

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Democratic and Popular Republic of Algeria

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ministry of Higher Education and Scientific Research

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

École Nationale Supérieure Vétérinaire. Rabie Bouchama

Higher National Veterinary School. Rabie Bouchama

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة



N° d'ordre : 009

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du **diplôme de Docteur Vétérinaire**

THÈME

Qualité microbiologique du lait de chèvre collecté dans deux wilaya de l'Est de l'Algérie.

Présenté par :

Melle: MEDJDOUB Meriem

M: LAMRI Noufel

Soutenu publiquement, le 3 Juin devant le jury :

Mr GOUCEM R.	MCA(ENSV)	Président
MmeBOUAYAD L.	Professeure (ENSV)	Promotrice
MmeBOUHAMED R.	MCA (ENSV)	Examinatrice

Année universitaire 2023-202

Remerciement

Nous rendons grâce à Dieu de nous avoir donné le courage et la volonté de réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à **Pr BOUAYAD Leila** pour avoir bien voulu accepter d'être notre promotrice, pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période de travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères aux membres du jury, **Dr GOUCEM Rachid et Dr BOUHAMMED Radia**, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous souhaitons également remercier Madame **BOUDJELLAL Louisa**, ingénieure de laboratoire d'HIDAOA, et Melle **BELHOUT Chahrazed** pour leur soutien technique et leur expertise tout au long de cette étude.

Nous remercions tout particulièrement les éleveurs des régions de Béjaïa et Mila pour leur coopération et leur disponibilité lors de la collecte des échantillons de lait de chèvre. Leur participation a été essentielle pour le succès de cette recherche.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance envers nos familles pour leur patience et leur soutien indéfectible tout au long de ce projet. Leur amour et leur compréhension ont été inestimables.

Merci à tous pour votre contribution et votre soutien.

Dédicace

À mes chers parents et chères sœurs,

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance. Vous avez toujours été là pour moi, pour me soutenir et m'encourager, dans les bons comme dans les mauvais moments. Vous m'avez inculqué des valeurs essentielles et m'avez donné les clés pour réussir dans la vie. Je suis infiniment reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mon binôme Meriem

À mes amis,

Je vous dédie ce travail en témoignage de notre amitié indéfectible. Vous êtes toujours là pour moi, pour rire, pour pleurer et pour partager les moments importants de la vie. Vous êtes ma famille de cœur et je sais que je peux toujours compter sur vous.

Merci à tous pour votre amour, votre soutien et votre amitié.

NOUFEL

Dédicace

Je dédie ce travail :

À Dieu tout-puissant, pour m'avoir donné la force, le courage et la volonté de mener à bien cette étude.

À ma chère promotrice, Madame BOUAYAD, pour avoir bien voulu accepter de me guider et de me soutenir tout au long de ce projet. Sa sagesse, ses conseils avisés et son dévouement ont été essentiels à la réalisation de cette étude.

À ma mère,

Pour ton amour inconditionnel, ton soutien constant et ta patience infinie. Ta foi en moi a été une source inépuisable de motivation et d'encouragement. Sans toi, ce travail n'aurait pas été possible.

À mon père,

Dont l'amour et le soutien inconditionnels ont été une source constante de motivation. Ta patience, tes encouragements et ta foi en moi ont rendu cette réalisation possible. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi.

À ma chère sœur Aya, mes trois chers frères, Zakaria, Mohamed et Oussama, pour votre soutien constant, votre amour, vos encouragements et votre présence à mes côtés. Vous avez été des sources inestimables de motivation et de force.

À mon binôme Noufel,

À toute personne de ma famille, mes amis et collègues, pour leurs encouragements, leurs conseils précieux et leur soutien moral tout au long de ce parcours.

MERIEM

Table des matières:

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA CHEVRE ET LES RACES CAPRINES.....	3
Généralités.....	3
Systématique.....	3
Caprins d'Algérie.....	4
Répartition géographique des caprins.....	4
Principales races caprines en Algérie.....	4
Systèmes d'élevage des caprins.....	7
Système extensif.....	7
Système semi extensif.....	7
Système intensif.....	7
CHAPITRE II : LAIT DE CHEVRE.....	8
Définition générale du lait.....	8
Définition du lait de chèvre.....	8
Composition globale de lait.....	8
Eau.....	9
Matière grasse.....	9
Les matières azotées.....	9
Glucides.....	11
Minéraux.....	11
Vitamines:.....	12
Enzymes.....	12
Propriétés organoleptiques.....	13
Couleur.....	13
Odeur.....	13
Saveur.....	13
Viscosité.....	13
Propriétés physico-chimiques.....	14
Densité.....	14
Acidité dornic.....	14
pH du lait.....	14
Point de congélation.....	14
Point d'ébullition.....	15

CHAPITRE III : CONTAMINATION MICROBIENNE DU LAIT	16
Flore microbienne de lait:	16
Flore originelle	16
Flore de contamination	17
Sources de contaminations	19
Au stade de production	19
Par l’animal	20
Au cours de traite.....	20
Au cours du transport.....	21
Matériel et Méthode	24
1-Objectifs:.....	23
2-Matériels et méthodes	23
2-1-Matériels	23
2-2-Méthodes	25
2.2.6. Exploitation des résultats	28
Résultats et discussion.....	30
1-Prévalence globale de la contamination du lait de chèvre analysée par les trois germes sélectionnés	30
2-Prévalence de contamination du lait de chèvre analysée par région	31
3-Résultat des dénombrements.....	33
Conclusion.....	37
Recommandation	38
Références bibliographiques.....	39

