلى 27.69%)، ما يدل على عملية غش عن طريق التخفيف. كما كانت الكثافة المتوسطة أقل من القيم المعيارية، مما يدعم هذه الفرضية. بالمقابل، كان متوسط درجة الحموضة 6.6 (pH) ، وهي قيمة ضمن النطاق الطبيعي، مما يدل على أن الحليب طازج نسبيًا. خلصت الدراسة إلى أن جودة الحليب الخام المُحلّل لم تكن مطابقة في عدة حالات من الناحيتين الصحية والكيميائية، مما يستدعي اتخاذ تدابير تصحيحية لضمان سلامة الحليب الموجه للاستهلاك.

الكلمات المفتاحية : الحليب الخام، الجودة، التحليل الفيزيائي-الكيميائي، النظافة، الميكروبيولوجيا

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the physicochemical and microbiological quality of raw cow's milk using 15 samples, by assessing their compliance with Algerian standards (JORA). Microbiologically, total aerobic mesophilic flora (TAMF) averaged 4.85×10^{7} CFU/mL, well above the maximum permitted limit. Some samples showed a microbial load well above the norm, reflecting poor milking hygiene. Furthermore, Staphylococcus were detected at worrying levels in several samples, with an average of 3.44×10^{6} CFU/mL, well above the JORA standard (10^{3} CFU/mL). Physicochemical analyses reveal considerable variability in fat content on average 3.44%, the protein was on average 2.96%, and lactose was 4.47% on average. Some samples show abnormally high fat levels (up to 16.07%), suggesting the possible addition. Others contain high levels of added water (up to 27.69%), indicating fraudulent dilution. The average density was below standard levels, further supporting this hypothesis. In contrast, the average pH (6.6) was within the normal range, indicating relatively fresh milk. The quality of the raw milk analyzed was found to be non-compliant in several cases, both in terms of hygiene and physicochemical parameters. Corrective measures are necessary to ensure the sanitary safety of milk intended for consumption.

Keywords: Hygiene, Microbiology, Physicochemical analysis, Quality, Raw milk.

Table des matières

REMERCIEMENT ii
DEDICACE iii
Résume v
ملخص vi
Abstract vii
Table des matières viii
Liste des tableaux xii
Liste des figures xiii
Liste des Abréviations xiv
Introduction 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE
CHAPITRE I. GENERALITE SUR LE LAIT CRU

1 Définition du lait cru 3
2 Composition du lait 4
2.1 Eau 4
2.2 Matière grasse 4
2.3 Protéines 5
2.4 Enzymes 6
2.5 Glucides 6
2.6 Les minéraux 7
2.7 Les vitamines 7
3 Facteurs influençant la qualité et la quantité du lait 8
3.1 Facteurs extrinsèques 8
3.1.1 Alimentation 8
3.1.2 Fréquence et effets de la traite 9
3.1.3 Effet de la saison et climat 9
3.1.4 Etat sanitaire 11
3.2 Facteurs intrinsèques 11
3.2.1 Facteurs liés aux animaux 11
3.2.2 Stade de lactation 12
3.2.3 Age de lactation 12
4 Importance de la qualité physicochimique et microbiologique du lait dans l'industrie laitière 12
4.1 Caractéristiques physico-chimiques 12
4.1.1 Acidité du lait 12
4.1.2 Mesure de pH 13

4.1.3 Densité 13
4.1.4 Point de congélation 13
4.1.5 Caractéristiques organoleptiques du lait 13
4.1.5.1 Couleur 13
4.1.5.2 Odeur 14
4.1.5.3 Saveur 14
4.1.5.4 Viscosité 14
4.2 Effet de la qualité du lait cru sur les produits laitiers 14
CHAPITRE II. GENERALITE SUR LES STAPHYLOCOQUES
1 Historique 16
2 Définition 16
3 Caractères microbiologique et classification des staphylocoques 17
3.1 Caractères morphologiques 17
3.2 Classification des staphylocoques 17
4 Pathogénicité des staphylocoques et risques pour la santé 18
4.1 Facteurs de virulence 18
4.2 Mécanisme de pathogénicité 19
5 Présence et rôle des staphylocoques dans le lait cru 20
5.1 Prévalence et importance de *S. aureus* dans le secteur laitier 20
CHAPITRE III. FACTEURS INFLUENÇANT LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE
1 Composition microbiologique naturelle du lait cru 22
1.1 Flore indigène ou originelle 22
1.2 Flore de contamination 22
1.3 Flore d'altération 23
1.4 Flore pathogène 23
1.5 Micro-organismes bénéfiques 23
1.5.1 Les bactéries lactiques 23
1.6 Micro-organismes pathogènes 24
1.6.1 Staphylococcus aureus 24
1.6.2 Sources de contamination du lait cru par *Staphylococcus aureus* 25
1.6.2.1 Sources primaires animales 25
1.6.2.1.1 Mammite 25
1.6.2.1.2 Portage cutané 26
1.6.2.2 Sources primaires humaines 26
1.6.2.3 Sources secondaires 27
1.6.2.3.1 Matériel de traite 27
1.6.3 Conditions favorisant la prolifération 27

1.7 Traite et qualité microbiologique du lait 28
1.7.1 Flore mésophile aérobie totale (FMAT) 28
1.7.2 Hygiène du trayeur 29
1.7.3 Le stockage de lait 29
1.7.4 La collecte du lait 29
1.7.5 Impact des pratiques hygiéniques sur la réduction des risques 29
1.7.5.1 Hygiène du personnel 29
1.7.5.2 Hygiène des locaux et du matériel 30
1.7.5.3 Respect de la chaîne du froid 31

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I. MATERIEL ET METHODES

1 Objectifs 32
2 Présentation de la zone d'étude 32
3 Echantillonnage 32
4 Dilution des échantillons 33
4.1 Préparation de l'eau peptonée 33
4.1.1 Procédure de préparation 33
4.1.2 Dilution 34
5 Flore Aérobie Mésophile Totale 35
5.1 Milieu Plate Count Agar 35
5.1.1 Procédure de préparation 35
5.1.2 Ensemencement 36
6 Recherche et dénombrement de Staphylocoque 36
6.1 Milieu Mannitol Salt Agar 36
6.1.1 Procédure de préparation 36
6.1.2 Ensemencement 37
7 Lecture des résultats 38
8 Analyse physicochimique du lait 38
8.1 Mesure du pH 40

Chapitre II. Résultats et Discussion

1 Résultats des analyses microbiologiques 41
1.1 Flore aérobie mésophile totale (FMAT) 41
1.2 Staphylocoques 43
2 Résultats de l'analyse physico-chimique du lait 44
2.1 Matières grasses 45
2.2 Extrait Sec Dégraissé 45
2.3 Densité 46

2.4 Protéine 46
2.5 Lactose 47
2.6 L'eau ajoutée 47
2.7 Point de congélation 48
2.8 Matière minérale 48
2.9 Potentiel hydrogène pH 48
Conclusion 49
Références 50
Annexe 60

Liste des tableaux

Tableau 1. protéines de lait (fayolle, 2015).....5

Tableau 2 : Caractéristique des principaux enzymes du lait (Amiot et al ., 2002).....6

Tableau 4 : les valeurs et les abréviations utilisées dans le manuel du Lactoscan. 39

Tableau 5 : Analyses microbiologiques du lait 41

Tableau 6 : Analyses physico-chimiques du lait cru. 44

Liste des figures

Figure 1 : Anatomie de la glande mammaire de vache (CHARTON, 2017) 3

Figure 2 : Représentation des différentes couches de triglycérides (Chilliard, 1996). 5

Figure 3 : Structure chimique d'une molécule de lactose (Fernane, 2017). 7

Figure 4 : Aspect de staphylocoques en microscopie électronique ($Gx10^3$) (Guillemot *et al*, 2015) 17

Figure 5 : Echantillons de lait cru. 33

Figure 6 : préparation de l'eau peptonée 34

Figure 7 : Préparation du milieu de culture PCA. 35

Figure 8 : Suspension de gélose MSA sur agitateur magnétique chauffant. 37

Figure 9 : Lactoscan ULTRASONIC MILKANALYSER. 39

Figure 10 : Mesure du pH 40

Liste des Abréviations

°C : Degré Celsius.

µm : micromètre.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

D°: Degré Dornic.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

FTAM : Flore Aérobie Mésophile Totale.

g : Grammes.

g/l : Gramme par litre.

ISO : International Standard Organisation.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

kg : kilogramme.

mg/L : milligramme par litre.

ml: Millilitres.

mm: Millimètres.

MSA: Mannitol Salt Agar.

PCA: Plate Count Agar.

pH : potentiel Hydrogène.

S. aureus : *Staphylococcus aureus*.

UFC : Unité Formant Colonie.

m^3 : mètre cube.

Introduction

Introduction

Le lait de vache constitue l'une des principales sources de nutriments essentiels pour l'être humain. Il est consommé dans le monde entier sous diverses formes, notamment le lait cru, les produits laitiers fermentés et les produits transformés. Apprécié non seulement pour ses qualités nutritionnelles, le lait l'est aussi pour sa saveur et sa polyvalence en cuisine. Il entre dans la composition de nombreux produits alimentaires tels que le fromage, le beurre, le yaourt ou la crème, et est couramment utilisé dans les boissons chaudes comme le café ou le thé, ainsi que dans diverses préparations culinaires **(Bachtarzi *et al*., 2015)**.

En raison de sa richesse en éléments nutritifs, le lait constitue également un milieu favorable à la croissance des microorganismes, ce qui peut poser des risques pour la sécurité alimentaire. En effet, aucun aliment n'est totalement exempt de dangers microbiens. Aujourd'hui, la contamination des aliments par divers agents pathogènes tels que les bactéries; moisissures; virus, représente un véritable enjeu de santé publique. Parmi ces risques, les intoxications alimentaires figurent parmi les principales causes de maladies d'origine alimentaire.

Dans ce contexte, la qualité microbiologique du lait revêt une importance capitale. Parmi les agents pathogènes pouvant contaminer le lait, *Staphylococcus aureus* occupe une place notable. Ce microorganisme est non seulement la troisième cause la plus fréquente d'infections d'origine alimentaire, mais il est également l'un des principaux agents responsables des mammite chez les bovins laitiers **(Coulibaly *et al*., 2018)**.

Les staphylocoques sont des pathogènes opportuniste capables d'infecter à la fois les humains et les animaux, provoquant des affections variées allant des infections cutanées bénignes à des maladies graves telles que la pneumonie ou la septicémie. Sa virulence repose notamment sur la production de nombreuses enzymes et toxines qui endommagent les tissus de l'hôte. Un autre facteur préoccupant est sa résistance croissante aux antibiotiques. En effet, les staphylocoques ont développé divers mécanismes de résistance, rendant les traitements classiques de moins en moins efficaces, en particulier dans le cas des souches multi-résistantes. Cette combinaison de virulence et de résistance antimicrobienne fait des Staphylocoques une menace majeure pour la santé publique. Il devient dès lors essentiel de mieux comprendre la présence des staphylocoques, leur

comportement et leurs caractéristiques, notamment dans les denrées alimentaires **(Thammavongsa *et al.*, 2015)**.

En Algérie, les staphylocoques sont fréquemment isolés en particulier dans les cas de mammites bovines et dans le lait cru destiner à la consommation humaine. C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, qui vise à évaluer la prévalence des Staphylocoques et la qualité physico-chimique du lait cru de vache collecté au niveau des élevages de la wilaya de Relizane.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Généralité sur le lait cru

1 Définition du lait cru

Le lait est un aliment blanchâtre généralement produit par les cellules excrétrices mammaires (Figure 1) des femelles dans un processus appelé lactation ; c'est l'une des caractéristiques distinctives des mammifères. Le lait produit par les glandes est contenu dans la citerne mammaire **(Kebchaoui, 2012)**.

Le lait est le produit le plus proche du concept « aliment complet » au sens physiologique du terme car il renferme la quasi-totalité des nutriments indispensables à l'homme **(Rahim et Bennecib, 2021)**.

D'un point de vue agro-alimentaire, le lait est défini comme devant être le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ; il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum **(Perreau, 2014)**.

Il est le premier aliment pour les mammifères et, en tant que tel, fournit toute l'énergie et les nutriments nécessaires pour assurer une croissance et un développement adéquats pendant la période postnatale. Les aliments laitiers sont généralement considérés comme des aliments équilibrés et nutritifs, souvent inclus comme éléments importants d'une alimentation saine **(Pereira, 2014)**.

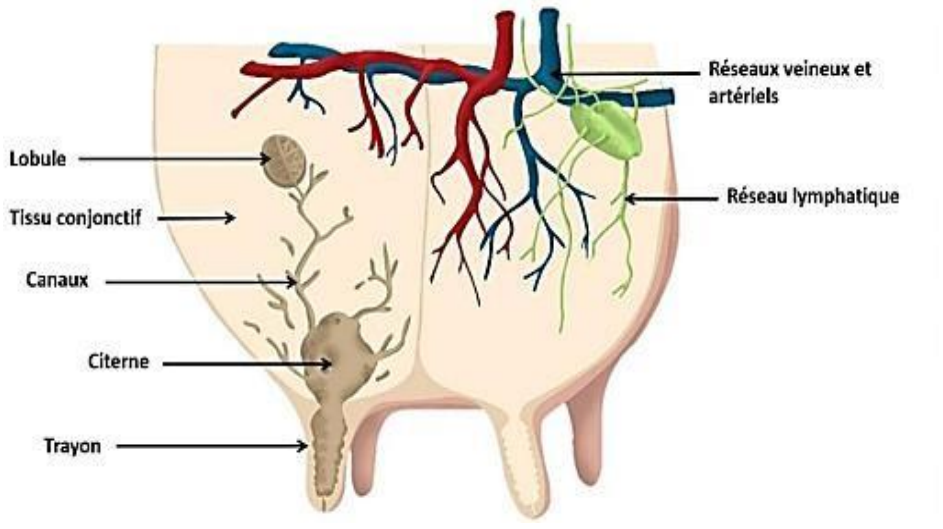

Figure 1 : Anatomie de la glande mammaire de vache **(CHARTON, 2017)**.

2 Composition du lait

Le lait de vache est un lait riche et nutritif. Il contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et B5 **(FAO ; 2017)**, ces dernières varient en fonction d'une multiplicité de facteurs tels que la race ; la période de lactation ; l'alimentation et l'état de santé de l'animal **(Benhedane, 2012)**.

2.1 Eau

L'eau représente l'élément principal du lait, avec une proportion de 90 %. Les autres composants forment la matière sèche **(Ennuyer et Laumonnier, 2013 ; Perreau, 2014)**. Selon **Rouabhia et Messaoudi (2017)**, l'eau se présente sous deux formes distinctes. L'eau libre, qui représente 96 % de la teneur en eau, agit comme solvant pour les éléments hydrophiles tels que les glucides, minéraux, protéines solubles et certaines vitamines, grâce à sa polarité induite par ses dipôles de doublets d'électrons libres. L'autre forme est l'eau liée, qui constitue 4 % et est intégrée dans la structure des micelles de caséine.

2.2 Matière grasse

La matière grasse du lait est l'une des plus complexes parmi toutes les graisses naturelles. Elle se présente sous forme de globules gras dans le lait, et sa quantité ainsi que sa composition en acides gras dépendent de plusieurs facteurs, notamment l'espèce animale et le stade de lactation. Les acides gras peuvent provenir de l'alimentation de l'animal ou de l'activité microbienne dans le rumen. Le lait de vache contient en moyenne près de 39 g de lipides par litre, avec environ 70 % de la fraction lipidique composée d'acides gras saturés et 30 % d'acides gras insaturés **(Pereira, 2014)**.

Dans le lait de vache, on en compte entre 1,5 et 4 milliards/ml des globules gras. Leur taille varie de 0,1 à 20 µm. Mais près de 80 % d'entre eux, représentant 57 % de la matière grasse, ont des dimensions comprises entre 1 et 5 µm. Leur diamètre moyen se situe entre 2,5 et 4,5 µm (Figure 2). Il diminue tandis que le nombre de globules gras augmente avec l'avancement de la lactation. D'autres facteurs interviennent sur la taille moyenne des globules gras, notamment la race et l'animal **(Jean-Luc, 2017)**.

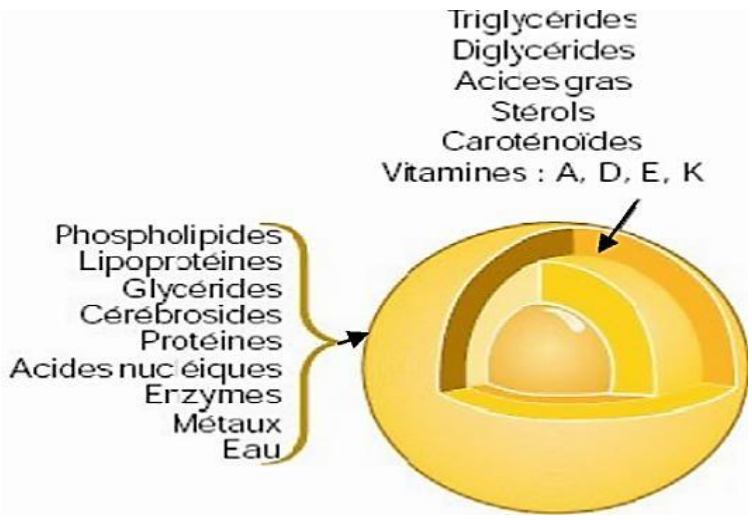

Figure 2 : Représentation des différentes couches de triglycérides **(Chilliard, 1996)**.

2.3 Protéines

Les protéines jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des organismes vivants et représentent une part importante du lait et des produits laitiers, environ 3 à 4 %. Elles se divisent en deux grandes catégories : les protéines solubles, telles que la β-lactoglobuline et l'α-lactalbumine, et les protéines sous forme de suspension colloïdale, c'est le cas des caséines **(Léonil *et al*., 2013)**.

Les caséines forment près de 80% soit 25-28 g/L de toutes les protéines présentes dans le lait des ruminants (Tableau 1). Ce sont des phosphoprotéines qui se regroupement sous formes sphériques appelée "micelle" **(Léonil, *et al*., 2013)**.