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition en lipides du lait de chèvre.....	9
Tableau 2. Composition moyenne en g/litre et distribution des protéines dans le lait de chèvre	10
Tableau 3. composition moyenne minérale du lait de chèvre en g/L	11
Tableau 4. Teneur en vitamines du lait de chèvre	12
Tableau 5. Répartition du nombre d'échantillons par région et par ferme.....	24
Tableau 6. Prévalence globale de contamination du lait de chèvre des deux wilayas échantillonnées.....	30
Tableau 7. Prévalence de contamination du lait de chèvre par région.....	32
Tableau 8. Résultats des dénombrements dans le lait de chèvre récolté à Bejaia et Mila.....	35
Tableau 9. Répartition de la conformité des échantillons aux seuils critiques par région.....	34
Tableau 10. Répartition de la charge bactérienne en E. coli par région.....	35

Liste des figures

Figure 1. Chèvre Arbia	5
Figure 2. Chèvre Kabyle	5
Figure 3. Race Makatia	6
Figure 4. Race M'zabia.....	6
Figure 5. Logigramme de dénombrement de <i>Staphylococcus</i> spp.	26
Figure 6. Logigramme de dénombrement des <i>E.coli</i> (logigramme personnel)	28
Figure 7. Prévalence globale de contamination du lait de chèvre dans les deux wilayas.....	30
Figure 8. Prévalence de la contamination du lait de chèvre analysée par région.	32
Figure 9. Répartitions des conformités par régions.	36

Liste des abréviations

FAO	Food and Agriculture Organization
C6	Acide caproïque
C8	Acide caprylique
C10	Acide caprique
°D	Degré Dornic
Ph	Le potentiel d'hydrogène
TIAC	Toxi-infections alimentaires collectives
VRBG	Violet Red Bile Glucose Agar
TBX	Tryptone Bile Glucuronate
ISO	Internationale Organization for Standarization.
TSE	Tryptone Sel Eau
UFC	Unité formant colonie
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
NC	Non conforme
C	Conforme
A	Acceptable
HIDAOA	Hygiène et Industries des denrées alimentaires d'origine animale
CAC	Codex Alimentarius Commission
RCP	Recommended Code of Practice

Résumé :

La qualité microbiologique du lait de chèvre est un aspect crucial pour la sécurité des aliments et la santé publique.

Notre étude s'est concentrée sur la recherche et l'identification des staphylocoques, *Escherichia coli* et des coliformes thermotolérants à partir de 21 échantillons de lait de chèvre collectés dans plusieurs fermes de deux régions de l'Est de l'Algérie : Béjaïa et Mila. Sur les 21 prélèvements de lait de chèvre analysés, 48 % étaient positifs aux staphylocoques, 86 % étaient positifs aux coliformes thermotolérants et 100% étaient positifs à *Escherichia coli*.

La non-conformité des laits analysés a été observée dans 100 % et 30 % des échantillons par rapport aux staphylocoques dans les wilayas de Béjaïa et Mila respectivement. Pour les coliformes thermotolérants, 40 % des échantillons de Mila étaient non conformes contre 0 % à Béjaïa.

Évaluer la qualité microbiologique du lait de chèvre contribue à garantir la sécurité sanitaire du lait en détectant la présence de germes qui peuvent altérer sa qualité et porter atteinte à la santé du consommateur.

Mots clés : Lait de chèvre ; *Escherichia coli* ; staphylocoque ; coliformes thermotolérants .

Absract :

The microbiological quality of goat milk is a crucial aspect for food safety and public health.

Our study focused on the research and identification of Staphylococcus, *Escherichia coli*, and thermotolerant coliforms from 21 samples of goat milk collected from several farms in two regions in eastern Algeria: Béjaïa and Mila. Of the 21 goat milk samples analyzed, 48% were positive for Staphylococcus, 86% were positive for thermotolerant coliforms and 100% were positive for *Escherichia coli*.

Non-compliance of the analyzed milk was observed in 100% and 30% of the samples for Staphylococcus in the wilayas of Béjaïa and Mila, respectively. For thermotolerant coliforms, 40% of the samples from Mila were non-compliant compared to 0% in Béjaïa.

Evaluating the microbiological quality of goat milk helps ensure the safety of the milk by detecting the presence of germs that can alter its quality and pose a threat to consumer health.

Keywords: Goat milk; *Escherichia coli*; Staphylococcus; Thermotolerant coliforms.

المخلص

جودة الحليب من الناحية الميكروبيولوجية هي جانب مهم لسلامة الأغذية والصحة العامة. تركزت دراستنا على البحث والتعرف على بكتيريا العنقوديات والإشريكية القولونية والقولونيات المقاومة للحرارة من 21 عينة من حليب الماعز التي تم جمعها من عدة مزارع في منطقتين في شرق الجزائر: بجاية وميلة. من بين 21 عينة من حليب الماعز التي تم تحليلها، كانت 48% إيجابية لبكتيريا العنقوديات و86% إيجابية للقولونيات المقاومة للحرارة و100% كانت إيجابية للإشريكية القولونية..

تمت ملاحظة عدم الامتثال في الحليب المحلل بنسبة 100% و30% من العينات لبكتيريا العنقوديات في ولايتي بجاية وميلة على التوالي. بالنسبة للقولونيات المقاومة للحرارة، كانت 40% من العينات من ميلة غير ممتثلة مقارنة بـ 0% في بجاية.

يساعد تقييم الجودة الميكروبيولوجية لحليب الماعز في ضمان سلامة الحليب من خلال اكتشاف وجود الجراثيم التي يمكن أن تؤثر على جودته وتشكل تهديداً لصحة المستهلك.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز؛ الإشريكية القولونية؛ العنقوديات؛ القولونيات المقاومة للحرارة.

Partie 1:

Partie bibliographique.

INTRODUCTION

Le lait de chèvre, longtemps apprécié pour ses propriétés nutritives et ses bienfaits pour la santé, est aujourd'hui reconnu comme un aliment de qualité exceptionnelle. En effet, ce lait se distingue par sa composition unique qui le rend particulièrement bénéfique pour la consommation humaine. Il est non seulement riche en protéines, en vitamines et en minéraux, mais aussi en acides gras spécifiques, notamment les acides gras à chaîne moyenne, contribuent à une meilleure absorption des nutriments et à une diminution du risque de maladies cardiovasculaires (**St-Gelais *et al.*, 1999**).

Cependant, malgré ses nombreux avantages, le lait de chèvre n'est pas exempt de risques. Comme tout produit laitier, il peut être sujet à des contaminations microbiennes, notamment par des bactéries pathogènes telles que les staphylocoques et *Escherichia coli* (*E. coli*). Ces microorganismes peuvent proliférer dans le lait de chèvre en raison de conditions sanitaires inadéquates lors de la traite, du stockage ou de la transformation du lait. La présence de staphylocoques, en particulier *Staphylococcus aureus*, peut entraîner des toxiinfections alimentaires sévères, caractérisées par des symptômes tels que des vomissements, des diarrhées et des douleurs abdominales. De même, la contamination par *E. coli*, notamment les souches pathogènes comme *E. coli O157*, peut provoquer des infections graves, voire mortelles, chez l'homme (**Cadavez *et al.*, 2017**).

Ces dangers potentiels soulignent l'importance cruciale des pratiques rigoureuses en matière d'hygiène et de sécurité alimentaire dans la production de lait de chèvre. Il est essentiel de mettre en place des mesures préventives efficaces, telles que le contrôle sanitaire des troupeaux, l'asepsie lors de la traite, le respect de la chaîne du froid et la pasteurisation du lait, pour minimiser les risques de contamination. De plus, une sensibilisation accrue des producteurs et des consommateurs aux bonnes pratiques de manipulation et de consommation des produits laitiers peut contribuer à réduire significativement les incidences de maladies d'origine alimentaire (**CAC/RCP 57-2004**).

Il est crucial de mettre en place un contrôle rigoureux de la qualité hygiénique du lait.

C'est dans ce cadre que notre étude, menée à l'ENSV, vise à évaluer la qualité de 21 échantillons de lait de chèvre provenant de plusieurs fermes de deux régions de l'est de L'Algérie, en l'occurrence Bejaia et Mila.

Ce travail se divise en deux parties : une partie bibliographique et une partie expérimentale.

La première partie comprend trois chapitres : l'élevage caprin, le lait de chèvre, et la microbiologie du lait. La deuxième partie est composée des matériels et méthodes utilisés, des résultats et leurs discussions et enfin de conclusion et recommandations.

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA CHEVRE ET LES RACES CAPRINES

Généralités :

Petit ruminant herbivore très agile, peuplant le monde entier, en particulier les zones montagneuses, et surtout élevé pour son lait et sa viande. La chèvre a été domestiquée il y a plus de 12 000 ans à partir d'une région qui s'étend de la mer Égée à l'Indus. Sa domestication a été progressive à partir du bouquetin ou plus probablement de la chèvre sauvage (*Capra aegagrus*). Dans les régions pauvres, elle joue un rôle important, puisqu'elle constitue l'une des principales sources d'apports de protéines. Elle est exploitée pour son lait, sa viande, sa peau et ses poils (cachemire, mohair) (Bomsel, M, 1999).

Systematique :

La chèvre, également connue sous le nom scientifique de *Capra*, appartient à la sous-famille des caprinés et à la famille des bovidés. Elle fait partie du sous-ordre des ruminants, qui sont des mammifères placentaires. Elle est classée dans l'embranchement des vertébrés du règne animal.

D'après Holmes-Pegler (1966), Babo (2000) et Fournier (2006), la chèvre domestique, désignée scientifiquement sous le nom de *Capra hircus*, est classée dans :

- Règne : Animal
- Embranchement : vertébrés
- Classe : Mammifères
- Sous- classe : Placentaires
- Ordre : Artiodactyles
- Sous- ordre ; Ruminants
- Famille : Bovidés
- Sous- famille : Caprinés
- Genre : *Capra*
- Espèce : *Capra hircus*

Caprins d'Algérie :

Selon plusieurs sources, bien que les chèvres domestiques d'Afrique du Nord aient des origines remontant à la Nubie, leur ancêtre sauvage, la *Capra hircus aegagrus*, est originaire du Proche-Orient et de l'Afrique orientale (**Cherif, 2021**).

En Algérie, l'élevage de chèvres est une pratique répandue dans de nombreuses régions, en particulier dans les zones rurales. Les chèvres sont élevées principalement pour leur viande et leur lait, et certaines races indigènes sont adaptées aux conditions locales.

En Algérie, on observe une grande variété de populations locales de l'espèce *Capra hircus Linnaeus*, dont la plupart appartiennent à des types traditionnels. On distingue quatre types majeurs locaux : Arabia, Makatia, M'Zab et Kabyle, ainsi que deux races introduites : Saanen et Alpine (**FAO, 2006**). Le cheptel caprin mondial a été estimé par la FAO à 5007 894 têtes en 2017 (**FAO stat, 2017**).