Tableau 1. protéines de lait (fayolle, 2015).

	Protéines	**Concentration g/l**
Caséines insolubles 80٪ protéines totales	Caséines αs1	10
	Caséines β	9,3
	Caséines κ	3,3
	Caséines αs2	2,6
	Caséines γ	0,8
Protéines solubles du lactosérum 20٪ des protéines totales	β-lactoglobuline	2 à 4
	α-lactalbumine	1,0 à 1,5
	Immunoglobuline	0,4 à 1
	Sérum-albumine bovine	0,4
	Lactoferrine	0,2

2.4 Enzymes

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques dérivés du lait, de micro-organismes ou de champignons dotés de propriétés (Tableau 2) utilisées dans la technologie laitière et dans le contrôle du lait et des produits laitiers. Les principales enzymes sont **(Wendmisida, 2013)** :

- Les hydrolases : lipases, phosphatases alcalines (PAL), protéases ;
- Les oxydoréductases : xantine oxydase, lactopéroxydase.

Tableau 2 : Caractéristique des principaux enzymes du lait (Amiot et al ., 2002).

Groupe d'enzymes	Classes d'enzymes	Activité maximale		Substrat
		pH	Température (°C)	
Hydrolases	Estérase			
	-Lipases	8.5	37	Triglycérides Esters
	-Phosphatase alcaline	9.5-10	37	Phosphoriques
	-Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters Phosphoriques
	Protéases			-Parois cellulaires
	-Lysozymes	7.5	37	microbiennes
	-Plasmine	8	37	-Caséine
Déshydrogénases ou oxydases	-Sulphydryle oxydase		37	-Protéines, peptides
	-Xantine oxydase		37	-Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase		20	-Composés réducteurs
	Catalase		20	+H2O2 -H2O2

2.5 Glucides

Le lait est principalement composé de lactose (Figure 3) qui est un disaccharide constitué d'une unité galactose et d'une unité glucose. La synthèse du lactose s'effectue dans les cellules lactogènes à partir du glucose sanguin en présence de galactosyl-transférase et d'α-lactalbumine **(Fernane, 2017)**.

Il est le sucre spécifique du lait et l'un des constituants les plus stables et ne subit que de faible variation, comparativement aux autres constituants majeurs **(Maamouri *et al*., 2008)**.

Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers **(Benhedane, 2012)** :

- Fermentation alcoolique.
- Fermentation butyrique.
- Fermentation proprionique.
- Fermentation lactique.

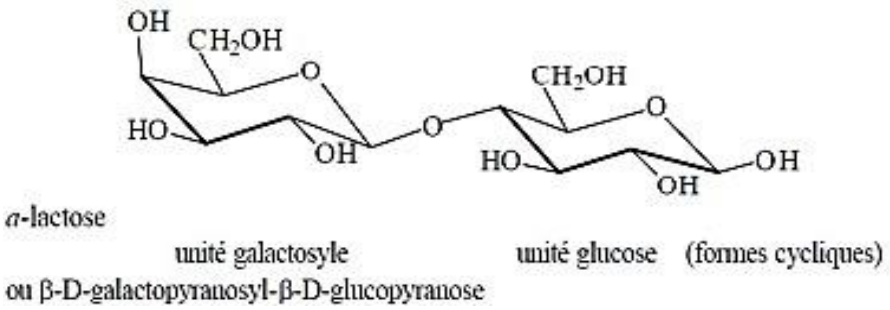

Figure 3 : Structure chimique d'une molécule de lactose (Fernane, 2017).

2.6 Les minéraux

Le lait est une source riche en divers minéraux (Tableau 3) tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le chlore, le magnésium, le zinc, le fer, le sélénium. Le calcium étant le plus abondant. Dans le lait de vache, environ deux tiers des minéraux sont présents sous forme colloïdale, ce qui a un faible impact sur la pression osmotique **(Lafitedupont, 2011)**.

2.7 Les vitamines

Le lait renferme à la fois des vitamines liposolubles et des vitamines hydrosolubles (Tableau 3). Les premières comprennent les vitamines A, D, E et K, qui sont soit associées à la matière grasse du lait, soit concentrées au centre du globule gras, tandis que d'autres se trouvent à sa périphérie. Quant aux vitamines hydrosolubles, elles incluent les vitamines du groupe B ainsi que la vitamine C, qui se trouvent dans la phase aqueuse du lait **(Perreau, 2014)**. La teneur du lait en vitamine C est relativement faible. Les teneurs en vitamines dépendent beaucoup de l'alimentation. Les vitamines du groupe B synthétisées par les bactéries du rumen sont stables par rapport à d'autres vitamines **(Fayolle, 2015)**.

Tableau 3 : Teneurs en minéraux et en vitamines du lait bovin d'après (Ennuyer et Laumonnier, 2013).

Vitamines	Teneur (pour 100g de lait)
Acide pantothénique(B5)	0,373 mg
Riboflavine (B2)	0,169 mg
Niacine (B3)	0,089 mg
Thiamine (B1)	0,046 mg
Vitamine B6	0,036 mg
Folate (B9)	5 µg
Vitamine B12	0,45 µg
Vitamine A totale	0,046 mg
β-carotène	7 µg
Phylloquinone K1	0,3 µg
Vitamine D	2 UI
Alpha-tocophérol (E)	0,07 mg
Minéraux	
Calcium	1,15-1,25 g/kg
Phosphore	0,75-1,08 g/kg
Potassium	1,15-1,50 g/kg
Magnésium	0,08-0,12 g/kg
Chlorure	1,06-1,15 g/kg
Soufre	300 mg/kg
Fer	0,3 mg/kg
Zinc	3,6 mg/kg
Sélénium	36 µg/kg
Sodium	420-460 mg/kg
Calcium	1,15-1,25 g/kg
Phosphore	0,75-1,08 g/kg

3 Facteurs influençant la qualité et la quantité du lait

La production laitière est soumise à de nombreuses variations, similaires à celles observées chez d'autres espèces animales **(Medjour, 2014)**. Elle est influencée par des facteurs intrinsèques, tels que l'espèce, la race, l'âge de l'animal et le stade de lactation, ainsi que par des facteurs extrinsèques, notamment la saison et l'alimentation. Ces facteurs peuvent entraîner des variations quantitatives, volume de lait produit, ou qualitatives, composition du lait **(Guigma, 2013)**.

3.1 Facteurs extrinsèques

3.1.1 Alimentation

L'alimentation représente, dans la majorité des cas, le principal facteur influençant la variation quantitative de la production laitière. Elle permet de satisfaire les besoins d'entretien et de production de l'animal. Une ration mal adaptée, notamment en énergie et en azote, entraîne une diminution rapide de la lactation. Pour y remédier, les éleveurs

doivent planifier les mises bas en fonction du calendrier fourrager, constituer des réserves de fourrage, et prévoir des compléments alimentaires si nécessaire **(Guigma, 2013)**.

3.1.2 Fréquence et effets de la traite

De manière générale, une augmentation de la fréquence de traite entraîne une hausse de la production laitière. Passer de deux à trois traites par jour permet notamment d'accroître le volume de lait produit quotidiennement. La quantité et la qualité du lait varient également selon le rang de la lactation **(Medjour, 2014)**. Il est essentiel que la traite respecte la physiologie naturelle de l'éjection du lait, un processus régi par un réflexe neuro-hormonal. Des facteurs tels que le stress, la douleur ou des émotions négatives peuvent inhiber ce réflexe et réduire significativement la production.

Pour optimiser la traite, il est essentiel de respecter certaines règles fondamentales. Il convient tout d'abord de réaliser la traite dans un environnement calme, afin de réduire le stress de l'animal. Ensuite, la préparation de la mamelle doit être soignée pour assurer une hygiène irréprochable et favoriser un bon écoulement du lait. Enfin, il est important de procéder rapidement à la traite afin de limiter le temps de manipulation et de préserver la qualité du lait. Le nombre de traites quotidiennes a ainsi une influence directe sur la quantité de lait produite **(Guigma, 2013)**.

3.1.3 Effet de la saison et climat

Depuis plusieurs décennies, des défis persistants pour le système alimentaire, tels que l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de la température, la diminution des précipitations, la perte d'écosystèmes naturels et la diminution de la biodiversité en raison de l'augmentation de la consommation de terres et d'eau douce pour nourrir une population croissante, conduisent à la prise de conscience que les habitudes actuelles de production et de consommation alimentaires ne sont pas durables **(Steenson et Buttriss, 2020)**. Des engagements mondiaux (COP 21 : Accord de Paris de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques) et régionaux visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), à améliorer la qualité de l'eau et la biodiversité, à lutter contre la résistance aux antibiotiques et à améliorer les régimes alimentaires et la santé. Le secteur agricole est confronté à un défi énorme pour devenir une partie importante de la solution **(Henchion *et al.*, 2021)**.

En Algérie, le secteur agricole a contribué à 12,3 millions de tonnes d'équivalent CO2 (MtCO2e) d'émissions de GES en 2012, sans tenir compte du changement d'affectation des terres et de la foresterie. Cette valeur représente 5,63 % des émissions totales (219 MtCO2e) **(Climate Watch, 2021)**. Les émissions du secteur de l'élevage représentent plus de 83 % des émissions agricoles totales, la fermentation entérique étant la principale source (environ 5,5 MtCO2e) et les déjections laissées au pâturage représentant le reste (4,5 MtCO2e) **(Climate Watch, 2021)**. Selon Prevention Web, l'Algérie est classée 18e sur 184 pays les plus vulnérables à la sécheresse, affectant près de 10 % de la population (3.763.800 personnes) **(WBG, 2022)**.

De plus, certaines études ont suggéré une baisse prévue des précipitations annuelles totales de 15 à 30 % **(Christensen, 2007)**, une expansion du climat désertique au détriment de la zone tempérée nord, ce qui s'explique à la fois par l'augmentation de la température et la diminution des précipitations **(Zeroual *et al*., 2020)**. De plus, ces conséquences devraient être "graves, étendues et permanentes" dans les années à venir **(Mariotti *et al*., 2015 ; Zeroual *et al*., 2016 ; GIEC, 2019)**, ce qui constitue un danger pour la production animale, les rendements agricoles et la sécurité alimentaire et nutritionnelle **(FAO, 2013)**.

Les facteurs météorologiques tels que la température ambiante, l'énergie rayonnante, la photopériode, l'humidité relative (HR) et la vitesse du vent jouent tous un rôle dans le degré de stress thermique subi par les vaches **(Hammamiet *et al*., 2013)**. Les vaches laitières adoptent des méthodes comportementales et physiologiques pour faire face au stress thermique, telles que la réduction de l'ingestion d'aliments et une consommation d'eau accrue pour minimiser la production de chaleur métabolique, entraînant une diminution de la production laitière **(Herbut et al., 2018)**. Par conséquent, la vache laitière doit se trouver dans sa zone de thermoneutralité, une plage de température dans laquelle elle n'a pas besoin d'augmenter sa dépense énergétique pour maintenir une température corporelle interne constante **(Marumo *et al*., 2022)**. Par exemple, la vache laitière Holstein préfère une plage de température de 5°C une température critique inférieure à 25°C température critique supérieure **(Kadzere *et al*., 2022 ; Marumo *et al*., 2022)**.

Avec l'aggravation du changement climatique et du réchauffement planétaire, l'intensité des effets du stress thermique sur les vaches augmentera, et cet impact sera

davantage ressenti par les agriculteurs de subsistance dans les pays en développement **(Hernández *et al*., 2011 ; Ekine-Dzivenu *et al*., 2020)**. Les races bovines locales sont généralement plus résistantes aux maladies que les races laitières importées, dont le métabolisme est lié à une production de chaleur excessive et aux difficultés de maintien de l'isothermie dans les environnements chauds **(Bernabucci *et al*., 2014)**. Ces variétés indigènes peuvent également survivre dans des conditions climatiques difficiles telles que des températures élevées, la sécheresse et un manque d'aliments et d'eau **(Sejian *et al*., 2015)**. Outre le risque de changement climatique, la diminution du nombre de races bovines locales et l'importation d'autres races moins résistantes aux conditions climatiques du pays, telles que les températures et l'humidité élevées, la consommation de lait de vache cru pourrait poser un risque pour la santé humaine. La consommation de lait cru est de plus en plus populaire. Ceci est alimenté par la croyance que l'ébullition du lait lui fait perdre ses bienfaits nutritionnels et pour la santé et peut même avoir des conséquences négatives **(Claeys *et al*., 2013)**.

3.1.4 Etat sanitaire

D'une manière générale, les troubles sanitaires lorsqu'ils affectent la production laitière, peuvent modifier indirectement la composition du lait **(Pacheco, 2016)**.

Les productions et les teneurs en MG et en protéines du lait sont modifiés par les infections intra-mammaires, dues principalement à une réduction de la production de lait. Lorsqu'il y a infection mammaire, les cellules de l'épithélium sécrétoire peuvent être altérées et détruites et la perméabilité vasculaire et tissulaire peut être augmentée. Ces deux phénomènes entrainent une diminution de la capacité de synthèse et un passage accru dans le lait d'éléments venant du sang **(Kaouche-Adjlane, 2019)**.

3.2 Facteurs intrinsèques

3.2.1 Facteurs liés aux animaux

Les facteurs génétiques agissent davantage sur la composition chimique du lait que sur la quantité produite. Ce qui justifie le choix des éleveurs qui se détournent vers les races ayant un lait riche à la protéine de celles ayant une production élevée **(KaoucheAdjlane, 2019)**. Suivant les races, on distingue des animaux spécialisés dans la production laitière, c'est le cas de la vache de type Holstein. Il existe aussi des animaux dits mixtes parce qu'exploités pour la production de lait et de viande c'est le cas de la

Normande ou de la Montbéliarde. Au sein d'une même race, il existe des différences individuelles. Ces différences sont à la base de la sélection **(Guigma, 2013)**.

3.2.2 Stade de lactation

Le rang de lactation a un impact sur la quantité de lait produite. La production laitière augmente avec le rang de lactation Il a été signalé que les premières lactations sont toujours inférieures aux lactations suivantes. Cet effet s'atténue cependant à partir de la troisième lactation, laquelle correspond à la lactation adulte **(Guigma, 2013)**.

3.2.3 Age de lactation

L'effet de l'âge ou du numéro de lactation est difficile à mesurer. On considère souvent que le vieillissement des vaches entraîne un appauvrissement de leur lait. L'appauvrissement semble apparaître pour les lactations de rang élevé et ce d'autant plus que l'état de la mamelle aura été dégradé sous l'effet cumulé des mammites **(Kaouche-Adjlane, 2019)**.

4 Importance de la qualité physicochimique et microbiologique du lait dans l'industrie laitière

4.1 Caractéristiques physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique ; la densité ; le point de congélation ; le point d'ébullition et l'acidité et le pH **(Ghoues, 2011)**.

4.1.1 Acidité du lait

Selon **Jean et Dijon (1993)**, l'acidité du lait résulte à la fois de son acidité naturelle, qui provient de la caséine, des groupes phosphates, du dioxyde de carbone et des acides organiques, et de l'acidité développée, qui est causée par l'acide lactique produit lors de la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est mesurée par titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degrés Dornic (°D), où 1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait **(Dahmani et Kasmi, 2018)**.

4.1.2 Mesure de pH

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH de l'ordre de 6.7. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH. A la différence avec l'acidité titrable qui elle mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, dissociés ou non (acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides du lait **(CIPC lait, 2011)**.

4.1.3 Densité

La densité du lait d'une espèce donnée, n'est pas une valeur constante, et varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse. La densité du lait de vache est comprise entre 1030 et 1033 à une température de 20 °C. Pour des températures différentes, il faudra effectuer une correction **(Saoucha, 2017)**.

4.1.4 Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de - 0,520°C à - 0,560°C avec une valeur moyenne de -0,545°C. Un point de congélation supérieur à -0,520°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait **(Jean-Christophe, 2018)**.

4.1.5 Caractéristiques organoleptiques du lait

La qualité organoleptique d'un produit se dégrade au fil du temps, la durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux. Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques typiques tels que la couleur, l'odeur, la saveur.

4.1.5.1 Couleur

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matières grasses, de protéines et de certains minéraux, la couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse **(Allouche et Baghdadi ,2022)**.

4.1.5.2 Odeur

La présence de la matière grasse dans le lait lui confère une odeur caractéristique, Au cours de sa conservation, le lait est caractérisé par une odeur aigue due à l'acidification par l'acide lactique **(Allouche et Baghdadi ,2022)**.

4.1.5.3 Saveur

Il est difficile de définir cette caractéristique du lait normal car elle provient de l'association d'éléments diversement appréciés selon l'observateur. En effet, on distingue la saveur douce du lactose, la saveur salée du NaCl, la saveur particulière de lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la masse des protéines **(Allouche et Baghdadi ,2022)**.

4.1.5.4 Viscosité

La viscosité du lait est une propriété complexe, influencée par les particules colloïdales émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine exerce une influence majeure sur la viscosité. Cette caractéristique est essentielle pour évaluer la qualité du lait, car il existe une relation étroite entre les propriétés rhéologiques du lait et la perception de sa qualité par le consommateur **(Rheotest, 2010)**.

4.2 Effet de la qualité du lait cru sur les produits laitiers

La qualité du lait cru peut clairement affecter la production, le rendement, la qualité et la sécurité des produits laitiers à travers divers mécanismes. Un lait cru avec une faible charge bactérienne est généralement favorable à la production de produits finis de haute qualité. Bien que la pasteurisation puisse réduire de manière significative les charges bactériennes initiales dans le lait cru, certaines bactéries thermorésistantes et spores bactériennes peuvent survivre à la pasteurisation, se multiplier ensuite et dégrader les produits laitiers. De plus, la pasteurisation n'affecte pas les enzymes lipolytiques et protéolytiques produites par certaines bactéries. C'est pourquoi on demande constamment aux producteurs d'améliorer la qualité bactériologique de leur lait cru **(Elmoslemany *et al*., 2016)**.