Répartition géographique des caprins :

La distribution du cheptel caprin en Algérie est influencée par divers facteurs tels que la topographie régionale, le mode d'élevage et l'importance accordée à la chèvre. Comme dans d'autres nations méditerranéennes, les effectifs sont principalement concentrés dans les zones difficiles et défavorisées telles que les steppes, les régions montagneuses et les oasis (**Madani et al., 2015**). L'élevage est généralement extensif, car la chèvre est connue pour sa robustesse et sa capacité à valoriser les ressources limitées. Le nombre de chèvres par troupeau est plus élevé dans les pâturages sylvo-pastoraux du nord du pays (50 à 80 têtes), tandis qu'il est plus modeste dans les régions désertiques et les oasis (**Madani et al., 2015**).

Principales races caprines en Algérie :

A. Races locales :

- ❖ **Chèvre ARBIA** : La chèvre Arabe (Figure 1) est la race la plus dominante en Algérie. Elle est issue de la race Nubienne et se trouve principalement dans les hauts plateaux, les zones steppiques et semi-steppiques. Caractéristiques physiques : Taille basse (50-70 cm), oreilles longues, larges et pendantes, robe multicolore (noire,

grise, marron), poils longs (12-15 cm). Production laitière : Moyenne de 1,5 litre par jour. (Bey et Laloui, 2005).



Figure 1. Chèvre Arbia (BENYOUB, 2016)

- ❖ **Race Kabyle** :cette race (figure 2) se distingue par sa petite taille et est largement répandue dans les massifs montagneux de Kabylie, des Aurès et du Dahra. Son pelage est généralement brun foncé, parfois noir, et elle possède une tête au profil courbé ornée de cornes. On estime sa population à environ 427 000 têtes, comprenant 307 000 femelles reproductrices et 23 500 mâles reproducteurs (Feliachi ,2003).



Figure 2.Chèvre Kabyle (Moula et al., 2003)

- ❖ **Race Makatia** :La chèvre de race Makatia (figure 3) est originaire des hauts plateaux et du nord de l'Algérie. Elle se distingue par sa grande taille et sa robe multicolore.

Appréciée pour sa production laitière et carnée, sa peau et son cuir sont également valorisés, contribuant ainsi à l'économie locale (Feliachi ,2003).



Figure 3.Race Makatia(BENYOUB, 2016)



- ❖ **Race M'zabia :** Originaire de Metlili ou Berriane dans la région de Ghardaïa, la race M'zabia (figure 4) est réputée pour être une race laitière par excellence. Elle se caractérise par une production laitière atteignant environ 400 à 450 litres sur une période de lactation de 8 mois (Houari et Khebibeche-Saadi, 2016). De taille moyenne (65 cm), elle présente un corps allongé, droit et rectiligne. Sa tête fine est ornée de cornes et sa robe affiche trois couleurs principales : le chamois dominant, le blanc et le noir (Feliachi, 2003).



Figure 4. Race M'zabia (BENYOUB, 2016)

❖ **Races**

croisées : Ces races sont issues de croisements non contrôlés entre les chèvres locales et d'autres races. Bien que les études soient limitées, elles présentent des

caractéristiques remarquables : une taille imposante, une carcasse pleine, une aptitude fréquente aux gestations gémellaires et une production laitière appréciable (**Cherif, 2021**).

B. Races importées :

Elle est représentée principalement par la Saanen et à moindre degré par l'Alpine, importées d'Europe et caractérisées par leur forte production laitière. La race Saanen est élevée principalement par les fabricants du fromage en Kabylie (**Moula et al., 2003**)

Systèmes d'élevage des caprins :

Système extensif :

Le système pastoral est le plus courant en Algérie. L'alimentation des chèvres est principalement assurée par le pâturage, c'est-à-dire la recherche de nourriture sur des terres naturelles non cultivées (**Nedjraoui 1981**).

Système semi extensif :

Le système semi-extensif se caractérise par des déplacements non réguliers dans le temps et dans l'espace. Ces déplacements sont principalement dictés par la pluviométrie. En d'autres termes, les éleveurs déplacent leurs troupeaux vers des zones où les précipitations sont suffisantes pour garantir la disponibilité de nourriture pour les chèvres (**Cherif, 2021**).

Système intensif :

Le système intensif est principalement adopté pour les races améliorées sélectionnées en vue d'une production laitière élevée ou d'une importante production de viande. Il est appliqué aux troupeaux dont l'objectif est de maximiser la production, que ce soit en lait ou en viande. Ce système implique la stabulation des animaux, c'est-à-dire leur confinement dans des bâtiments, afin de leur fournir un environnement contrôlé et de leur apporter les ressources alimentaires et l'attention nécessaires pour atteindre leur plein potentiel de production(**Pradal,2012**)

CHAPITRE II : LAIT DE CHEVRE

Définition générale du lait :

Le lait est un liquide produit par les glandes mammaires des femelles mammifères pendant la période de lactation. Il se présente sous forme d'un fluide aqueux opaque, généralement blanc, mais sa teinte peut varier en fonction de la teneur en bêta-carotène et de sa teneur en matières grasses. Il a une saveur douceâtre et un pH légèrement acide, se situant généralement entre 6,6 et 6,8, proche de la neutralité(Alais,1984).

Selon la réglementationCODEX, la dénomination « lait » est réservée pour le produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction (Codex Stan 206-1999).

La dénomination « lait », sans indication de l'espèce animale d'origine, est réservée au lait de vache. Pour tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache, il est nécessaire de préciser l'espèce animale dont il provient(Kabir, 2014).