Ribeiro *et al*., 2018 ont observé que des bactéries sporulées dans le lait cru réfrigéré peuvent dégrader le produit. Le comptage des spores, l'activité lipolytique et protéolytique des échantillons de lait ont été évalués. Il a été conclu que des mesures préventives doivent être adoptées pour réduire la contamination par les spores afin de

prolonger la durée de conservation du lait pasteurisé, un tiers de ces micro-organismes présentant une activité protéolytique et/ou lipolytique. Les microbes psychrotrophes, en particulier les espèces *Pseudomonas*, se retrouvent dans la microbiote du lait réfrigéré car ils peuvent croître à des températures inférieures à leur température optimale de croissance. Des charges psychrotrophes allant de 10^5 à 10^8 UFC/ml dans le lait cru réfrigérer affectent la qualité des fromages, car les enzymes thermorésistantes qu'ils produisent altèrent la valeur nutritionnelle, les propriétés sensorielles et la texture. En plus de réduire significativement les rendements fromagers, ces enzymes provoquent des altérations du goût, des temps de coagulation défavorables, des concentrations accrues en acides gras et acides aminés libres, ainsi qu'une durée de conservation raccourcie. De manière surprenante, la croissance bactérienne psychrotrophe peut représenter un défaut sérieux tant pour les fromages frais que pour les fromages affinés **(Caputo *et al*., 2015)**.

L'utilisation de lait cru avec une numération de cellules somatiques >100 000 cellules/ml a montré une réduction des rendements fromagers. À des niveaux plus élevés, généralement >400 000 cellules/ml, on observe des défauts de texture et de goût dans le fromage et d'autres produits **(Murphy *et al*., 2016)**. les spores mésophiles et thermophiles provenant du lait cru ainsi que de l'environnement de transformation constituent une préoccupation majeure pour les laits en poudre **(Watterson *et al*., 2014).** Ces bactéries thermophiles, ainsi que d'autres fréquemment retrouvées dans les laits en poudre, produisent des enzymes protéolytiques et lipolytiques thermostables, ce qui peut entraîner des problèmes de qualité dans les laits en poudre et même dans leurs applications finales **(Chen *et al*., 2004)**. Le lait de vache contenant moins de 100 000 UFC/ml et un pH de 6,7 à 6,9 est considéré comme de haute qualité. Lorsque le niveau bactérien approche 1 million d'UFC/ml, des problèmes apparaissent lors de la fabrication du lait UHT à longue durée de conservation. Même si le pH est dans la plage normale, un lait contenant plus de 5 millions d'UFC/ml a une probabilité élevée de contenir trop de bactéries produisant des enzymes thermorésistantes, rendant le lait inadapté à la production UHT en raison du risque de durée de conservation raccourcie. Une mauvaise qualité du lait peut entraîner la séparation de la matière grasse, la sédimentation, la gélification, des goûts et odeurs indésirables dans les produits UHT. En contrôlant ces enzymes de dégradation et leurs activités, le lait cru peut être orienté vers la production de produits à durée de conservation prolongée **(Glantz *et al*., 2020)**.

CHAPITRE II

Généralité sur les Staphylocoque

1 Historique

Les premières observations de staphylocoques isolés à partir de pus d'abcès remontent à 1871, mais ce n'est que quelques années plus tard que ces travaux ont permis de proposer un nom pour cette bactérie. Ainsi, en 1878, Robert Koch en Allemagne et Louis Pasteur en France décrivent des amas de coques dans du pus humain. Ce n'est qu'en 1883 qu'Ogston introduit le terme *Staphylococcus* pour décrire ces grains (ou *kokkos*) disposés en amas irréguliers, ressemblant à des grappes de raisin (d'où le nom *Staphylos*). C'est à ce moment-là qu'Ogston distingue *Staphylococcus* de *Streptococcus*. En 1884, Rosenbach, en Allemagne, donne la première description du genre *Staphylococcus*, en obtenant des cultures pures sur des milieux solides. Il différencie alors *S. aureus* de *S. albus* par la couleur des pigments produits par les colonies, les premières étant dorées, tandis que les secondes sont blanches ou crémeuses **(Chaalal, 2013)**.

2 Définition

Staphylococcus aureus est une bactérie omniprésente, que l'on retrouve chez l'Homme, les animaux ainsi que dans les aliments **(El Haddad, 2010)**. Ce micro-organisme, couramment désigné sous le nom de staphylocoque doré, est un commensal de la peau et des muqueuses des mammifères à sang chaud. Grâce à sa présence quasi-permanente en contact avec l'hôte, *S. aureus* est particulièrement bien placé pour provoquer des infections opportunistes, qui peuvent être superficielles (telles que l'impétigo ou les furoncles), profondes (comme l'ostéomyélite ou l'endocardite), voire généralisées (comme la septicémie) **(Damien, 2013)**. Il joue également un rôle crucial dans l'équilibre physico-chimique de la peau, constituant une barrière de colonisation qui empêche l'implantation de bactéries de la flore transitoire.

Largement dispersé dans l'environnement, *S. aureus* se trouve dans le sol, les poussières, l'air et l'eau **(Chaalal, 2013)**. Il est fréquemment détecté dans le lait, parfois en grande quantité. La principale source de contamination est la mamelle et les trayons, offrant ainsi une possibilité de colonisation des blessures de ces zones et de l'intérieur de la mamelle. Les staphylocoques sont considérés comme des germes pathogènes à réservoir mammaire, car les quartiers infectés, les plaies et les gerçures constituent les principaux réservoirs, d'où les germes sont transférés vers les trayons sains lors de la traite **(Bachtarzi, 2012)**.

3 Caractères microbiologique et classification des staphylocoques

3.1 Caractères morphologiques

Staphylocoque spp. est une bactérie sphérique Gram positive, appartenant à la famille des staphylocoques, avec un diamètre d'environ 1 µm. Son nom provient de l'aspect caractéristique de ses colonies (Figure 04), en grappes de raisin, et de leur pigmentation dorée. *S. aureus* est positif aux tests de coagulase, de fermentation du mannitol et d'ADNase. Il est ainsi capable de dégrader différents sucres en produisant de l'acide sans émission de gaz, de fermenter le mannitol, et de produire de la coagulase **(Lakhundi et Zhang, 2018)**.

Staphylococcus aureus présente peu d'exigences en matière de milieu de culture. Il s'agit d'un aérobie et anaérobie facultatif, capable de se développer dans des conditions variées, avec une croissance optimale à 37 °C et un pH de 7,4. Sur milieux standards, il forme des colonies rondes, épaisses, brillantes, d'environ 1 à 2 mm de diamètre. Sur gélose au sang, chaque colonie est entourée d'un halo de lyse clair, témoignant de son activité hémolytique.

Sa paroi cellulaire est constituée d'une membrane lipidique spécifique, composée d'environ 50 % de peptidoglycane, 40 % d'acides lipidiques membranaires, et 10 % de protéines de surface, d'exoprotéines et de protéines autolytiques **(Oliveira et Borges, 2018).**

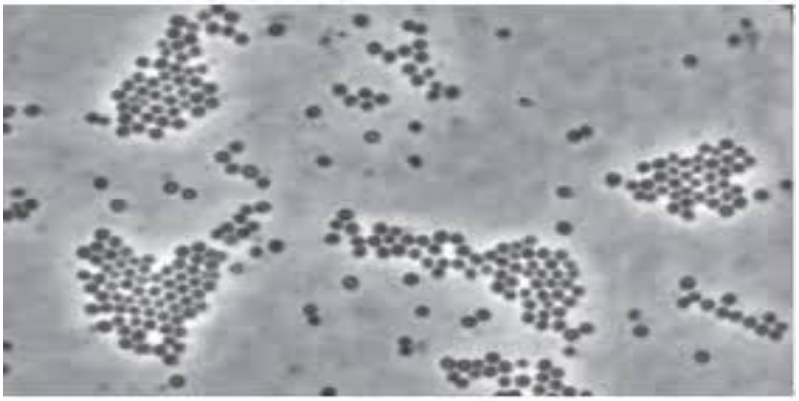

Figure 4 : Aspect de staphylocoques en microscopie électronique ($Gx10^3$) (Guillemot *et al*, 2015).

3.2 Classification des staphylocoques

Il existe plusieurs types de classification de staphylocoques dont la plus utilisé est la classification de **Vasanthakumari (2016)**. Ces cellules bactériennes sphériques se

présentent habituellement en amas ressemblant à des grappes de raisin et d'où leur nom (en grec, *staphyle* signifie grappe de raisin et *kokkos* signifie graine). Observées pour la première fois par von Recklinghausen en 1871, ce sont des bactéries Gram positif. Le genre *Staphylococcus* contient trois espèces médicalement importantes ; *S. aureus* ; *S. epidermidis* et *S. saprophyticus*. -*S. aureus* est Le principal agent pathogène responsable des infections pyogènes chez l'homme. -*S. epidermidis* ou *albus* est Commensal normal de la peau, il est principalement associé aux infections nosocomiales.

- **Classe :** *Bacilli.*
- **Ordre :** *Bacillales.*
- **Familles :** *Staphylococcaceae.*
- **Genre :** *Staphylococcus.*
- **Espèce :** *Staphylococcus aureus, S. epidermidis or albus, S.saprophytieus*

4 Pathogénicité des staphylocoques et risques pour la santé

4.1 Facteurs de virulence

Les facteurs de virulence de *Staphylococcus aureus* jouent un rôle fondamental dans le développement des infections chez l'homme et l'animal. Un large éventail de ces facteurs, sécrétés ou présents à la surface bactérienne **(Foster, 2005)**, permet à la bactérie d'adhérer à la matrice extracellulaire de l'hôte, d'endommager ses cellules et d'échapper au système immunitaire. Ces facteurs sont classés en deux groupes principaux : ceux liés à l'adhérence surface cellulaire et les exotoxines sécrétées **(Costa *et al* ., 2013)**.

Les facteurs de surface cellulaire sont des composants de surface microbiens qui reconnaissent les molécules adhésives de la matrice, telles que la protéine A staphylococcique (SpA) qui se lie aux IgG. L'interaction de *Staphylococcus aureus* avec l'hôte est facilitée par des facteurs présents à sa surface. La protéine A (SpA) neutralise l'immunoglobuline G (IgG), entravant la phagocytose. L'adhérence à la fibronectine et aux caillots est médiée par les protéines FnbpA et FnbpB, tandis que la protéine de liaison au collagène permet l'attachement aux tissus conjonctifs.

Le facteur d'agglutination provoque l'agrégation bactérienne et l'adhérence au fibrinogène en présence de fibronectine. L'échappement à la phagocytose neutrophile est

renforcé par les polysaccharides capsulaires et la résistance aux agents oxydants via la staphyloxanthine **(Vazquez *et al*., 2011)**

La pathogénicité de *S. aureus* repose également sur la sécrétion de facteurs. Les super antigènes surstimulent le système immunitaire **(Shettigar et Murali,2020)**, les toxines cytolytiques détruisent les cellules sanguines **(Costa *et al*., 2013)**, et les enzymes extracellulaires pourraient décomposer les tissus hôtes pour fournir des nutriments à la bactérie **(Gnanamani *et al*,. 2017)**.

4.2 Mécanisme de pathogénicité

L'infection intra mammaire bovine à *Staphylococcus aureus* se déroule en plusieurs phases entrée et fixation bactérienne à l'épithélium mammaire, interaction et échappement au système immunitaire de l'hôte, survie et invasion tissulaire. Le développement de cette infection dépend de la charge bactérienne initiale, de la virulence de la souche et de l'immunité de l'hôte, ainsi que de facteurs génétiques prédisposant chez l'agent pathogène et l'animal **(Magro, 2017)**.

S. aureus produit des toxines qui altèrent les membranes cellulaires et lèsent directement les tissus laitiers. L'infection initiale touche les trayons et les citernes glandulaires, entraînant une cicatrisation. La bactérie progresse ensuite dans les canaux jusqu'aux alvéoles, formant des foyers infectieux profonds et des abcès qui la protègent de la dissémination tout en lui permettant d'échapper. Les abcès formés par l'infection à *Staphylococcus aureus* protègent les bactéries de la détection immunitaire et des antibiotiques, expliquant souvent l'échec des traitements **(Haag *et al* ., 2019)**. De plus, la formation de biofilms, communautés bactériennes enchâssées dans une matrice de polysaccharides, d'ADN et de protéines **(Otto, 2018)**, constitue un autre mécanisme clé de persistance infectieuse. La formation de biofilms se déroule en trois phases (adhérence, maturation/prolifération, séparation) et protège principalement les bactéries de la phagocytose **(Thurlow *et al.*, 2012)** La matrice du biofilm peut également limiter la pénétration des peptides antimicrobiens (PAM) et des antibiotiques, bien que certains puissent la traverser en fonction de leurs propriétés chimiques **(Singh *et al* .,2010).**

5 Présence et rôle des staphylocoques dans le lait cru

5.1 Prévalence et importance de *S. aureus* dans le secteur laitier

La chaîne du lait, de la production à la transformation et au stockage, impliquant les animaux laitiers, les manipulateurs d'animaux, l'environnement de la traite.

Les ustensiles, les canalisations industrielles, les environnements d'emballage et de stockage peuvent contribuer à l'entrée de *S. aureus* dans le lait cru et transformé. La présence de *S. aureus* dans la chaîne du lait a un impact considérable sur la qualité globale, la sécurité des consommateurs, la demande et la chaîne d'approvisionnement mondiale. Les animaux et les produits alimentaires d'origine animale ont un impact considérable sur la santé publique. Les aliments d'origine animale peuvent être infectés par une ou plusieurs entérotoxines *staphylococciques* préformées, qui peuvent provoquer des maladies chez l'homme **(Pal *et al*., 2020)**. *S. aureus* peut se frayer un chemin vers le lait et les produits laitiers par l'air, la poussière, les déchets, l'eau, le lait lui-même, le personnel humain ou les mamelles des animaux. Un grand nombre de facteurs tels que la consommation directe de lait cru, un traitement de pasteurisation inadéquat ou insuffisant, une contamination post-pasteurisation, le développement de résistances, peuvent contribuer à la présence signalée de *S. aureus* dans les produits laitiers transformés. Le lait constitue une riche source de nutriments pour la croissance de *S. aureus* et la production d'entérotoxines. *S. aureus*, y compris des variants multirésistants, est fréquemment signalé dans le lait cru, le lait transformé et les produits laitiers **(Fletcher *et al*., 2015 ; Yehia *et al*., 2019 ; Zeinhom et Abed, 2021),** indiquant la prévalence de S. aureus dans la chaîne du lait. Les rapports fréquents de *S. aureus* dans les produits laitiers du monde entier indiquent sa capacité à passer facilement du lait cru aux produits laitiers transformés.

Les épidémies d'origine alimentaire liées aux entérotoxines *staphylococciques* ont révélé que la manipulation des aliments était la source de contamination la plus probable, car les souches de *S. aureus* isolées étaient communes entre les manipulateurs d'aliments, les aliments et/ou les échantillons de patients **(Johler *et al*., 2013).** Les vaches souffrant de mammite subclinique sont de plus en plus considérées comme des réservoirs alternatifs de *S. aureus* entraînant la contamination de la chaîne de production et de transformation laitière. Les infections à *S. aureus* chez les bovins (mammite clinique et subclinique) sont responsables de la réduction du rendement laitier, du lait avarié, d'une

teneur en lait plus faible, d'un goût instable, d'une transformation laitière réduite, d'une durée de conservation plus courte et d'une diminution du rendement des produits laitiers **(Pal *et al*., 2020)**. Ces conséquences entraînent d'énormes pertes pour l'économie et les propriétaires de bétail. Comme l'ont récemment rapporté **(Giri *et al*., 2020)**, la mammite cause près de 2,37 milliards de roupies indiennes de pertes annuelles à l'industrie laitière indienne. La mammite subclinique représentait environ 70 % des pertes totales.

S. aureus, ainsi que d'autres staphylocoques, est connu pour produire des biofilms, ce qui contribue à sa tolérance aux mécanismes de défense de l'hôte et au stress environnemental. Le traitement antimicrobien principalement utilisé pour contrôler *S. aureus* chez les animaux laitiers contribue au développement d'une résistance aux antimicrobiens chez *S. aureus* et d'autres souches pathogènes. *S. aureus* acquiert facilement une résistance aux antimicrobiens, entraînant des infections mammaires persistantes et incurables qui conduisent souvent à l'abattage des animaux infectés. En raison de sa capacité notoire à développer une résistance aux antimicrobiens couramment utilisés ainsi qu'à ceux de dernier recours, et du développement de souches multirésistantes, la résistance aux antimicrobiens chez S. aureus est d'une importance capitale en médecine humaine et vétérinaire **(Abdi et *al*., 2018)**. Le *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM) provoque des infections bénignes à graves chez les humains et les animaux dans le monde entier **(Boswihi et Udo, 2018)**. Les rapports de présence de SARM dans les aliments d'origine animale soulèvent des inquiétudes quant à sa transmission à l'homme **(Basanisi *et al*., 2017).** Les vaches laitières atteintes de mammite subclinique peuvent transmettre le SARM au lait même sans modifier les propriétés organoleptiques du lait et peuvent donc être liées à sa propagation aux personnes associées au bétail et à la transformation du lait ainsi qu'aux consommateurs **(Basanisi *et al*., 2017)**.

CHAPITRE III

Facteurs influençant la qualité microbiologique

1 Composition microbiologique naturelle du lait cru

Le lait constitue un environnement particulièrement favorable au développement de nombreux micro-organismes, en raison de sa richesse en eau, en nutriments et de son pH quasi neutre, compris entre 6,4 et 6,8. Il offre une source abondante de nutriments et d'énergie, notamment sous forme de sucres, de lipides, de citrate ainsi que de composés azotés tels que les protéines, les acides aminés, l'ammoniac, l'urée et d'autres substances azotées non protéiques **(Fayolle, 2015)**.

Les microorganismes présents dans le lait se répartissent en deux grandes catégories selon leur origine et leur impact : la flore indigène (ou originelle) et la flore de contamination. Cette dernière comprend deux sous-groupes : la flore d'altération et la flore pathogène.

1.1 Flore indigène ou originelle

Lorsqu'il est collecté dans de bonnes conditions sanitaires auprès d'un animal sain, le lait contient très peu de micro-organismes (moins de 10^3 germes/ml). À sa sortie du pis, il est quasiment stérile, protégé temporairement par des substances antimicrobiennes appelées lactoférine, dont l'efficacité ne dépasse pas une heure après la traite. Flore indigène du lait, appelée flore originelle, regroupe les micro-organismes présents dès la sortie du pis. Elle est dominée par des espèces mésophiles, principalement des microcoques, des streptocoques lactiques et des lactobacilles. Leur présence, en quantité variable selon l'alimentation, n'a pas d'impact significatif sur la qualité ni sur la production du lait **(Bachtarzi, 2012)**.

1.2 Flore de contamination

La flore de contamination regroupe l'ensemble des microorganismes qui pénètrent dans le lait après la traite, au cours des étapes de manipulation, de transport, de transformation ou de stockage.

1.3 Flore d'altération

Faisant partie de la flore contaminante, la flore d'altération est responsable de défauts organoleptiques tels que des altérations de goût, d'odeur, d'aspect ou de texture, et contribue à la réduction de la durée de conservation des produits laitiers. Certains microorganismes d'altération peuvent également être pathogènes, les deux catégories n'étant pas exclusives. Parmi les genres les plus couramment identifiés figurent Pseudomonas, Proteus, les coliformes (notamment *Escherichia* et *Enterobacter*), ainsi que des bactéries sporulées telles que *Bacillus* et *Clostridium*. Certaines levures et moisissures sont également impliquées dans l'altération des produits laitiers **(Ziam *et al.*, 2020)**.

1.4 Flore pathogène

Également issue de la contamination, la flore pathogène regroupe des microorganismes dangereux pour la santé humaine. Leur présence dans le lait peut provenir de trois sources principales : l'animal lui-même, l'environnement ou les manipulations humaines. Les principaux agents pathogènes associés au lait et aux produits laitiers sont : *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Brucella spp*., *Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* (souches pathogènes), *Campylobacter jejuni*, *Shigella sonnei*, *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis*, ainsi que certaines moisissures productrices de mycotoxines **(Ziam *et al*., 2020)**.

1.5 Micro-organismes bénéfiques

1.5.1 Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes procaryotes, hétérotrophes et chimio-organotrophes. Elles sont à Gram positif, généralement immobiles, non sporulées, et présentent des besoins nutritionnels complexes, notamment en acides aminés, peptides, vitamines, sels minéraux, acides gras et glucides .Ces bactéries jouent un rôle central dans la fermentation de nombreux produits alimentaires, d'origine animale ou végétale. Parmi elles, cinq genres sont particulièrement utilisés dans les industries laitières nord-américaines pour la fermentation lactique : *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Streptococcus* **(lannabi et Sal, 2015)**.

Leur fonction principale est la production d'acide lactique, ce qui influence non seulement la texture et la saveur, mais aussi la qualité microbiologique des produits comme le fromage. En abaissant le pH, elles facilitent la coagulation des protéines par la présure et inhibent la croissance de micro-organismes indésirables. L'acide lactique joue également un rôle essentiel dans le développement du goût des produits fermentés, agissant soit directement (dans les produits frais), soit indirectement par modulation de l'activité enzymatique pendant l'affinage **(lannabi et Sal, 2015)**.

1.6 Micro-organismes pathogènes

La présence de microorganismes pathogène dans le lait peut avoir trois sources : l'animal, l'environnement et l'Homme. Différentes espèces bactériennes sont capables de pénétrer dans la mamelle par le canal du trayon et sont excrétées avec le lait. Les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont : *Salmonella sp, Staphylococcus aureus, Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens, Bacillus cereus, Yarcinia enterocolitica, Listeria monocytogenes, Escherichia* coli, *Campylobacter jejuni, Shigella sonei* et certaines moisissures **(Gouttaya *et al*., 2013)**.

1.6.1 Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus est une espèce fait partie du genre Staphylococcus qui peut être divisé en deux groupes : les staphylocoques à coagulase positive et les staphylocoques à coagulase négative La coagulase produite par les staphylocoques à coagulase positif tels que *S. aureus* est une exoenzyme capable de coaguler le plasma sanguin et constitue un moyen d'identification simple et rapide **(duquenne, 2010)**.

Le *Staphylococcus aureus* a été identifié comme un agent causal d'intoxications alimentaires liées à l'ingestion de lait et de produits laitiers. Cela se produit car *S. aureus* est un agent majeur de la mammite chez les vaches laitières et peut également contaminer le produit lors de la manipulation du lait cru ou des produits laitiers, impliquant des manipulateurs de nourriture qui portent le pathogène sur la peau, dans les cavités nasales et dans l'oropharynx. Étant donné que les conditions sanitaires des animaux ne sont pas adéquates ou que la manipulation permet la contamination par *S. aureus*, la production d'entérotoxines nécessite de grandes quantités de bactéries qui peuvent induire un problème clinique chez l'humain, caractérisé par des vomissements et une déshydratation **(Cavicchioli *et al*., 2015 ; Gonzales-Barron *et al*., 2017)**.

1.6.2 Sources de contamination du lait cru par *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est naturellement présent sur la peau et les muqueuses des animaux à sang chaud, constituant ainsi sa niche écologique. Chez l'homme, il se localise principalement dans les fosses nasales, sur le cuir chevelu et les mains. Chez les ruminants, notamment chez la vache, on le retrouve en majorité au niveau des naseaux et sur la peau des trayons. Ce pathogène est également capable de survivre dans l'environnement immédiat de l'animal : on en détecte dans l'air ambiant, dans la salle de traite, la litière, ainsi que sur les lésions cutanées. La contamination peut donc provenir de diverses sources, classées en deux grandes catégories, les sources primaires l'animal lui-même et l'homme, et les sources secondaires matériel et environnement **(Damien, 2013)**.

1.6.2.1 Sources primaires animales

Parmi ces sources, les deux principales voies de contamination sont les mammites et le portage cutané.

1.6.2.1.1 Mammite

La mammite est une inflammation de la glande mammaire, généralement due à une infection bactérienne intramammaire **(Wallemacq *et al*., 2010 ; Damien, 2013)**. Elle peut également être causée par des agents viraux ou fongiques, ou encore résulter de facteurs non infectieux comme un traumatisme, des lésions ou des modifications physiologiques **(Damien, 2013)**.

On distingue les mammites cliniques, présentant des symptômes visibles, des mammites subcliniques, plus discrètes. L'état pathologique se manifeste par une inflammation d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle, quelle que soit son origine (physique, chimique, biologique ou traumatique). À l'inverse, une mamelle est considérée comme saine lorsqu'elle ne présente aucun signe pathologique, avec un lait exempt d'agents infectieux et aux caractéristiques normales sur le plan cellulaire et physico-chimique **(Haddadi, 2010)**.

Chez la vache, la mamelle est composée de quatre quartiers indépendants vis-à-vis de l'infection. Chacun produit normalement un lait sain. L'infection se produit généralement par voie ascendante, via le canal du trayon **(Haddadi, 2010)**. L'inflammation se traduit par des modifications dans la composition du lait, telles que :

- une élévation du taux de leucocytes (marqueur indirect d'inflammation) ;
- des modifications chimiques, notamment une augmentation des protéines solubles au détriment des coagulables, ainsi qu'une hausse de la concentration en sodium et en chlore **(Croisier et Croisier, 2011)**.

L'apparition des mammites est favorisée par différents facteurs tels que la traite, les traumatismes, les blessures, les stress, l'inconfort et la malpropreté du bâtiment **(Viban Banah, 2014)**. Au sein de la famille des pathogènes majeurs impliqués dans les mammites bovines, on distingue les mammites contagieuses, des mammites environnementales.

Les pathogènes contagieux sont principalement des bactéries capables de persister et de se multiplier sur la peau, les trayons et les pis. Ces pathogènes peuvent se transmettre à d'autres quartiers et d'autres animaux, *Staphylococcus aureus* est le principal représentant de cette catégorie **(Damien, 2013)**.

En revanche, les pathogènes environnementaux proviennent du milieu dans lequel évolue l'animal. Certains, comme *Streptococcus uberis*, possèdent un double réservoir : environnemental et mammaire. Ces agents sont généralement opportunistes : ils pénètrent la glande mammaire par le canal du trayon, provoquent une inflammation, mais sont souvent rapidement éliminés par l'organisme. De nombreux micro-organismes peuvent être considérés comme environnementaux, mais les plus fréquemment impliqués sont *Streptococcus uberis* et *Escherichia coli* **(Damien, 2013)**.

1.6.2.1.2 Portage cutané

Les staphylocoques sont fréquemment présents sur la peau et les muqueuses des animaux, notamment sur les mamelles et les trayons des vaches. Cette présence constitue une source potentielle de contamination du lait, particulièrement lors de la traite mécanique : le contact entre le lait et la peau du trayon à l'intérieur du manchon trayeur permet une contamination possible, même en l'absence de mammite **(De Matos, 2013)**.

1.6.2.2 Sources primaires humaines

Chez l'être humain, *Staphylococcus aureus* colonise couramment la peau et les muqueuses. Ainsi, plus de 20 % des personnes sont porteuses permanentes de S. aureus, 60% de façon intermittente, et seulement 20% n'en portent presque jamais. Les fosses nasales et les mains sont les principales zones de portage.

La prévalence du portage est plus élevée chez les personnes malades, et la fièvre favorise la dissémination de *S. aureus* dans la région rhino-pharyngée. Par conséquent, les individus malades sont plus susceptibles de contaminer leur environnement. Ainsi, la traite, qu'elle soit mécanique ou manuelle, ainsi que la manipulation du lait, peuvent entraîner une contamination par contact direct ou indirect (via l'air), avec ou sans présence de maladie chez l'opérateur **(De Matos, 2013)**.

1.6.2.3 Sources secondaires

1.6.2.3.1 Matériel de traite

Le matériel de traite, en particulier la machine à traire, représente une source secondaire de contamination par les staphylocoques à coagulase positive. S. aureus peut former des biofilms sur des surfaces inertes, ce qui lui permet de survivre et de résister aux agents de nettoyage. Ces biofilms favorisent la contamination récurrente du lait à chaque utilisation de la machine.

Tous les équipements de traite ou de fromagerie, comme les bidons à lait, peuvent être colonisés. Les pièces en caoutchouc, telles que les tuyaux ou les manchons trayeurs, sont particulièrement vulnérables lorsqu'elles sont usées. Les microfissures qui se forment avec le temps offrent un refuge aux bactéries. Même un nettoyage classique ne permet pas d'éliminer ces micro-organismes protégés dans ces « cryptes », ce qui constitue un risque constant de contamination du lait **(De Matos, 2013)**.

1.6.3 Conditions favorisant la prolifération

L'environnement d'un bâtiment d'élevage joue un rôle crucial dans la gestion sanitaire d'un troupeau. Des pathologies telles que les grippes, les diarrhées néonatales ou les mammites peuvent être influencées par les conditions du bâtiment. Celui-ci représente également un facteur déterminant pour le bien-être animal, élément clé de la prévention de nombreuses maladies **(Guerin, 2016)**. Dans une étude réalisée par **Bouzid *et al*., (2011)** dans le Nord-Est de l'Algérie, portant sur la prévalence des mammites en élevage bovin laitier, 450 vaches Holstein en lactation ont été suivies dans 4 fermes. L'examen clinique a révélé un taux de mammites cliniques de 15,1 %, tandis que le test CMT (California Mastitis Test) a montré une prévalence de 29,7 % pour les mammites subcliniques, portant la prévalence totale des mammites à 44,8 %. Ce chiffre, qui indique que près de 50 % des vaches sont affectées, met en lumière l'impact d'une hygiène défaillante des locaux d'élevage.

Un autre travail de **Darej *et al*., (2019)** a montré que dans un bâtiment mal entretenu, la stabulation entravée augmentait le risque de mammites (100 % des cas étaient infectés) et favorisait la survenue d'autres pathologies comme les boiteries (10 %) et les blessures (34 %). Une analyse de variance a mis en évidence un effet significatif (P<0,0001) de l'hygiène sur la production laitière. Lorsque les conditions d'hygiène sont mauvaises, cela favorise l'apparition des mammites, entraînant une réduction de la production lactée et une augmentation de la perméabilité des tissus affectés.

D'après **Benoist (2021)**, une hygiène dégradée contribue à l'augmentation des vaches réformées pour cause de mammites, représentant environ 27 % des réformes. Ces résultats soulignent la nécessité de maintenir une ventilation adéquate dans les bâtiments, afin de renouveler l'air, d'évacuer l'humidité, de dissiper la chaleur et d'éviter la formation de gaz nocifs comme le dioxyde de carbone et l'ammoniac **(FAO, 2012)**. Les infrastructures, y compris les allées, les postes de traite et les bâtiments, doivent être conçues pour minimiser les risques de boiteries, qui affectent également la santé des animaux. Enfin, la désinfection régulière des locaux est primordiale, car un bâtiment d'élevage est un environnement propice à la colonisation par une variété de microorganismes, tels que des bactéries, virus et parasites **(Legrand *et al*., 2022)**.

1.7 Traite et qualité microbiologique du lait

1.7.1 Flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Le nombre de germes présents dans le lait varie considérablement en fonction du type de traite. Une traite hygiénique, réalisée à l'aide d'un pot trayeur, présente un niveau de contamination relativement faible ($8{,}1 \times 10^4$ UFC/ml). En revanche, le lait issu d'une salle de traite est fortement contaminé ($1{,}2 \times 10^6$ UFC/ml). Cette contamination accrue s'explique par des techniques de nettoyage insuffisantes des équipements, la qualité médiocre de l'eau de rinçage, ainsi que par la présence de sources de contamination telles que le sol et l'air ambiant. L'utilisation de lavettes collectives pour l'essuyage des mamelles entraîne également une augmentation significative de la flore totale ($1{,}21 \times 10^6$ UFC/ml), en raison de la transmission de germes d'une vache à l'autre. La propreté de l'animal, en particulier au niveau de la mamelle, constitue une source majeure de contamination. En revanche, l'utilisation de lavettes individuelles améliore nettement la qualité microbiologique du lait ($4{,}7 \times 10^5$ UFC/ml) **(Bouraoui *et al*., 2014)**.

1.7.2 Hygiène du trayeur

Le trayeur porte des gants à usage unique et des manchons en plastique pour protéger ses avant-bras. Sa tenue de travail, réservée exclusivement à la traite, doit être propre et confortable. Une mauvaise hygiène personnelle est une voie de transmission de bactéries, notamment *Staphylococcus aureus* **(Hazmani., 2020)**.

1.7.3 Le stockage de lait

La réfrigération du lait à environ 4°C dès qu'il a quitté le pis de la vache est indispensable pour limiter le développement des micro-organismes pendant sa conservation à la ferme, avant la collecte. Bien qu'elle ne permette pas d'améliorer la qualité bactériologique du lait, elle permet au moins de la maintenir, à condition que le refroidisseur fonctionne correctement et que la cuve de stockage soit propre **(Philippe *et al*., 2013)**.

1.7.4 La collecte du lait

La chaîne du froid doit être ininterrompue : les camions-citernes sont réfrigérés, et le lait n'est jamais en contact avec l'air ambiant. Le chargement et le déchargement s'effectuent par tuyau, garantissant ainsi une manipulation hygiénique. Un nettoyage imparfait des tanks à lait peut favoriser la formation de biofilms et la multiplication des bactéries résiduelles, compromettant ainsi la qualité du lait **(Bouarissa et Herizi, 2020)**.

1.7.5 Impact des pratiques hygiéniques sur la réduction des risques

Les pratiques hygiéniques jouent un rôle essentiel dans la réduction des risques microbiologiques liés au lait cru. Appliquées à chaque étape de la chaîne de production, elles permettent de limiter la contamination, de prévenir la prolifération des agents pathogènes et de garantir la sécurité sanitaire du lait **(Kohler, 2013)**. Voici les principaux aspects de cet impact.

1.7.5.1 Hygiène du personnel

Le personnel doit respecter quelques principes d'hygiène simples **(Kohler, 2013)** :

- Maintenir une propreté vestimentaire et corporelle rigoureuse ;
- Porter une tenue spécifique lors des opérations de traite (bottes, blouse, calot) ;
- Se laver et désinfecter les mains avant tout contact avec le lait;

- Travailler proprement : se laver les mains à l'eau savonneuse, notamment après s'être mouché ou après un passage aux toilettes ;
- Être en bonne santé, car un éleveur malade peut transmettre certaines maladies aux consommateurs ;
- Protéger ses cheveux à l'aide d'un tissu propre ;
- Porter des vêtements propres, réservés exclusivement à la traite et lavés fréquemment.
- Le respect de ces règles limite la transmission de micro-organismes, tels que Staphylococcus aureus, de l'homme à l'animal ou au lait.

1.7.5.2 Hygiène des locaux et du matériel

Les locaux d'hébergement des animaux doivent être conçus et entretenus de manière à garantir leur confort. Une désinfection au moins annuelle doit y être réalisée. Un local d'isolement doit être aménagé pour accueillir les animaux malades, en période de mise bas ou nouvellement introduits dans l'exploitation. La laiterie doit constituer un espace préservé de toute source de contamination. L'eau utilisée pour le nettoyage et la désinfection du matériel en contact avec le lait cru doit impérativement être potable.

Un local réservé au nettoyage du matériel et au stockage du lait doit être aménagé. Il doit être facile à laver et à désinfecter, et maintenu dans un état de propreté irréprochable. La machine à traire doit être vérifiée chaque fois afin de prévenir tout risque de traumatisme de la mamelle. Le matériel et les locaux doivent être nettoyés après chaque utilisation, à grande eau, puis désinfectés à l'aide de produits adaptés, tels qu'une solution de soude diluée (10 ml par litre d'eau chauffée à 70 °C). Cette procédure permet de limiter la contamination croisée entre les traites successives et d'éviter la formation de biofilms bactériens, particulièrement difficiles à éliminer.