Définition du lait de chèvre :

Le lait de chèvre est un liquide opaque, de couleur blanchâtre mate, en raison de l'absence de bêta-carotène. Il a une saveur peu sucrée et une odeur assez neutre (Alais, 1984).

Le lait de chèvre frais présente un léger goût de chèvre, attribuable à la présence d'acides gras capryliques, capriques et caproïques(Jaubert, 1997).

Composition globale de lait :

D'une manière générale, le lait se compose principalement d'eau, de lipides, de protéines, de lactose, de sels minéraux et de vitamines. Quel que soit le type de lait considéré, seule la teneur de ces composants peut varier d'un lait à un autre.

Eau :

L'eau est un élément essentiel pour la composition du lait, car elle sert de solvant pour tous les éléments hydrosolubles du lait, tels que le lactose, les minéraux, une partie des protéines et certaines vitamines. De plus, l'eau agit comme un milieu dispersant pour les composants non hydrosolubles présents dans le lait, tels que la matière grasse, les protéines et les vitamines. La teneur en eau influence principalement la texture ainsi que les propriétés physiques et mécaniques du lait(Edgar, 1998).Le lait de chèvre est constitué de 87% d'eau (Amiot *et al.*, 2002).

Matière grasse :

Le lait de chèvre est caractérisé par sa faible teneur en carotène, ce qui le rend moins coloré que d'autres types de lait. Il est également plus riche en acides gras à chaîne moyenne, notamment l'acide caproïque (C6), l'acide caprylique (C8) et l'acide caprique (C10) (Tableau 01). De plus, il présente un pourcentage plus élevé de petits globules gras, de taille plus réduite par rapport au lait de vache. Contrairement au lait de vache, le lait de chèvre ne contient pas d'agglutinines et présente une activité lipasique plus faible (Chilliard, 1996).

Tableau 1.Composition en lipides du lait de chèvre (Chilliard, 1996).

Composition %	Triglycérides	Glycérides partielles	Cholestérol	phospholipides	Acides gras libres
	95	03	0.4	01	0.6

Les matières azotées :

Les substances azotées sont classées en deux groupes matière azotée protéique et non protéique(Amiot *et al.*, 2002).

Protéines :

Synthèse bibliographique

Les protéines constituent la plus grande partie de la matière azotée totale du lait. Elles sont classées en deux catégories en fonction de leur solubilité dans l'eau (**Amiot *et al.*, 2002**) :

- Les caséines : comprenant les fractions α -S1B, $\alpha\alpha$ -S2A, β -A2 et κ , qui se présentent sous forme de suspension colloïdale et s'agglutinent pour former des micelles.
- Les protéines de lactosérum : telles que la bêta-lactoglobuline et l'alpha-lactalbumine, qui sont présentes sous forme de solution colloïdale et précipitent sous l'effet de la chaleur.

Les teneurs moyennes des protéines de lait de chèvre sont représentées dans le tableau 2

Tableau 2. Composition moyenne en g/litre et distribution des protéines dans le lait de chèvre (**FAO, 2002**)

Protéines	Chèvre
a-lactalbumine	2,0(25%)
β -lactoglobuline	4.4(55%)
Albumine sérique	0,6(7%)
Immunoglobulines	0.5(6%)
Protéose-peptone	0,6(7%)
Total des protéines solubles(100%)	8.10 (100%)
Caséine a-S	-
Caséine β	-
Caséine k	-
Caséine g	-
Total des caséines (100%)	(100%) 26,0
Protides totaux	34,1

Matières azotées non protéiques :

Synthèse bibliographique

Cette fraction comprend les acides aminés libres, l'urée, la créatine, les nucléotides, et d'autres composés similaires. Elle représente environ 5% des matières azotées totales contenues dans le lait (Alais, 1984).

Glucides:

Le lactose est le constituant majeur de la matière sèche du lait, il a un pouvoir sucrant faible, six fois moins élevé que celui du saccharose. Le lactose est un disaccharide composé de deux sucres simples : le glucose et le galactose. Il n'est assimilé par l'organisme qu'après avoir été décomposé en ces deux sucres simples sous l'action d'une enzyme appelée lactase (Charles et Bansh, 1991).

Minéraux :

La quantité de minéraux présents dans le lait, mesurée après incinération, varie généralement de 0,60 à 0,90%. Ceux-ci se présentent le plus souvent sous forme de sels, de bases et d'acides (Amiot *et al.*, 2002). Dans le lait de chèvre, cette fraction minérale représente généralement une faible quantité, allant de 5 à 8 g/l.

Certains de ces éléments minéraux revêtent une importance particulière sur le plan technologique, tels que le calcium et le phosphate de calcium, qui interviennent dans les processus de coagulation (Keilling, 1985).

La composition minérale du lait de chèvre est représentée dans le tableau 03.

Tableau 3. Composition moyenne minérale du lait de chèvre en g/L (Keilling, 1985).

Calcium	Phosphore	Magnésium	Potassium	Sodium	Fer
1,3	1	0,18	1,8	0,4	0,1

Vitamines:

Les vitamines se présentent sous deux types : les liposolubles et les hydrosolubles. Le lait de chèvre se distingue du lait de vache par sa faible quantité de vitamine A et une quasi-absence de bêta-carotène, ce dernier étant responsable de sa couleur blanche.

La concentration des vitamines dans le lait de chèvre est détaillée dans le tableau 04.