Il est recommandé de commencer le nettoyage à l'eau froide, car l'usage d'eau chaude dès le début peut provoquer la coagulation des résidus de lait, les rendant plus difficiles à retirer **(Thérèse, 2014)**.

Le nettoyage est effectué sur place, par l'exploitant, à l'aide de produits spécifiquement conçus pour le nettoyage des machines à traire ou d'autres produits homologués, qui doivent être soigneusement rincés. Le nettoyage du tank mobile peut être réalisé en bouclage à l'aide de l'installation de traite. Une fois nettoyé, tout

équipement mobile doit être stocké dans un endroit propre et protégé de toute source de contamination **(Kohler, 2013)**.

1.7.5.3 Respect de la chaîne du froid

Les produits laitiers, même après transformation, restent des aliments très périssables. Pour garantir leur conservation et maintenir leur qualité, il est essentiel de les maintenir à basse température tout au long de leur parcours, depuis la production jusqu'au consommateur. Cela inclut :

- le stockage après fabrication,
- le transport vers les points de vente,
- le stockage sur les lieux de commercialisation jusqu'à leur vente.

Le transport des produits laitiers doit idéalement s'effectuer tôt le matin, lorsqu'il fait encore frais. Des moyens simples peuvent être utilisés pour maintenir la température, comme l'usage d'un tissu humide pour isoler les produits de la chaleur extérieure **(Thérèse, 2014)**.

Le lait cru, quant à lui, doit être refroidi immédiatement après la traite. Il doit être conservé à une température inférieure ou égale à +4 °C, sauf s'il est vendu dans un délai de deux heures après la fin de la traite **(Kohler, 2013)**.

Deux éléments clés sont à prendre en compte pour obtenir un lait cru de bonne qualité microbiologique :

Minimiser la contamination initiale lors de la traite, Refroidir le lait rapidement à une température inférieure à 4 °C afin de ralentir la croissance des micro-organismes. C'est ainsi que l'on a souvent tendance à surestimer les avantages que présente l'utilisation du froid artificiel en oubliant que la qualité microbiologique du lait dépend avant tout des soins qui sont apportés au moment de sa récolte : le froid n'améliore pas la qualité microbiologique du lait, il ne fait que la conserver **(Dieng, 2010)**.

Partie expérimentale

1 Objectifs

Le lait cru, produit fragile et nutritif, constitue une source alimentaire essentielle mais présente des risques sanitaires liés à sa contamination microbiologique par des bactéries pathogènes et à sa dégradation physico-chimique. Malgré les normes établies, des variations dans sa qualité peuvent survenir en raison de facteurs comme les conditions d'élevage, la traite, le stockage ou la chaîne de distribution. Dans ce contexte, ce présent travail vise à évaluer la qualité des principaux paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait cru dans la région de Relizane. Proposer des perspectives qui pourraient améliorer la maîtrise de cette qualité afin de garantir à la fois la sécurité des consommateurs et la valorisation des produits laitiers.

2 Présentation de la zone d'étude

Située au nord-ouest d'Algérie, la Wilaya de Relizane occupe une superficie de 4851 Km^2, et elle est divisée en 13 daïras et 38 communes. Elle est constituée d'une plaine assez vaste représentant 40 % du territoire. La wilaya de Relizane est limitée au Nord par la wilaya de Mostaganem et à l'Est par la wilaya de Chlef et au Sud par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest : par la wilaya de Mascara. Le climat de la région est chaud et sec en été et frais et pluvieux en hiver. Le nombre total de vaches laitières dans la wilaya de Relizane s'élève à 22.386, réparties comme suit :9.629 vaches laitières modernes, 12 757 vaches laitières améliorées et locales (DSA, 2019).

3 Echantillonnage

L'analyse a porté sur 15 échantillons de lait de vache. Environ 20 à 50 ml de lait cru pour chaque échantillon a été prélevé directement à partir de la cuve de lait et introduite aseptiquement dans des pots stériles puis le tout conservé dans un conteneur à glace et transporté à 4°C au laboratoire (Figure 05). Le temps écoulé entre l'obtention de l'échantillon et son analyse a été de 12 heures. Les prélèvements ont été effectués dans plusieurs fermes situées dans la région d'Oued Rhiou et de Relizane. Les travaux pratiques et les analyses ont été effectués au cours du mois de février à avril 2025, période durant laquelle les échantillons de lait cru ont été collectés, traités et analysés selon des méthodes microbiologiques standards.

Figure 5 : Echantillons de lait cru.

4 Dilution des échantillons

4.1 Préparation de l'eau peptonée

L'eau peptonée est une solution nutritive simple, utilisée comme milieu de pré-enrichissement ou comme diluant pour la préparation d'échantillons microbiologiques. Elle permet la récupération de bactéries stressées sans les inhiber ni favoriser sélectivement un groupe bactérien.

4.1.1 Procédure de préparation

L'eau peptonée 0.1% a été utilisée comme diluant selon ISO 6887-5 :2020 (Annexe). Elle a été préparée en diluant 1 gramme de poudre de peptone dans 1000 ml d'eau distillée. Les composants ont été transférés dans un bécher, puis placés sur un agitateur magnétique muni d'une plaque chauffante. Le mélange a été chauffé jusqu'à ébullition (100 °C) afin d'assurer la dissolution complète de poudre (Figure 06). Le pH de la solution a été vérifié et ajusté, si nécessaire, à 7,4 ± 0,2 Ensuite, 9 ml de cette solution ont été ajoutés dans des tubes à essai propres. Les tubes ont été stérilisés à 121°C pendant 15 minutes dans un autoclave. Après la stérilisation, les tubes ont été refroidis à température ambiante et stockés au réfrigérateur, prêts à être utilisés.

Figure 6 : préparation de l'eau peptonée.

4.1.2 Dilution

Des dilutions décimales ont été réalisées dans des tubes stériles, chacun contenant 9 ml d'eau peptonée 0.1% stérile. Les flacons de lait cru ont été agités préalablement. À l'aide d'une micropipette, 1 ml de lait cru prélevé aseptiquement de chaque échantillon a été ajouté dans le premier tube, afin d'obtenir la dilution 10^{-1}. Les tubes ont ensuite été soigneusement agités à l'aide d'un vortex. À partir de cette première dilution, 1 ml de la suspension a été transféré dans un second tube contenant 9 ml d'eau peptonée 0.1% stérile pour obtenir la dilution 10^{-2}, et ainsi de suite pour les dilutions successives.

Les dilutions en série ont été effectuées jusqu'à 10^{-6} pour les échantillons 1 et 2, et jusqu'à 10^{-4} pour les échantillons 3 à 15. Des embouts stériles ont été systématiquement changés entre chaque échantillon, et toutes les manipulations ont été réalisées à proximité du bec Bunsen, dans son champ de stérilité.

5 Flore Aérobie Mésophile Totale

5.1 Milieu Plate Count Agar

Selon ISO 4833-1:2013. Le milieu PCA (Plate Count Agar) de la marque TM MEDIA (Annexe), est un milieu de culture couramment utilisé pour le dénombrement des bactéries viables total dans des échantillons alimentaires, d'eau ou produits laitiers.

5.1.1 Procédure de préparation

Dans le cadre de notre étude, conformément à la recommandation du fabricant 17,5 g de poudre de gélose a été ajouté à 1 litre d'eau distillée, puis placés sur un agitateur magnétique muni d'une plaque chauffante. Le mélange a été chauffé jusqu'à ébullition (100 °C) afin d'assurer la dissolution complète de la gélose (Figure 07). Le pH de la solution a été vérifié et ajusté, si nécessaire, à 7,0 ± 0,2 à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium ou d'acide chlorhydrique.

La solution obtenue a ensuite été transférée dans des bouteilles en verre, puis stérilisée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.

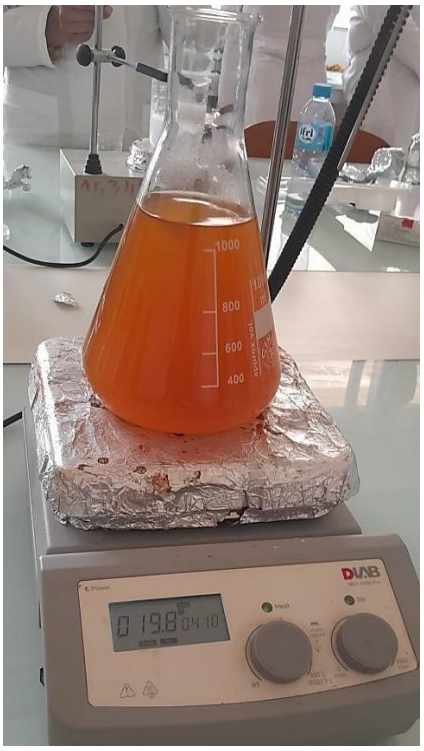

Figure 7 : Préparation du milieu de culture PCA.

5.1.2 Ensemencement

Pour la recherche des FTAM, la technique d'ensemencement en masse a été utilisée. Un volume de 1 ml de chaque dilution a été déposé dans les boîtes de Pétri pour les échantillons 1 et 2, et 0,5 ml pour les autres échantillons (de 3 à 15). Ensuite, environ 15 ml de milieu liquéfié, refroidi à 45°C, ont été ajoutés. Les boîtes ont ensuite été agitées en formant un mouvement de 8 pour assurer l'homogénéisation entre le volume ensemencé et le milieu de culture. L'incubation a été réalisée à 30°C pendant 72 heures.

6 Recherche et dénombrement de Staphylocoque

6.1 Milieu Mannitol Salt Agar

Le milieu Mannitol Salt Agar (MSA) est recommandée par l'American Public Health Association pour le dénombrement des staphylocoques dans les aliments et les produits laitiers (APHA, 1993 ; APHA, 2001). Le milieu MSA (Annexe) est un milieu de culture sélectif et différentiel est utilisé pour l'isolement des Staphylocoques qui donnent des colonies jaunes par fermentation du mannitol et virage du rouge de phénol. Sa forte teneur en chlorure de sodifférentiel estoissance de la plupart des autres espèces.

6.1.1 Procédure de préparation

Dans le cadre de notre étude, 1 litre d'eau distillée et 111g de gélose ont été utilisés. Après un pesage précis à l'aide d'une balance de haute sensibilité, les composants ont été transférés dans un bécher, puis placés sur un agitateur magnétique muni d'une plaque chauffante. Le mélange a été chauffé jusqu'à ébullition (100 °C) afin d'assurer la dissolution complète de la gélose (Figure 08). Le pH de la solution a été vérifié et ajusté, si nécessaire, à 7,4 ± 0,2 à l'aide d'une solution diluée d'hydroxyde de sodium ou d'acide chlorhydrique.

La solution obtenue a ensuite été transférée dans une bouteille en verre, puis stérilisée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.

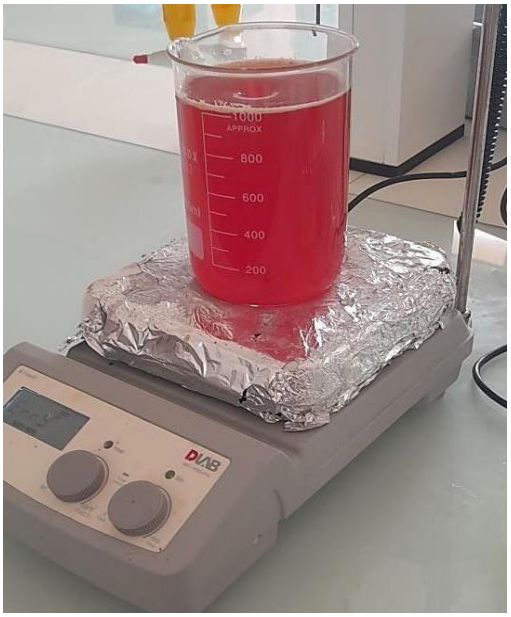

Figure 8 : Suspension de gélose MSA sur agitateur magnétique chauffant.

6.1.2 Ensemencement

Pour la numération des *Staphylococcus spp*, la technique d'ensemencement en masse a été utilisée (Bange et al., 2016). Un volume de 1 ml de chaque dilution a été déposé dans des boîtes de Pétri pour les échantillons 1 et 2, et 0,5 ml pour les échantillons 3 à 15. Ensuite, environ 15 ml de milieu nutritif liquéfié, préalablement refroidi à 45 °C, ont été ajoutés dans chaque boîte.

Les boîtes ont ensuite été doucement agitées en effectuant un mouvement en forme de "8" afin d'assurer une bonne homogénéisation entre le volume ensemencé et le milieu de culture. L'incubation a été réalisée pendant 24 à 48 heures à 37 °C.

Les colonies caractéristiques des *Staphylococcus spp*, généralement de couleur blanche à jaune, ont ensuite été dénombrées.

7 Lecture des résultats

La lecture des résultats se fait par comptage des colonies manifestants sous différentes formes et tailles. On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 25 et 300. Au-dessus 300, elles sont indénombrables, en dessous 25 on considère qu'elles sont insuffisantes pour être dénombrées.

Le nombre de microorganismes par mi de produit initial est calculé par la formule suivante :

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

N: Nombre d'UFC par gramme ou par ml de produit initial

Σ colonies : Somme des colonies des boites interprétables

V ml : volume de solution déposée (0,5 à 1 ml)

n1: nombre de boites considéré à la première dilution retenue

n2: nombre de boite considéré à la seconde dilution retenue

d: facteur de la première dilution retenue

8 Analyse physicochimique du lait

L'analyse physicochimique de lait cru étudiés a été réalisée à l'aide du Lactoscan ULTRASONIC MILKANALYZER (Figure 09). Cet appareil a permis de mesurer plusieurs paramètres, notamment : la température, la densité, la teneur en matières grasses, le taux de lactose, la concentration en protéines, le point de congélation, la teneur en sels minéraux, la matière sèche, la proportion d'eau, ainsi que la conductivité.

Figure 9 : Lactoscan ULTRASONIC MILKANALYSER.

Après avoir allumé l'appareil, l'écran affiche les différents modes de fonctionnement. Sélectionnez le type de lait à analyser (lait de vache).Prélevez une quantité de lait et versez-la dans un bécher. Plongez ensuite l'électrode du Lactoscan dans le bécher, puis appuyez sur le bouton « Start ». Les résultats de l'analyse s'affichent à l'écran dans les 60 secondes.

Tableau 3 : les valeurs et les abréviations utilisées dans le manuel du Lactoscan.

Abréviation	Paramètre	Unité	Description
FAT (F)	Matières grasses	%	Teneur en matières grasses du lait
SNF (S)	Extrait sec non gras	%	Matière sèche du lait sans les graisses
DENS (D)	Densité	kg/L	Densité du lait, permet de vérifier l'authenticité
PROT (P)	Protéines	%	Teneur en protéines du lait
LAC (L)	Lactose	%	Teneur en lactose (sucre du lait)
WAT (W)	Eau ajoutée	%	Pourcentage d'eau ajoutée (estimation)
TEMP (T)	Température	°C	Température du lait au moment de l'analyse
Freezing point (FP)	Point de congélation	°C	Indice de congélation, indicateur de l'authenticité
SALTS (S)	Sels	%	Teneur en sels dissous dans le lait

F (FAT) : Matière grasse ; S (SNF) : Extrait Sec Dégraissé ; D (kg/m3) : Densité ; P (%) : Protéine ; L (%) : Lactose ; W (%) : Eau ajoutée ; FP (°C) : Point de congélation ; S (%) : Matière minérale

8.1 Mesure du pH

La mesure du pH (Figure 10) du lait cru a été effectuée en plongeant l'électrode du pH-mètre directement dans le récipient contenant l'échantillon. La valeur du pH a été lue directement sur l'écran de l'appareil, un pH-mètre de marque HANNA Instruments.

Figure 10 : Mesure du pH

.

Chapitre II

Résultats et Discussion

1 Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons de lait cru de vache, effectuée dans le cadre de cette étude, portent sur plusieurs paramètres, notamment la flore totale aérobie mésophile (FTAM) et les staphylocoques. Ces analyses présentées dans le tableau 6, ont été réalisées selon les méthodes standards de la microbiologie alimentaire, dans le but de détecter d'éventuelles contaminations d'origine hygiénique ou pathogène.

Tableau 4 : Analyses microbiologiques du lait.

Echantillons	**FTAM (UFC/ml)**	**Staphylocoque**
Echantillon 1	$2{,}09\times10^{7}$	$1{,}4\times10^{5}$
Echantillon 2	$1{,}06\times10^{8}$	$1{,}59\times10^{7}$
Echantillon 3	$2{,}13\times10^{8}$	2×10^{5}
Echantillon 4	$3{,}01\times10^{6}$	Absent
Echantillon 5	$4{,}35\times10^{6}$	Absent
Echantillon 6	$8{,}78\times10^{6}$	$3{,}52\times10^{7}$
Echantillon 7	$2{,}51\times10^{8}$	Absent
Echantillon 8	$1{,}83\times10^{8}$	$1{,}40\times10^{5}$
Echantillon 9	$1{,}14\times10^{2}$	4×10^{2}
Echantillon 10	$5{,}90\times10^{5}$	$1{,}26\times10^{3}$
Echantillon 11	$1{,}50\times10^{6}$	$2{,}56\times10^{4}$
Echantillon 12	(80) Incomptable	Absent
Echantillon 13	(22) Incomptable	(32) Incomptable
Echantillon 14	$3{,}10\times10^{5}$	$9{,}77\times10^{4}$
Echantillon 15	$1{,}40\times10^{5}$	3×10^{2}
Moyenne	$4{,}85\times10^{7}$	$3{,}44\times10^{6}$
Norme (JORA, 2017)	$m=3\times10^{5} < \mathbf{N} < M=3\times10^{6}$	$m=10^{2} < \mathbf{N} < M=10^{3}$

1.1 Flore aérobie mésophile totale (FMAT)

L'analyse des flores totales aérobies mésophiles (FTAM) dans les échantillons de lait cru révèle une grande variation de la charge microbienne. Les valeurs observées vont de $1{,}14\times10^{2}$ UFC/ml (échantillon 09) à un maximum de 2.51×10^{8} UFC/ml (échantillon 7). Parmi les 15 échantillons analysés, huit (échantillons 1,2,3,4,5,6,7,8,) présentent des dépassements des normes fixées pour ce paramètre, tandis que sept échantillons (9,10,11,12,13,14,15) montrent une charge bactérienne en dessous de la limite maximale établie par la loi Algérienne. La moyenne des FTAM est de 4.85×10^{7}UFC/ml, ce qui correspond à un taux supérieur à la limite supérieure de la norme JORA (2017), qui fixe

un seuil acceptable entre $3\times10^5 < N < 3\times10^6$ UFC/ml. Ces résultats suggèrent une qualité microbiologique médiocre du lait cru analyser, certains échantillons dépassant largement les critères réglementaires.

Le nombre de bactéries aérobies mésophiles totales (FTAM) constitue un indicateur essentiel de la qualité microbiologique des produits alimentaires, en particulier du lait, car il reflète les conditions d'hygiène tout au long de la chaîne de production : traite, transport et stockage **(Abdoul-Latif Fatouma *et al.*, 2017)**. Dans les échantillons analysés, la charge moyenne en FTAM est estimée à 4.85×10^7 UFC /ml, une valeur largement supérieure au seuil maximal autorisé par la norme algérienne **(JORA, 2017)**, fixé à 3×10^6 UFC/ml. Cette moyenne suggère une qualité microbiologique globalement non acceptable.

Par comparaison, des études antérieures réalisées dans la wilaya de Guelma ont rapporté des charges microbiennes plus faibles, telles que celle **d'Ayadi et Touahmia (2021)**, avec une moyenne de $8,8 \times 10^5$ UFC/ml, ou celle de **Tir *et al.* (2015)** dans la wilaya de Tissemsilt, où les valeurs variaient entre $1,1 \times 10^5$ et $5,6 \times 10^6$ UFC/ml. Bien que la moyenne observée dans notre étude soit plus élevée, la qualité hygiénique du lait analysé demeure acceptable dans 46.6% des cas, à l'exception des 53.4% des échantillons non conformes.

Selon **Sassi. (2019)**, la flore aérobie mésophile représente un indicateur fiable de la qualité hygiénique du lait cru, permettant de détecter les contaminations d'origine environnementale ou humaine. Les sources de contamination sont multiples : peau des animaux, mains des trayeurs, ustensiles de traite ou encore conditions de stockage post-traite.

Ainsi, la présence de charges microbiennes élevées dans plusieurs échantillons suggère des pratiques d'hygiène insuffisantes au moment de la traite ou du transport, voire la présence d'animaux atteints de pathologies subcliniques. Des mesures correctives sont donc nécessaires, notamment en matière de formation du personnel, de nettoyage du matériel et de suivi vétérinaire, afin de garantir la qualité sanitaire du lait cru collecté.

1.2 Staphylocoques

Pour les staphylocoques, les résultats révèlent également des écarts significatifs par rapport aux normes. La charge microbienne varie d'une absence totale dans les échantillons (échantillon 4,5,7,12) à un maximum alarmant de 3.52×10^7 UFC/ml (échantillon 6). 26.6% des échantillons présentent une absence de staphylocoques (valeur nulle), ce qui est positif, mais la majorité des échantillons (53.3%) notamment les échantillons 1,2,3,6,8,10,11,14 montrent une charge microbienne bien au-delà des seuils recommandés par la norme JORA (2017), qui autorise entre 10^2 et 10^3 UFC/ml. La moyenne observée est de 3.44×10^6 UFC/ml, largement supérieure à la norme, traduisant un risque sanitaire notable.

Les staphylocoques, en particulier *Staphylococcus aureus*, sont des bactéries d'importance sanitaire dans le lait cru. Selon la réglementation algérienne, telle que définie dans le Journal Officiel de la République Algérienne **(JORA, 2017)**, la norme recommandée pour les staphylocoques dans le lait cru est un taux inférieur à 10^2 unités formant colonie par millilitre (UFC/ml). Les résultats obtenus montrent une présence des staphylocoques dans la majorité des échantillons analysés. Toutefois, certains échantillons présentent des charges faibles.

Par exemple, l'échantillon 2 affiche une valeur de $1,59\times10^7$ UFC/ml, l'échantillon 6 atteint $3,52\times10^7$ UFC/ml et l'échantillon 3 contient 2×10^5 UFC/ml. Ces résultats suggèrent une contamination notable par des staphylocoques, ce qui représente un risque pour la santé publique. Selon **Seddaoui (2020)**, *Staphylococcus aureus* est un pathogène opportuniste capable de provoquer diverses infections chez l'homme. De plus, d'après **Seme *et al.* (2015)**, ce germe est particulièrement préoccupant dans les produits alimentaires en raison de sa capacité à produire des entérotoxines thermostables, résistantes aux traitements thermiques, et responsables d'intoxications alimentaires.

Les infections mammaires chez les vaches laitières représentent la principale source de contamination du lait par *S. aureus* lors de la traite. En plus des infections des mamelles, l'eau de traite, les mains des trayeurs et le matériel mal désinfecté peuvent également favoriser l'introduction de ce germe dans le lait **(Kouamé-Sina *et al.*, 2010)**. La présence élevée de staphylocoques dans certains échantillons de notre étude pourrait donc refléter soit une mauvaise hygiène de traite, soit une prévalence importante de mammites dans les troupeaux concernés.

En revanche, l'absence de staphylocoques dans 26.6% des échantillons (notamment les échantillons 4,5,7,12) peut être interprétée positivement, comme un signe de bonnes pratiques d'hygiène et d'un faible taux d'infection mammaire dans certaines exploitations.

2 Résultats de l'analyse physico-chimique du lait

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de lait cru de vache, réalisés dans le cadre de cette étude, sont présentés dans le tableau 5. Cette analyse permet d'évaluer la qualité du lait en fonction de différents critères tels que la composition en matière grasse, la teneur en protéines, l'acidité, ainsi que d'autres paramètres essentiels à sa valorisation. Ces données sont cruciales pour comprendre les variations possibles de la qualité du lait en fonction des conditions de production et pour assurer sa conformité avec les normes sanitaires et industrielles.

Tableau 5 : Analyses physico-chimiques du lait cru.

Paramètres / Echantillons	**F (%)**	**S (%)**	**D (kg/m^3)**	**P (%)**	**L (%)**	**W (%)**	**FP (°C)**	**Salts (S) (%)**	**pH**
1	1,99	7,44	1026,42	2,73	4,09	11,53	0,46	0,6	6,7
2	4,2	8,73	1029,38	3,18	4,79	0	0,56	0,71	6,7
3	2,51	8,75	1030,92	3,21	4,81	0	0,552	0,71	6,7
4	3,65	8,59	1029,34	3,14	4,72	0	0,548	0,7	6,7
5	2,85	8,04	1030,97	3,24	4,86	0	0,56	0,72	6,7
6	16,07	6,52	1010,86	2,27	3,58	9,61	0,47	0,52	6,4
7	4,41	6,01	1018,95	2,18	3,3	27,69	0,376	0,48	6,7
8	3,57	7,65	1025,86	2,79	4,2	7,3	0,482	0,62	6,7
9	15,41	7,73	1015,99	2,72	4,24	0	0,562	0,62	6,7
10	4,07	8,96	1030,38	3,27	4,92	0	0,576	0,73	6,6
11	2,39	8,4	1029,71	3,08	4,62	0	0,562	0,2	6,7
12	2,47	8,16	1028,73	2,99	4,48	0	0,511	0,66	6,4
13	4,18	8,18	1027,32	2,98	4,49	0	0,522	0,66	6,5
14	4,13	9,04	1030,64	3,3	4,97	0	0,583	0,73	6,4
15	4,34	9,14	1030,83	3,34	5,02	0	0,591	0,74	6,1
Moyenne	3,443	8,08	1026,42	2,96	4,473	3,742	0,5277	0,626	6,6

F (FAT) : Matière grasse ; **S (SNF) :** Extrait Sec Dégraissé ; **D (kg/m^3) :** Densité ; **P (%) :** Protéine ; **L (%) :** Lactose ; **W (%) :** Eau ajoutée ; **FP (°C) :** Point de congélation **; S (%) :** Matière minérale ; **pH :** potentiel hydrogène

2.1 Matières grasses

La teneur en matière grasse varie fortement entre les échantillons, allant de 1,99 % à 16,07 %, avec une moyenne de 3,443 %. La valeur maximale très élevée pourrait indiquer un ajout de crème ou une mauvaise homogénéisation du lait. Les valeurs normales se situent généralement entre 3 et 4 %, ce qui est le cas pour la majorité des échantillons.

Le taux de matière grasse mesuré dans le lait cru est de 34,43 g/l, une valeur nettement supérieure à la norme JORA, qui fixe une teneur moyenne de 30 g/l. Cette valeur s'inscrit également dans les recommandations de la norme AFNOR (34 à 36 g/l) (**Matallah et *a*l., 2017)** et est conforme aux données rapportées dans la littérature scientifique. Elle est supérieure aux résultats obtenus dans d'autres études, notamment celle de **Labioui *et al.* (2009)** au Maroc, qui a rapporté une teneur moyenne de 31,5 g/l, ainsi que celle de **Seme *et al.* (2015)** réalisée dans le sud du Togo, où une moyenne de 31,64 ± 3,65 g/l a été observée.

Par ailleurs, certains échantillons, en particulier les échantillons 6 (16,07 %) et 9 (15,41 %), présentent des teneurs en matière grasse anormalement élevées. Cette anomalie pourrait résulter soit d'une fraude par addition de crème, soit d'une erreur d'analyse. Selon **Lederer (1983)**, un lait de bonne qualité peut contenir jusqu'à 40 g/l de matière grasse. Il convient également de noter que la teneur en matières grasses peut varier en fonction de plusieurs facteurs biologiques, tels que la race de l'animal, le stade de lactation, l'alimentation ou encore les conditions de traite **(Luquet, 1985)**.

2.2 Extrait Sec Dégraissé

L'extrait sec dégraissé, composé des éléments non gras du lait comme les protéines, lactose et sels minéraux, présente une moyenne de 8,08 %. Les valeurs varient entre 6,01 % et 9,14 %. Un SNF trop bas peut indiquer une adultération du lait (ajout d'eau), tandis qu'un SNF élevé reflète une bonne qualité nutritionnelle.

La teneur en extrait sec dégraissé, mesurée à 80,8 g/L, est nettement inférieure à la norme fixée par le JORA pour le lait cru (125 g/l), mais reste conforme aux valeurs définies par la norme AFNOR (**Matallah et *a*l., 2017)**, qui se situent entre 80 et 90 g/l. Cette concentration suggère une proportion normale de protéines, de lactose et de sels minéraux. Toutefois, des niveaux inférieurs à la norme peuvent traduire une plus grande richesse en matières grasses. **Coubronne *et al.* (1980)** rapportent que des rations peu

énergétiques peuvent entraîner une diminution du taux d'extrait sec dégraissé. À l'inverse, des valeurs plus élevées peuvent être liées à des facteurs saisonniers, à l'état sanitaire des animaux ou à la nature de leur alimentation **(Havemose *et al.*, 2004)**.

2.3 Densité

La densité du lait cru oscille entre 1010,86 kg/m^3 et 1030,97 kg/m^3, pour une moyenne de 1026,42 kg/m^3. Les échantillons avec une densité plus faible que la norme JORA 1998 (1028–1033 kg/m^3) pourraient indiquer un ajout d'eau ou une teneur excessive en matières grasses.

La densité moyenne mesurée est de 1026,42 kg/m^3, ce qui est inférieure aux valeurs recommandées par la norme JORA (1030 à 1034 kg/m^3) ainsi qu'à celles de la norme AFNOR (**Matallah et *a*l., 2017)**, situées dans l'intervalle de 1030 à 1033 kg/m^3. Cette faible densité peut s'expliquer par une teneur réduite en matière sèche, en particulier en matière grasse, ainsi que par des variations liées à la température ou à l'alimentation des animaux **(Labioui *et al.*, 2009)**. Toutefois, la valeur obtenue reste proche de celles rapportées dans des études antérieures, notamment celle de **Siboukeur (2012)**, qui a relevé une densité de 1032 kg/m^3 pour le lait cru. En effet, la densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension, notamment de l'extrait sec dégraissé **(Mosbah, 2019)**.

2.4 Protéine

La teneur en protéines varie de 2,18 % à 3,34 %, avec une moyenne de 2,96 %. Ces résultats sont globalement conformes aux normes JORA du lait cru, qui contient généralement entre 3,1 % et 3,4 % de protéines.

La concentration en protéines varie entre 2,18 % et 3,34 %, avec une teneur moyenne de 29,6 g/l. Ces valeurs sont inférieures aux exigences de la réglementation algérienne (2017), qui fixe les teneurs en protéines du lait cru entre 31 g/l et 34 g/l. Cette variation peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment le stade de lactation, la race, la génétique et l'alimentation des vaches **(Jeantet *et al.*, 2007 ; Courtet, 2010)**. Une faible concentration en protéines peut également traduire un déficit énergétique ou une dilution du lait. Par ailleurs, nos résultats diffèrent de ceux rapportés par **Seme *et al.* (2015)** dans le sud du Togo, où les teneurs en protéines varient de 24,75 g/l à 51,38 g/L, avec une moyenne de 33,38 g/l.

2.5 Lactose

La concentration en lactose dans les échantillons de lait cru varie entre 3,3 % et 5,02 %, avec une moyenne de 44,73 g/l. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par **Hamiroune *et al.* (2019)** dans la région ouest de l'Algérie, où une teneur moyenne de 63,5 g/l a été enregistrée. Nos résultats sont toutefois comparables à ceux de **Li *et al.* (2019)**, qui ont observé une teneur de 47,2 ± 0,02 g/l dans le lait de vache de race Simmental en Chine, et légèrement supérieurs à ceux rapportés par **Siboukeur (2012)**, qui avait trouvé une moyenne de 44,13 g/l. Selon **Wattiaux (1996)**, la quantité de lactose synthétisée dépend étroitement de l'énergie disponible ; un déficit énergétique peut ainsi entraîner une réduction de la production de lactose. De plus, **Codou (1997)** souligne que le lactose est rapidement dégradé par les microorganismes en acides, ce qui peut altérer la qualité du lait. Les infections mammaires peuvent également diminuer la production de lactose.

2.6 L'eau ajoutée

Ce paramètre révèle des écarts significatifs entre les échantillons. Si plusieurs présentent 0 % d'eau ajoutée (normale), d'autres atteignent jusqu'à 27,69 %, avec une moyenne globale de 3,742 %. Cela indique que certains laits ont été dilués, ce qui nuit gravement à leur qualité et leur valeur nutritionnelle.

Le paramètre relatif à l'« eau ajoutée » révèle des valeurs préoccupantes, atteignant jusqu'à 27,69 % dans l'échantillon 7, ce qui témoigne d'une fraude manifeste. L'ajout d'eau compromet non seulement la qualité nutritionnelle du lait, mais peut également représenter un risque sanitaire important. Cette observation est cohérente avec l'augmentation du point de congélation, qui varie entre -0,37 °C et -0,59 °C, avec une moyenne de -0,52 °C.

Les valeurs du point de congélation des échantillons analysés varient entre -0,37 °C et -0,59 °C, avec une moyenne de -0,52 °C. Selon **Vignola (2010)**, le point de congélation du lait cru de vache se situe généralement entre -0,530 °C et -0,575 °C. Un point de congélation plus élevé que cette plage normale peut indiquer l'ajout d'eau, ce qui concorde avec les résultats obtenus pour le paramètre « eau ajoutée ». Comme l'ont souligné **Hanuš *et al.* (2012)** ainsi que **Gencurova *et al.* (2008)**, ce paramètre est sensible à de nombreux facteurs, notamment la composition du lait et les pratiques alimentaires des animaux.

2.7 Point de congélation

Le point de congélation moyen est de -0,5277 °C, avec un intervalle allant de 3,3 % à 5,02 %, ce qui est typique du lait cru non adultéré. Cependant, des valeurs trop proches de zéro peuvent indiquer une éventuelle dilution par ajout d'eau, bien que cela reste limité dans les échantillons étudiés.

2.8 Matière minérale

La teneur en sels minéraux varie de 0,48 % à 0,74 %, avec une moyenne de 0,626 %. Ces résultats sont cohérents avec la composition naturelle du lait. Les sels minéraux mesurés dans ce lait sont compris entre 0,2 % et 0,74 %, avec une moyenne de 6,2 g/l. Ces valeurs sont dans les plages attendues pour le lait de vache. Les principaux sels minéraux sont le calcium, phosphore, chlorures et citrates, dont la concentration varie en fonction de la race, de l'alimentation et du stade de lactation des vaches **(Yagil, 1982)**. Les sels minéraux jouent un rôle crucial dans la qualité du lait et peuvent être influencés par des facteurs zootechniques et alimentaires.

2.9 Potentiel hydrogène pH

Le pH du lait cru se situe généralement entre 6,6 et 6,8. Dans cette étude, le pH des 15 échantillons analysés varie entre 6,1 et 6,7, avec une moyenne de 6,6. Cette relative stabilité du pH suggère que les échantillons étaient microbiologiquement acceptables au moment du prélèvement. Enfin, le pH mesuré (6,7) est conforme à la norme JORA, qui stipule que le pH du lait cru doit se situer entre 6,6 et 6,8. Cette valeur indique que le lait est relativement frais et qu'il n'a pas subi de contamination significative par des bactéries acidifiantes. Les variations du pH peuvent être influencées par plusieurs facteurs, tels que le climat, l'état de santé des vaches, la saison et la fraîcheur du lait **(Mathieu, 1998)**. Cependant, les résultats obtenus révèlent plusieurs non-conformités, notamment la présence d'eau ajoutée, suggérant une fraude potentielle et une dilution du produit, ce qui compromet la qualité nutritionnelle et la sécurité sanitaire du lait. Il est essentiel de sensibiliser les producteurs aux risques liés à ces pratiques et de renforcer les contrôles afin de garantir la qualité du lait distribué aux consommateurs.