Tableau 4. Teneur en vitamines du lait de chèvre (g/l)(FAO, 2002)

Vitamines	Concentration g/l
Vitamine A	0.24
Beta carotène	<0.10
Vitamine E	2.3
Vitamine C	4.20
Vitamine B1	0.41
Vitamine B2	1.38
Vitamine B6	0.60
Vitamine B12	0.0008
Acide nicotinique	3.28
Acide folique	0.006

Enzymes:

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques d'origine lactée, microbienne ou fongique, et leurs propriétés sont utilisées en technologie laitière ainsi qu'en inspection du lait et des produits laitiers.

Les principales enzymes comprennent :

- Les hydrolases : telles que les lipases, les phosphatases alcalines (PAL) et les protéases.
- Les oxydo-réductases : comme la xanthine oxydase et la lactopéroxydase (**Wendmisida, 2013**).

Propriétés organoleptiques :

Couleur :

Le lait de chèvre, contrairement au lait de vache, ne contient pas de bêta-carotène. Par conséquent, il présente une couleur blanche distinctive qui se retrouve dans tous les produits laitiers à base de lait de chèvre, tels que les fromages, les yaourts et le beurre. Il est à noter qu'un changement de couleur se produit autour de 94 à 120 degrés Celsius, où un blanchiment se produit (attribué à la dénaturation des protéines), suivi ultérieurement d'un brunissement dû à l'interaction entre les protéines et les sucres (**Jouannet, 1992**).

Odeur :

Le lait de chèvre frais a généralement une odeur relativement neutre. Cependant, vers la fin de la période de lactation, cette odeur peut parfois devenir caprique, caractérisée par des notes légèrement musquées ou de chèvre (**Jouannet, 1992**).

Saveur :

Le lait de chèvre fraîchement traité ne présente généralement pas de saveur distinctive. Cependant, après avoir été conservé au frais, à environ 4°C, il développe une saveur caractéristique qui peut être décrite comme légèrement sucrée ou légèrement acidulée, avec parfois des notes subtiles de chèvre (**Jouannet, 1992**).

Viscosité :

Le lait, avec une viscosité mesurée entre 16 et 21,5 centipoises (1 mPascal /seconde), est plus visqueux que l'eau. Cette caractéristique est attribuable à la présence d'une émulsion de matières grasses et de particules colloïdales (**Jaquet et Thévenot, 1961**). La viscosité du lait est principalement due à la taille des globules gras et aux macromolécules protéiques, tandis que les substances en solution ont une influence négligeable. À titre de référence, la viscosité de l'eau est de 1,006 centipoises. À une température de 20°C, la viscosité moyenne du lait entier est de 2,2 centipoises, tandis que celle du lait écrémé est de 1,9 (**Alias, 1984**).

Propriétés physico-chimiques :

Densité :

La densité d'un liquide est définie comme le rapport entre une masse donnée du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. Pour le lait de chèvre, sa densité varie de 1,028 à 1,035 (**Amiot et al., 2002**). Cette différence est liée à la concentration en matières solides non grasses et en matière grasse du lait.

En moyenne, la densité du lait de chèvre est d'environ 1,030, et elle est relativement stable (**Veinoglou et al., 1982**).

Acidité dornic :

Appelée également l'acidité de titrage, elle correspond à la quantité d'acide lactique contenue dans 1 litre de solution. Un degré D (°D) équivaut à 0,1 gramme d'acide lactique. Cette mesure permet d'évaluer le taux d'acide lactique produit à partir du lactose dans le lait. L'acidité reste généralement constante pendant la période de lactation, se situant entre 0,16 et 0,17% d'acide lactique (**Veinoglou et al., 1982**). L'acidité Dornic varie quant à elle de 15 à 18°D. On fait distinction entre l'acidité naturelle, présente dans le lait frais, et une acidité développée résultant de la conversion du lactose en acide lactique par divers microorganismes (**CIPC lait, 2011**).

pH du lait :

Le pH, ou potentiel hydrogène, représente la mesure de l'acidité ou de l'alcalinité en chimie d'une solution ou d'un milieu. Il constitue un indicateur de l'état de fraîcheur du lait. Pour le lait de chèvre, le pH est compris entre 6,45 et 6,90 (**Remeuf et al., 1989**). En comparaison avec le lait de vache, le lait de chèvre est légèrement acide, cela est dû à une teneur plus importante en ions phosphoriques et citriques, ainsi qu'aux caséines et à la forte teneur en albumine (**Sina, 1992**).

Point de congélation :

Le point de congélation indique précisément la température à laquelle un liquide ou une substance contenant de l'eau se solidifie dans des conditions données. Pour le lait de chèvre, le point de

congélation est d'environ $-0,580\text{ }^{\circ}\text{C}$, correspondant à une osmolarité d'environ $297 \pm 2,5\text{ mosm/kg}$ d'eau (**Jenness, 1980**).

Point d'ébullition :

Le point d'ébullition du lait de chèvre est généralement légèrement plus élevé que celui du lait de vache en raison de sa composition chimique différente. En moyenne, le lait de chèvre bout à environ $100,5^{\circ}\text{C}$, soit légèrement au-dessus du point d'ébullition de l'eau pure en raison des protéines et des graisses présentes dans le lait. Cependant, il peut y avoir des variations en fonction de différents facteurs tels que la teneur en matières grasses et en protéines du lait, ainsi que des conditions de pression atmosphérique (**Majdi, 2008**).

CHAPITRE III : CONTAMINATION MICROBIENNE DU LAIT

Flore microbienne de lait:

Les microorganismes présents dans le lait sont généralement classés en deux catégories principales en fonction de leur importance : la flore originelle et la flore de contamination. Cette dernière est ensuite divisée en deux sous-catégories : la flore d'altération et la flore pathogène(Vignola, 2002).