Conclusion

L’objectif principal de cette étude a été d’évaluer la qualité du lait cru de vache, collecté dans différentes fermes de la wilaya de Relizane, en mettant en lumière les principaux facteurs influençant ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

Sur le plan microbiologique, les résultats révèlent des niveaux préoccupants de contamination dans certains échantillons, en particulier en ce qui concerne les flores aérobies mésophiles totales et les staphylocoques. Bien que plusieurs échantillons soient conformes, d'autres dépassent largement les seuils fixés par la réglementation, traduisant un manque d’hygiène lors de la traite, du transport ou du stockage. La présence importante de Staphylocoques dans certains échantillons représente un risque sanitaire non négligeable pour les consommateurs.

Les résultats physico-chimiques montrent que la majorité des échantillons présentent des teneurs acceptables en matière grasse, lactose, protéines et sels minéraux, témoignant globalement d’une qualité nutritionnelle satisfaisante. Toutefois, la détection de teneurs élevées en matière grasse dans certains cas, ainsi que des taux significatifs d’eau ajoutée (jusqu’à 27,69 %), indiquent des pratiques de falsification susceptibles d’altérer la valeur nutritive du lait. La faible densité et les points de congélation anormalement élevés confirment la présence de dilution dans plusieurs échantillons. La variabilité observée dans les paramètres physico-chimiques pourrait s’expliquer par des facteurs biologiques (race, alimentation, stade de lactation) ainsi que par les conditions de production et de collecte du lait.

Ces constats soulignent la nécessité de renforcer les bonnes pratiques d’hygiène à toutes les étapes de la chaîne laitière, de la production à la distribution. Une formation continue des producteurs, un contrôle rigoureux des conditions sanitaires, ainsi que la sensibilisation aux risques liés à la fraude (ajout d’eau, manipulation non conforme) sont essentiels pour améliorer la qualité du lait cru.

Ainsi, cette étude apporte des données utiles pour orienter les actions de contrôle et d’amélioration de la filière laitière. La compréhension fine des caractéristiques du lait cru permet d’assurer une meilleure sécurité alimentaire, tout en valorisant un produit de grande importance nutritionnelle dans l’alimentation humaine.

Références

Abdi, R. D., Gillespie, B. E., Vaughn, J., Merrill, C., Headrick, S. I., Ensermu, D. B., D'Souza, D. H., Agga, G. E., Almeida, R. A., Oliver, S. P., & Dego, O. K. (2018). Antimicrobial resistance of Staphylococcus aureus isolates from dairy cows and genetic diversity of resistant isolates. *Foodborne Pathogens and Disease, 15(8),* 449–458. https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2375

Abdoul-Latif Fatouma, M., Somda, M. K., Fourreh, A. E., Okieh, A. A., Said, C. N., & Alais. (2017). Science du lait : *Principes et techniques laitiers* (4e éd.). Sepaic.

Aissaoui, R., & Menzer, N. (2015). Mesure de la contamination du lait de vache cru par le personnel *(recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus)* [Mémoire de Master, Université Abbes Laghrour, Khenchela], 18 p.

Ali Saoucha, C. (2017). Qualités physico-chimiques et microbiologiques et aptitude de transformation du lait (vache et chèvre) en yaourt (Mémoire de Master académique, Université Mohamed Boudiaf - M'Sila, Algérie). Département d'Écophysiologie animale et biosécurité alimentaire, 84 p.

Allouche, M., & Baghdadi, M. (2022). *Effet des traitements technologiques sur la qualité physico-chimique et microbiologique du lait cru et reconstitué* [Mémoire de Master, Université Ibn Khaldoun de Tiaret].

Alloui-Lombarkia, O., Ghennam, E.-H., Bacha, A., & Abededdaim, M. (2007). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle et séparation de ses protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants,* 14, 108 p.

APHA (American Public Health Association) (2001) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, Washington DC.

APHA (American Public Health Association). 1993. Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 16th ed. APHA, Washington, D.C.

Amiot, J., Fourniers, Lebeuf, Y., Paquin, P., & Simsoud, R. (2002). Chapitre 1 : Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. *In Science et technologie du lait*. École Polytechnique de Montréal.

Ayadi, R., & Touahmia, A. (2021). *Analyse physico-chimique et bactériologique du lait de vache cru et du lait pasteurisé de la région de Guelma* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma], 49 p.

Bachtarzi N., 2012. Qualité microbiologique du lait cru destine à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est Algérien. Université Mentouri de Constantine. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires, Algérie. p 3.

Bachtarzi, N. (2012). Qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est algérien (Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine). Algérie, 3 p.

Bachtarzi, N., Amourache, L., & Dehkal, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *International Journal of Innovation and Scientific Research, 17(1),* 34–42.

Bareille, N., Djabri, B., Beaudeau, F., & Seegers, H. (2013). Facteurs de risque de mammite clinique et de nouvelle infection des vaches laitières primipares autour du vêlage. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants,* 285–288.

Barros, N., Cole, J. J., Tranvik, L. J., Prairie, Y. T., Bastviken, D., Huszar, V. L., Roland, F. (2011). Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience, 4(9),* 593–596. https://doi.org/10.1038/ngeo1211

Bange, J., Brumfield, E., & Ellison, A. L. (2016). Recovery and Enumeration of Staphylococcus aureus by the Selective Agar. Fine Focus, 2(1), 51–59. https://doi.org/10.33043/FF.2.1.51-59

Basanisi, M. G., La Bella, G., Nobili, G., Franconieri, I., & La Salandra, G. (2017). Genotyping of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from milk and dairy products in South Italy. *Food Microbiology, 62,* 141–146. https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.003

Benhedane, N. (2012). *Qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'Est algérien* (Thèse de Magister, Université Mentouri de Constantine), 123 p.

Benoist, A. (2021). Optimisation bioéconomique de la gestion de la reproduction et des boiteries en élevages bovins laitiers (Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier de Toulouse).

Bergamaier, D. (2012). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de Lactobacillus rhamnosus RW-959M dans un milieu à base de perméat de lactosérum (Thèse de doctorat, Université Laval, Canada), 52 p.

Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science, 97(1),* 471–486. https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611

Boswihi, S. S., & Udo, E. E. (2018). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus:* An update on the epidemiology, treatment options and infection control. *Current Medicine Research and Practice, 8(1),* 18–24. https://doi.org/10.1016/j.cmrp.2018.01.003

Bouarissa, R., & Herizi, L. (2020). Généralités sur le lait de vache (Mémoire de Master 2, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Bordj Bou Arréridj), 18 p.

Bouraoui, R., Jemmali, B., M'hamdi, N., Ben Mehrez, C., & Rekik, B. (2014). Étude de l'incidence des boiteries et de leurs impacts sur la production laitière des vaches laitières dans le subhumide tunisien. *Journal of New Sciences, 9,* 7–17.

Bouzid, R., Hocine, A., Maifia, F., Rezig, F., Ouzrout, R., & Touati, K. (2011). Prévalence des mammites en élevage bovin laitier dans le Nord-Est algérien. *Livestock Research for Rural Development, 23(4).* http://www.lrrd.org/lrrd23/4/bouz23073.htm

Caputo, L., Quintieri, L., Bianchi, D. M., Decastelli, L., Monaci, L., Visconti, A., & Baruzzi, F. (2015). Pepsin-digested bovine lactoferrin prevents Mozzarella cheese blue discoloration caused by *Pseudomonas fluorescens*. *Food Microbiology, 46,* 15–24. https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.012

Cavicchioli, V., Scatamburlo, T., Yamazi, A., Pieri, F., & Nero, L. A. (2015). Occurrence of Salmonella, Listeria monocytogenes, and enterotoxigenic Staphylococcus in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas Gerais State, Brazil. *Journal of Dairy Science, 98(12),* 8386–8390. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9586

Chaalal, W. (2013). Occurrence et profil d'antibiorésistance des Staphylococcus aureus isolés de produits alimentaires (Mémoire de Magister, Université d'Es-Senia Oran), pp. 3–5, 8, 10.

Charton, C. (2017). Caractérisation de l'adaptation de la glande mammaire. [Travail universitaire inédit].

Chen, L., Coolbear, T., & Daniel, R. M. (2004). Characteristics of proteinases and lipases produced by seven Bacillus sp. isolated from milk powder production lines. *International Dairy Journal, 14(6),* 495–504. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.09.005

Chilliard, Y. (1996). Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. In Le lait de chèvre, un atout pour la santé (pp. 51–65). Colloque INRA, Niort, France.

Christensen, J. H., Busuioc, A., & al. (2007). Regional climate projections. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 847–940). Cambridge University Press.

CIPC Lait (Commission interprofessionnelle des pratiques contractuelles). (2011). Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait (n°2011-02).

Claeys, W. L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., ... & Herman, L. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control, 31(1),* 251–262. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.035

Climate Watch. (2021). Historical GHG Emissions. World Resources Institute. https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions

Codou, L. F. (1997). Études des fraudes du lait cru : mouillage et écrémages (Thèse de doctorat vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal), p. 6.

Costa, R., Batistao, F., Ribas, M., Sousa, M., Pereira, O., & Botelho, M. (2013). Staphylococcus aureus virulence factors and disease. In A. Méndez-Vilas (Ed.), Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: *Science, Technology and Education* (Vol. 1, pp. 342–348). Formatex.

Coubronne, C. (1980). Variation de quelques paramètres biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières : étude dans deux élevages (Thèse vétérinaire, École Vétérinaire d'Alfort, Paris).

Coulibaly, K. J., Kouamé Elogne, C., Yeo, A., Koffi, C., & Dosso, M. (2018). Qualité microbiologique des produits laitiers industriels vendus à Abidjan de 2009 à 2012. *Revue Bio-Africa, 14*, 44–52.

Courtet, F. (2010). *Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras : voies d'amélioration par l'alimentation* (Thèse de doctorat vétérinaire, École nationale vétérinaire d'Alfort), 128 p.

Croisier, M., & Croisier, Y. (2011). Hygiène et santé en élevage de troupeau (Tome 2). Éducagri Éditions, CNPR.

Dahmani, S., & Kasmi, Z. (2018). *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et sanitaire du lait de vache cru commercialisé dans la région d'El Oued* (Mémoire de Master, Université Ziane Achour Djelfa, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Agro-Vétérinaires), p. 4.

Damien, B. (2013). *Potentiel probiotique des bactéries lactiques de l'écosystème mammaire bovin contre les mammites à Staphylococcus aureus* (Thèse de doctorat, Université de Rennes 1), pp. 33, 41, 47, 334.

Darej, C., M'hamdi, N., Attia, K., Hamzaoui, S., M'hamdi, H., Mrabet, K., & Bouraoui, R. (2019). Effets des pratiques d'élevage sur le bien-être animal et la qualité du lait chez la vache Holstein en Tunisie. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 65*(2), 406–4076. E-ISSN 2286-5314.

De Matos, G. (2013). *Contribution à la maîtrise du risque lié à Staphylococcus aureus en filière fermière de fromage de chèvre au lait cru en Corse* (Mémoire de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard - Lyon I), 97 p.

Dieng, M. (2010). *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché dakarois* (Thèse de doctorat vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar), 210 p.

Duquenne, M. (2010). *Incidence de paramètres technologiques sur l'expression de gènes et la production d'entérotoxines de Staphylococcus aureus au cours des 72 h suivant l'emprésurage des laits en fabrication fromagère* (Thèse de doctorat en microbiologie, AgroParisTech - Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Paris).

Ekine-Dzivenu, C. C., Mrode, R., Oyieng, E., Komwihangilo, D., Lyatuu, E., Msuta, G., & Okeyo, A. M. (2020). Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of smallholder dairy cattle in a sub-Saharan

African climate. *Livestock Science, 242*, 104314. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314

El Haddad, L. (2010). *Caractérisation des phages de Staphylococcus aureus* (Mémoire, Université Laval, Québec), p. 1.

Elmoslemany, A. M., Almuhanna, S. F., & Alnaeem, A. A. (2016). Seasonal variations of raw milk hygienic quality in Saudi Arabia dairy herds. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences, 49*(2), 65–69. https://doi.org/10.5455/ajvs.214837

Ennuyer, M., & Laumonnier, G. (2013). *Vade-mecum de gestion de l'élevage bovin laitier* (478 p.). Éditions MED'COM.

FAO. **(2017).** *Le lait et les produits laitiers : La composition du lait*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO & FIL. (2012). *Guide de bonnes pratiques en production laitière* (FAO Production et santé animales – Directives No 8). Rome, Italie. https://www.fao.org/docrep/008/y5224f/Y5224f00.htm

FAO. (2013). *Food Supply – Livestock and Fish Primary Equivalent*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Fayolle, L. (2015). *Le lactose, indicateur de déficit énergétique chez la vache laitière ?* (Thèse de doctorat en sciences vétérinaires, Campus vétérinaire de Lyon), 141 p.

Fernane, H. (2017). *Étude des bactéries thermorésistantes dans le lait* (Thèse de doctorat, Université Mustapha Stambouli de Mascara), 147 p.

Ferry, T., Perpoint, T., Vandenesch, F., & Etienne, J. (2005). Virulence determinants in *Staphylococcus aureus* and their involvement in clinical syndromes. *Current Infectious Disease Reports, 7*(6), 420–428. https://doi.org/10.1007/s11908-005-0032-4

Fletcher, S., Boonwaat, L., Moore, T., Chavada, R., & Conaty, S. (2015). Investigating an outbreak of staphylococcal food poisoning among travellers across two Australian states. *Western Pacific Surveillance and Response Journal, 6*, 17–21. https://doi.org/10.5365/WPSAR.2015.6.2.002

Foster, T. J. (2005). Immune evasion by *Staphylococci*. *Nature Reviews Microbiology*, *3*(12), 948–958. https://doi.org/10.1038/nrmicro1289

Kwiecinski, J. M., & Horswill, A. R. (2020). Infections sanguines à *Staphylococcus aureus* : pathogenèse et mécanismes de régulation. *Current Opinion in Microbiology, 53*, 51–60. https://doi.org/10.1016/j.mib.2020.02.005

Gencurova, V., Hanus, O., Vyletelova, M., Landova, H., & Jedelska, R. (2008). The relationships between goat and cow milk freezing point, milk composition and properties. *Scientia Agriculturae Bohemica*, *39*, 324–328.

Ghaoues, S. (2011). *Évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'Est algérien* (Mémoire de magister en sciences alimentaires, Université Mentouri de Constantine), 130 p.

Ghaoues, S. (2011). Évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'Est algérien (Mémoire de magister en sciences alimentaires, Université Mentouri de Constantine), 130 p.

GIEC. (2019). Climate change: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (R.K. Pachauri & L. A. Meyer, Éds.). GIEC. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/

Giri, A. K., Shrman, K., Jamra, M. S., & Prajapati, B. K. (2020). A review on mastitis in dairy animals. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9*, 1844–1852.

Glantz, M., Månsson, H. L., Stålhammar, H., & Paulsson, M. (2020). Effect of polymorphisms in the leptin, leptin receptor, and acyl-coenzyme A: Diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1) genes and genetic polymorphism of milk proteins on cheese characteristics. *Journal of Dairy Science, 94*(7), 3295–3304. https://doi.org/10.3168/jds.2020-17950

Gnanamani, A., Hariharan, P., & Paul-Satyaseela, M. (2017). *Staphylococcus aureus: Overview of bacteriology, clinical diseases, epidemiology, antibiotic resistance and therapeutic approach*. In *Frontiers in Staphylococcus aureus* (pp. 1–26).

Gonzales-Barron, U., Gonçalves-Tenório, A., Rodrigues, V., & Cadavez, V. (2017). Foodborne pathogens in raw milk and cheese of sheep and goat origin: A meta-analysis approach. *Current Opinion in Food Science, 18*, 7–13.

Gouttaya, A., Bezzalla, F., & Adil, S. (2013). *Étude de la qualité microbiologique du lait camelin collecté localement en mi-lactation* (Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla), 36 p.

Guérin, D. (2016). Le bâtiment, domaine de risque sanitaire. *La Creuse Agricole*, 04 février.

Guigma. (2013). *Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage dans les élevages autour de la ville de Kaolack au Sénégal* (Thèse de médecine vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop), 67 p.

Guillemot, M., & Didière. (2015). *Impact des antibiotiques sur l'histoire naturelle de la colonisation nasale par Staphylococcus aureus* (Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie), 958 p.

Haag, A. F., Fitzgerald, J. R., & Penadés, J. R. (2019). *Staphylococcus aureus* in animals. *Microbiology Spectrum, 7*, 1–18.

Haddadi, K. (2010). Mécanismes de la protéolyse dans le lait lors de l'inflammation de la glande mammaire chez la vache laitière : activité des protéases leucocytaires et des protéases bactériennes (cas *d'Escherichia coli)* (Thèse de doctorat, École Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires, Nantes), p. 18.

Hamiroune, M., Dahmani, S., Kasmi, Z., Foughalia, A., & Djemal, M. (2019). Evaluation of the physicochemical quality of raw bovine and goat milk marketed in the steppic region of Djelfa (Algeria). *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine, 76*(1). https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=18435270&AN=140103615

Hammami, H., Bormann, J., M'hamdi, N., Montaldo, H. H., & Gengler, N. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science, 96*(3), 1844–1855. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5947

Hanuš, O., Hanušová, K., Vyletělová, M., Kopec, T., Janů, L., & Kopecký, J. (2012). Selected abiotic factors that influence raw cow milk freezing point depression. *Journal of the University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences in Brno, 81*, 49–55.

Havemose, M. S., Weisbjerg, M. R., Bredie, W. L. P., & Nielsen, J. H. (2004). Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal, 14*, 563–570.

Hazmani, I. (2020). *Synthèse bibliographique sur les risques bactériologiques contaminant le lait cru dans les élevages bovins laitiers* (Mémoire de Master 2, Université Mohamed Khider Biskra), p. 13.