Flore originelle :

Lorsqu'il est sécrété par la mamelle d'un animal en bonne santé, le lait contient naturellement peu de microorganismes. La présence de cette flore naturelle dans le lait cru est un facteur essentiel, notamment pour ses propriétés organoleptiques (Fotou *et al.*, 2011).

Le lait prélevé à partir d'un animal sain dans de bonnes conditions contient peu de germes (moins de 1000 germes/l). Il s'agit principalement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores, tels que les Microcoques, les Streptocoques lactiques et les Lactobacilles (Guiraud, 2003).

Les bactéries présentes dans le lait cru sont temporairement inhibées par des substances inhibitrices appelées "lacténines". Cependant, l'action de ces lacténines est de courte durée, ne durant qu'environ une heure (Guiraud, 2003).

Les bactéries lactiques font partie d'un ensemble de bactéries bénéfiques qui partagent des caractéristiques similaires et qui produisent de l'acide lactique comme produit final de leur processus de fermentation. Elles sont largement répandues dans la nature et sont également présentes dans le système digestif de l'homme. Parmi elles, on trouve le *Lactobacillus helveticus*, le *Lactobacillus delbrueckii* et le *Lactococcus lactis*(Prescott *et al.*, 2010).

Flore de contamination :

La flore de contamination représente l'ensemble des microorganismes qui contaminent le lait depuis sa collecte jusqu'à sa consommation. Elle peut se diviser en deux catégories : une flore d'altération, pouvant induire des défauts sensoriels ou réduire la durée de conservation des produits, et une flore pathogène, représentant un risque sanitaire important (**Vignola, 2002**).

Le lait peut être contaminé à différents stades, notamment au stade de la production par l'animal lui-même, au cours de la traite, ou encore au cours du transport.

Flore d'altération :

La flore d'altération comprend des bactéries qui causent des modifications organoleptiques dans les produits laitiers, sans représenter de risque pour la santé du consommateur. Cependant, elles peuvent réduire la durée de vie du produit laitier (**Guiraud, 2003**).

A. Bactéries de type Coliforme :

Les coliformes sont des bactéries Gram négatives non sporulées qui peuvent survivre dans des conditions aérobies ou anaérobies facultatives (**Billon et Sauvé, 2009**).

La présence d'un nombre élevé de coliformes dans le lait suggère une contamination par les excréments, souvent causée par des chèvres insuffisamment nettoyées ou par des pratiques d'hygiène inadéquates pendant la traite. Ces bactéries ont tendance à se développer facilement sur le matériel de traite. Leur présence peut entraîner des défauts dans la fabrication du fromage. De plus, certaines souches de coliformes, telles que *Escherichia coli*, sont également responsables de toxi-infections alimentaires graves (**Pierre, 2007**).

B. Levures et moisissures :

Les levures et les moisissures sont des organismes souvent observés dans le fromage, bien qu'ils soient moins présents dans le lait. Les levures sont des champignons unicellulaires

microscopiques, généralement de forme ronde à ovale, se reproduisant principalement par bourgeonnement, bien que la scissiparité puisse également se produire, mais plus rarement. Il est à noter que les levures associées à la détérioration sont fréquemment présentes dans le secteur laitier (**Hermier *et al.*, 1992**).

Flore pathogène :

La contamination du lait et des produits laitiers par des agents pathogènes peut provenir soit d'une source endogène, résultant de l'excrétion de la mamelle d'un animal malade, soit d'une source exogène, impliquant un contact direct avec des troupeaux infectés ou une contamination environnementale (par exemple, par l'eau) ou associée aux activités humaines (**Brisabois *et al.*, 1997**). Parmi ces agents pathogènes figurent les Salmonelles, *Listeria*, *Brucella*, Staphylocoques et *Clostridium*.

A. *Staphylococcus aureus* :

Staphylococcus aureus est le principal agent pathogène impliqué dans de nombreux cas de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) liées à la consommation de lait et de produits laitiers contaminés. Cette bactérie peut entraîner divers symptômes tels que des nausées, des vomissements, des diarrhées, des douleurs abdominales et des maux de tête. Chez les jeunes enfants, les femmes enceintes et les personnes immunodéprimées, les conséquences peuvent être plus graves. La contamination du lait cru dès sa production peut provenir de la flore présente dans la mamelle en cas d'infection, ainsi que de la flore environnementale introduite lors des diverses manipulations(**Pradal,2012**).

B. Salmonelles :

Salmonella est une bactérie qui se trouve naturellement dans l'intestin des animaux. Elle peut également être présente dans l'environnement et contaminer le lait dès sa production à la ferme (**Van Kessel *et al.*, 2004**). Les individus qui consomment du lait contaminé par *Salmonella* risquent de développer une salmonellose. Les

symptômes de cette maladie, sont souvent observés, comme dans le cas d'autres infections alimentaires (**Streit et al., 2006**).

C. *Listeria* :

Listeria monocytogenes est l'agent pathogène responsable de la listériose, une infection alimentaire associée à un taux de mortalité élevé. Cette bactérie peut se développer dans une plage de température allant de 0°C à 45°C, avec une température optimale située entre 30°C et 37°C (**Lovett, 1989**). Elle présente une grande résistance aux conditions défavorables telles que la réfrigération, et elle est capable de se développer dans des environnements où d'autres bactéries ne survivraient pas (**Larpen, 1985**).

D. *Brucella* :

La brucellose, causée par la bactérie *Brucella*, est une infection intracellulaire facultative. Cette bactérie peut contaminer les humains par la consommation d'aliments contaminés, en particulier le lait et les produits laitiers crus. Les *Brucella* sont des bactéries aérobies strictes, mais certaines souches nécessitent une atmosphère enrichie en CO₂ pour leur croissance (**Anses, 2014**).