Henchion, M., Moloney, A. P., Hyland, J., Zimmermann, J., & McCarthy, S. (2021). Review: Trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock systems in the global production of proteins. *Animal, 15*, 100287. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100287

Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *International Journal of Biometeorology, 62*(12), 2089–2097. https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9

Hernández, A., Domínguez, B., Cervantes, P., Muñoz-Melgarejo, S., Salazar-Lizán, S., & Tejeda-Martínez, A. (2011). Temperature-humidity index (THI) 1917–2008 and future scenarios of livestock comfort in Veracruz, México. *Atmósfera, 24*(1), 89–102.

International Organization for Standardization. (2020). Microbiology of the food chain — Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination — Part 5: Specific rules for the preparation of milk and milk products (ISO Standard No. 6887-5:2020). https://www.iso.org/standard/71502.html

International Organization for Standardization. (2013). Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique (ISO Standard No. 4833-1:2013). https://www.iso.org/standard/53728.html

Jean, C., & Dijon, C. (1993). *Au fil du lait*. [Ouvrage]. ISBN 2-86621-172-3.

Jean-Christophe, V. (2018). *Science et technologie du lait* (3e éd., pp. 4–33). Canada.

JORA, (2017). JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39. 8 Chaoual 1438/2 juillet 2017.

Kali, S., Benidir, M., Ait Kaci, K., Belkheir, B., & Benyoucef, M. T. (2011). Situation de la filière lait en Algérie : Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural Development, 23*(8), 1–12.

Jean-Luc, B. (2017). *Organisation de la phase du lait : Matière grasse laitière – Composition, organisation et propriétés* (F6320 v1).

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2007). *Science des aliments : Biochimie, microbiologie, procédés, produits*. Paris : Lavoisier.

Johler, S., Tichaczek-Dischinger, P. S., Rau, J., Sihto, H. M., Lehner, A., Adam, M., & Stephan, R. (2013). Outbreak of staphylococcal food poisoning due to SEA-producing *Staphylococcus aureus*. *Foodborne Pathogens and Disease, 10*(8), 777–781. https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1546

Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2022). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science, 77*(1), 59–91. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X

Kaouche-Adjlane, S. (2019). Facteurs de variation qualitative et quantitative de la production laitière : Revue bibliographique. *Revue Agriculture, 10*(1), 43–54.

Kebchaoui, J. (2012). *Le lait : composition et propriétés*. Coopération universitaire 2012–2013 entre la Faculté Polydisciplinaire de Taroudant (Maroc) et l'ENIL de Besançon-Mamirolle (France). ENIL Mamirolle.

Kocot, A. M., & Olszewska, M. A. (2017). Biofilm formation and microscopic analysis of biofilms formed by *Listeria monocytogenes* in a food processing context. *LWT – Food Science and Technology, 84*, 47–57.

Kohler, G. (2013). *Note d'information relative à la vente directe de lait cru*. Direction Départementale de la Protection des Populations des Pyrénées-Atlantiques (version 13-01), 10 p.

Kouamé-Sina, S. M., Bassa, A., Dadié, A., Makita, K., Grace, D., Dje, M., & Bonfoh, B. (2010). Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales, 8*, 35–42.

Kumar, A., Alam, A., Rani, M., Ehtesham, N. Z., & Hasnain, S. E. (2017). Biofilms: Survival and defense strategy for pathogens. *International Journal of Medical Microbiology, 307*(5), 481–489.

Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, … Berny, E., Ouhssine, M. (2009). Étude physico-chimique et microbiologique de laits crus. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux, 148*, 7–16.

Lafitedupont, A. (2011). *Les différents laits et leur complicité : Les protéines de lait de vache : aspect nutritionnel en allergie alimentaire* (Thèse, Université de Limoges, Faculté de Pharmacie), 146 p.

Lakhundi, S., & Zhang, K. (2018). *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline : Caractérisation moléculaire, évolution et épidémiologie. *Clinical Microbiology Reviews, 31*(4), e00020-00018. https://doi.org/10.1128/CMR.00020-18

Lannabi, I., & Sal, A. (2015). Analyse microbiologique d'un produit laitier (yaourt). *Mémoire de Master 2, Microbiologie Générale et Biologie Moléculaire des Micro-organismes*, Université des Frères Mentouri Constantine, 17 p.

Latorre, A. A., Van Kessel, J. S., Karns, J. S., Zurakowski, M. J., Pradhan, A. K., Boor, K. J., … (2010). Biofilm in milking equipment on a dairy farm as a potential source of bulk tank milk contamination with *Listeria monocytogenes*. *Journal of Dairy Science, 93*(7), 2792–2802. https://doi.org/10.3168/jds.2009-3053

Lederer, J. (1983). *Le lait*. In *Encyclopédie de l'hygiène alimentaire* (2e éd., vol. 2).

Legrand, A., & Boubet, B. (2022). Gestion sanitaire des bâtiments d'élevage : Focus sur la période estivale. *GDS Creuse*.

Léonil, J., Michalski, M. C., & Martin, P. (2013). Les structures supramoléculaires du lait : structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *INRA Productions Animales, 26*(2), 129–144.

Li, X., Ma, X., Xiao, N., Long, W., Wu, Y., Tong, P., & Chen, H. (2019). Change in chemical composition of Simmental crossbred cattle milk improved its physicochemical, nutritional, and processed properties. *Journal of Food Science, 84*(5), 1322–1330.

Luquet, F. M. (1985). *Laits et produits laitiers : Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits. De la mamelle à la laiterie*. Paris : Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire / Lavoisier, 139 p.

Maamouri, O., Rouissi, H., Dridi, S., Kammoun, M., De Baerdemaeker, J., & Karou, R. (2008). Mid infrared attenuated total reflection spectroscopy as a rapid tool to assess the quality of Sicilo-Sarde ewe's milk during the lactation period after replacing soybean meal with scotch bean in the feed ration. *Food Chemistry, 106*, 361–368.

Magro, G. (2017). *Bovine Staphylococcus aureus mastitis: From the mammary immune response to the bacteria virulence genes* [PhD thesis, Università Degli Studi di Milano]. Milan, Italy.

Mariotti, A., Pan, Y., Zeng, N., & Alessandri, A. (2015). Long-term climate change in the Mediterranean region in the midst of decadal variability. *Climate Dynamics, 44*(5), 1437–1456.

Marumo, J. L., Lusseau, D., Speakman, J. R., Mackie, M., & Hambly, C. (2022). Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. *Journal of Dairy Science, 105*(2), 1225–1241. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20698

Mateos, A., Guyard-Nicodème, M., Baglinière, F., Jardin, J., Gaucheron, F., Dary, A., & Gaillard, J. L. (2015). Proteolysis of milk proteins by AprX, an extracellular protease

identified in *Pseudomonas* LBSA1 isolated from bulk raw milk, and implications for the stability of UHT milk. *International Dairy Journal, 49*, 78–88.

Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K., & Boukhris, R. (2017). Qualités physico-chimiques et microbiologiques de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est algérien. *Livestock Research for Rural Development, 29*(11). http://www.lrrd.org/lrrd29/11/mata29199.html

Mathieu, J. (1998). *Initiation à la physicochimie du lait*. Paris : Lavoisier, Tec & Doc.

Medjour. (2014). *Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (Camelus dromedarius) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif)* [Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider, Biskra].

Mosbah, S., Mekkaoui, S., Dahia, M., Boual, Z., & Boudjenahharoun, S. (2019). Variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques au cours de la préparation du Raib à partir du lait de chamelle. *Revue des BioRessources, 9*(2).

Mouedden, N. R. (2010). *Simulation d'un plan HACCP au niveau de la chaîne de fabrication du yaourt pour la mise en place d'un plan assurance qualité : Cas laiterie yaourterie DAHRA* [Mémoire de Magister, Université d'Oran].

Murphy, S. C., Martin, N. H., Barbano, D. M., & Wiedmann, M. (2016). Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? *Journal of Dairy Science, 99*(12), 10128–10149.

Oliveira, D., Borges, A., & Simões, M. (2018). Toxines de *Staphylococcus aureus* et leur activité moléculaire dans les maladies infectieuses. *Toxins, 10*(6), 252. https://doi.org/10.3390/toxins10060252

Otto, M. (2018). Staphylococcal biofilms. *Microbiology Spectrum, 6*, 3–23.

Pacheco. (2016). *Facteurs de variabilité des taux de matières grasses et protéiques du lait en élevage bovin et impact sur les qualités marchande et industrielle dans la région de M'Sila (2020/2021)* [Mémoire].

Pal, M., Kerorsa, G. B., Marami, L. M., & Kandi, V. (2020). Epidemiology, pathogenicity, animal infections, antibiotic resistance, public health significance, and economic impact of *Staphylococcus aureus*: A comprehensive review. *American Journal of Public Health Research, 8*, 14–21.

Pereira, P. C. (2014). Milk composition and its role in human health. *Nutrition, 30*, 619–627.

Perreau, J. M. (2014). *Conduire son troupeau de vaches laitières*. Paris : Éditions France Agricole.

Philippe, F., Christine, L., & René, B. (2013). *La vache et le lait* (2e éd.). Paris : INRA-Quae.

Pohl, P. (2010). Les souches pathogènes d'*Escherichia coli*, histoire et classification. *Annales de Médecine Vétérinaire, 137*, 325–333.

Rahim, S., & Bennecib, L. (2021). *La qualité bactériologique du lait cru de la vache* [Mémoire, Université Mohamed Khider Biskra].

Rheotest, M. (2010). *Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants* [Note technique].

Ribeiro, J. C., Tamanini, R., de Oliveira, A. L. M., Ribeiro, J., & Beloti, V. (2018). Spoilage potential of spore-forming bacteria from refrigerated raw milk. *Semina: Ciências Agrárias, 39*(5), 2049–2057.

Richard, J. (2012). La flore microbienne du lait cru, influence des conditions de traite. In *Le lait matière première de l'industrie laitière* (pp. 113–119). CEPIL – INRA.

Rouabhia, M. E. H., & Messoudi, S. (2017). Comparaison entre trois recettes du fromage à pâte molle type Camembert [Mémoire d'ingénieur d'État, Université Constantine 1 – INATAA], 54 p.

Rouissi, E. (2018). Influence de la qualité de l'eau de nettoyage de la salle de traite et d'abreuvement sur la qualité du lait dans des fermes tunisiennes. *(Revue non précisée, 6* (3), 330–336).

Sassi, E. H. (2019). *Étude de la variation saisonnière des paramètres biochimiques et microbiologiques du lait cru de vache à la traite dans l'Ouest algérien* (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem), pp. 32, 42, 114.

Seddaoui, I. (2020). *Variations saisonnières et diversité du microbiote des laits réceptionnés dans les laiteries de l'Ouest algérien* (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem), pp. 16, 30, 74.

Sejian, V., Samal, L., Haque, N., Bagath, M., Hyder, I., Maurya, V. P., … Lal, R. (2015). Overview on adaptation, mitigation and amelioration strategies to improve livestock production under the changing climatic scenario. In V. Sejian, J. Gaughan, L. Baumgard, & C. Prasad (Eds.), *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation* (pp. 359–397). Springer India.

Seme, K., Pitala, W., & Osseyi, G. E. (2015). Qualité nutritionnelle et hygiénique de laits crus de vaches allaitantes dans la région maritime au sud-Togo. *Journal Scientifique Européen, 36*, 359–376.

Shettigar, K., & Murali, T. (2020). Virulence factors and clonal diversity of *Staphylococcus aureus* in colonization and wound infection with emphasis on diabetic foot infection. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 39*(11), 2235–2246. https://doi.org/10.1007/s10096-020-03958-9

Siboukeur, O. (2012). *Étude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, aptitudes à la coagulation* (Thèse de doctorat, Institut National Agronomique El-Harrach), 135 p.

Singh, R., Ray, P., Das, A., & Sharma, M. (2010). Penetration of antibiotics through *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 65*(9), 1955–1958. https://doi.org/10.1093/jac/dkq207

Steenson, S., & Buttriss, J. L. (2020). The challenges of defining a healthy and 'sustainable' diet. *Nutrition Bulletin, 45*(2), 206–222. https://doi.org/10.1111/nbu.12439

Thammavongsa, V., Kim, H. K., Missiakas, D., & Schneewind, O. (2015). Staphylococcal manipulation of host immune responses. *Nature Reviews Microbiology, 13*(8), 529–543. https://doi.org/10.1038/nrmicro3501

Thérèse, G. (2014). *À propos du lait cru* [Brochure d'information, FLPLW, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège], 28 p.

Thurlow, L., Hanke, M., Fritz, T., Angle, A., Aldrich, A., Williams, H., & Horswill, A. R. (2012). *Staphylococcus aureus* biofilms prevent macrophage phagocytosis and attenuate inflammation in vivo. *Journal of Immunology, 186*(11), 6585–6596. https://doi.org/10.4049/jimmunol.1002794

Tir, E., Bounoua, S., Heddar, M., & Bouklila, N. (2015). Étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie) (Mémoire de Master, Université de Tiaret – Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).

Vazanthakumari, R. (2016). *Textbook of microbiology*. Wolters Kluwer (India) Pvt. Ltd.

Vazquez, V., Liang, X., Horndahl, J., Ganesh, V., Smeds, E., Foster, T., & Hook, M. (2011). Fibrinogen is a ligand for the *Staphylococcus aureus* Microbial Surface Components Recognizing Adhesive Matrix Molecules (MSCRAMM) bone sialoprotein-binding protein (Bbp). *Journal of Biological Chemistry, 286*(34), 29797–29805.

Viban Banah, V. (2014). *Étude étiologique des mammites cliniques chez les petits ruminants dans la zone urbaine et périurbaine de Dakar* [Thèse de doctorat vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar].

Viçosa, G. N., Moraes, P. M., Yamazi, A. K., & Nero, L. A. (2010). Enumeration of coagulase and thermonuclease-positive *Staphylococcus* spp. in raw milk and fresh soft cheese: An evaluation of Baird-Parker agar, Rabbit Plasma Fibrinogen agar, and the Petrifilm Staph Express count system. *Food Microbiology*, *27*(4), 447–452.

Vignola, C. (2010). *Sciences et technologie du lait : Transformation du lait* (2e éd.). Presses Polytechniques de Montréal.

Wallemacq, H., Girard, B., Lekeux, P., & Bureau, F. (2010). La vaccination contre les mammites à *Staphylococcus aureus* chez la vache laitière. *Annales de Médecine Vétérinaire*, *154*, 16–29.

Watterson, M. J., Kent, D. J., Boor, K. J., Wiedmann, M., & Martin, N. H. (2014). Evaluation of dairy powder products implicates thermophilic spore formers as the primary organisms of interest. *Journal of Dairy Science*, *97*(4), 2487–2497.

Wattiaux, M. (1996). *Dairy essentials: Lactation and milking* (1re éd.). The Babcock Publications, University of Wisconsin-Madison.

World Bank Group (WBG). (2022). *Climate Change Knowledge Portal*. https://climateknowledgeportal.worldbank.org

Wendmisida, V. (2013). *Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage autour de la ville de Kaolack au Sénégal* [Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar].

Yagil, R. (1982). *Camels and camel milk*. Animal Production and Health Paper No. 26. FAO (Food and Agriculture Organization), Rome.

Yehia, H. M., Ismail, E. A., Hassan, Z. K., Al-Masoud, A. H., & Al-Dagal, M. M. (2019). Heat resistance and presence of genes encoding staphylococcal enterotoxins evaluated by multiplex-PCR of *Staphylococcus aureus* isolated from pasteurized camel milk. *Bioscience Reports*, *39*(12), BSR20191225. https://doi.org/10.1042/BSR20191225

Zeinhom, M., & Abed, A. (2021). Prevalence, characterization, and control of *Staphylococcus aureus* isolated from raw milk and Egyptian soft cheese. *Journal of Veterinary Medical Research*, *27*, 152–160.

Zeroual, A., Assani, A. A., & Meddi, M. (2016). Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in Northern Algeria over the 1972–2013 period. *Hydrology Research*, *48*(2), 584–595. https://doi.org/10.2166/nh.2016.244

Zeroual, A., Assani, A. A., Meddi, H., Bouabdelli, S., Zeroual, S., & Alkama, R. (2020). Assessment of projected precipitations and temperatures change signals over Algeria based on regional climate model: RCA4 simulations. In A. M. Negm, A. Bouderbala, H. Chenchouni, & D. Barceló (Eds.), *Water Resources in Algeria – Part I: Assessment of Surface and Groundwater Resources* (pp. 135–159). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18326-9_8

Ziam, H., Kernif, T., Saidani, K., Kelanemer, R., Hammaz, Z., & Geysen, D. (2020). Characterization of tick-borne pathogens in cattle in north-western Algeria. *Veterinary Medicine and Science*, *6*(3), 720–729. https://doi.org/10.1002/vms3.271

Annexe

Annexes 01 : Matériel

- **Équipement**
  - Autoclave
  - Bain marie
  - Balance
  - Bec bunsen
  - Incubateur
  - Réfrigérateur
  - Vortex
- **Verreries**
  - Bécher
  - Boites de pétri
  - Flacons
  - Micropipette
  - Pipette pasteur
  - Tubes à essai

Annexe 02 : Milieux de culture et diluant

Diluant : Eau peptonée 0.1%

Constituants	**Quantité en g**
Peptone bactériologique	1
Dissoudre 1 g dans un litre d'eau distillé ; autoclaver : 121 °C pendant 15 minutes; pH =6,5 ± 0,5.	

- Composition typique du milieu PCA :

Constituants	**Quantité en g/l**
Extrait de levure Peptone tryptique (caséine) Dextrose Agar Eau distillée	2,5 5,0 1,0 9,0 1,0 l
Dissoudre 17,5 g dans un litre d'eau distillé ; autoclaver : 121 °C pendant 15 minutes; pH =7,0 ± 0,2.	

- Composition typique du milieu MSA :

Constituants	**Quantité en g/l**
Chlorure de sodium	75,0
D-mannitol	10,0
Digestion pancréatique de caséine	5,0
Digestion peptique de tissu animal	5,0
Extrait de bœuf	1,0
Rouge de phénol	0,025
Gélose bactériologique	15,0
Dissoudre 111g dans un litre d'eau distillé ; autoclaver : 15min 121°C pH =7,4 ± 0,2.	