Sources de contaminations :

Au stade de production :

La flore présente dans le lait cru est abondante et peut évoluer rapidement. Pour préserver sa qualité, il est crucial de le refroidir à moins de 10°C dès que possible, idéalement dans l'heure suivant la traite. Le lait collecté à la ferme est soit immédiatement réfrigéré s'il est destiné à être transporté vers un centre de ramassage, soit stocké dans des réservoirs réfrigérés pour les grandes exploitations avant d'être transporté. Ce processus permet de stabiliser la flore microbienne. Il est impératif de maintenir le lait cru au froid en tout temps, car sa durée de conservation est courte en raison de la croissance potentielle de germes psychrotrophes, limitant sa conservation à quelques jours (**Guiraud et Galzy, 1980**).

Par l'animal :

Lorsqu'un animal est traité avec des médicaments, son lait peut contenir des résidus d'antibiotiques, ce qui peut perturber les processus de fermentation et de maturation des produits laitiers tels que les yaourts, fromages et autres laits fermentés (**Ben Mahdi et Ouslimani, 2009**). Les laits contaminés doivent être séparés du lait sain et exclus de la transformation. Maintenir la propreté des mamelles et des membres des chèvres est essentiel pour préserver la santé de leurs mamelles et réduire le risque de mammites environnementales. Cela contribue à limiter la propagation des agents pathogènes de l'environnement vers le canal du trayon.

Au cours de traite :

Les micro-organismes sont inévitablement présents dans le lait fraîchement collecté, avec des quantités et des types très variables. Cette contamination provient à la fois de l'intérieur et de l'extérieur de la mamelle.

- ❖ La contamination intra-mammaire se produit après la traite, même dans des conditions d'hygiène rigoureuses et avec une mamelle saine. Le lait contient généralement entre quelques centaines et quelques milliers de bactéries par millilitre, principalement des germes communs tels que *Corynebacterium* et *Micrococcus*, ainsi que parfois des germes pathogènes provenant de l'environnement extérieur par le canal du trayon. De plus, une contamination endogène peut se produire avec des germes pathogènes provenant de la circulation sanguine, tels que ceux responsables de la brucellose et de la tuberculose (**Weber, 1985**).
- ❖ La contamination extra-mammaire se produit lors de la traite, lorsque le lait est exposé à un second apport de microorganismes provenant de diverses sources bactériennes, souvent en quantités beaucoup plus importantes que la contamination intra-mammaire. L'ampleur de cette contamination dépend largement des conditions d'hygiène lors de la traite et dans l'étable, y compris le comportement du trayeur et de l'animal, l'état de la mamelle, l'environnement ambiant, la propreté des équipements de traite et de collecte du lait, ainsi que la qualité bactériologique de l'eau utilisée pour le nettoyage. Les ustensiles en contact

avec le lait et une machine à traire mal entretenue sont particulièrement responsables d'une forte charge microbienne dans le lait (**Weber, 1985**).

Au cours du transport :

Lors de la récolte et du transport, le mélange de plusieurs laits provenant de sources différentes peut augmenter la charge bactérienne du lait. Si aucune mesure préventive n'est prise, cette augmentation de la charge bactérienne peut altérer la qualité du lait et présenter un risque pour le consommateur.

Pour éviter cela, la récolte du lait s'effectue généralement à l'aide de citernes réfrigérées. Cette méthode permet de ralentir la multiplication bactérienne en maintenant le lait à des températures basses, ce qui constitue un traitement de stabilisation. Cela aide à préserver la qualité du lait pendant son transport vers les installations de transformation(**Weber, 1985**).

Partie 2 :
Partie expérimentale.

1-Objectifs:

Le premier objectif de cette étude est d'évaluer la prévalence de la contamination du lait cru de chèvre, récolté dans les fermes du nord-est de l'Algérie, par les Staphylocoques, les coliformes thermotolérants et *Escherichia coli*.

Le deuxième objectif est d'évaluer la charge de ces espèces bactériennes par échantillon, afin de les comparer aux seuils critiques établis par la réglementation algérienne.

Le dénombrement d'*Escherichia coli* a été réalisé dans le but d'estimer la contamination du lait cru de chèvre par ce pathogène potentiel.

2-Matériels et méthodes :

2-1-Matériels :

2-1-1- Lait cru

Vingt-et-un échantillons de lait cru de chèvre ont été collectés dans dix fermes caprines situées dans deux wilayas de l'est algérien : Bejaia et Mila (voir tableau N5).

Les fermes visitées dans ces deux wilayas pratiquent une stabulation de type semi-entravé, et la traite est réalisée manuellement, deux fois par jour (le matin et le soir). Le personnel des fermes est composé des éleveurs eux-mêmes et de leurs familles.

Tableau 5. Répartition du nombre d'échantillons par région et par ferme.

Région	Ferme	Nombre d'échantillon
Bejaia	A	3
	B	2
	C	2
	D	1
	E	1
	F	2
Mila	G	2
	H	2
	I	4
	J	2
Total	10	21

2-1-2-Matériel utilisé:

a- Matériel de prélèvements :

- Flacons stériles de 100ml (21).
- Glacière.

b- Matériel de laboratoire :

- Etuves préréglées (Mamert) à 30°C, 37°C et 44°C.
- Matériel de stérilisation : autoclave.
- Matériel classique de laboratoire microbiologique :

Bec Bunsen, briquets, anse de platine, pipettes Pasteur, boîtes de Petrie stériles, tubes à essai stériles, épendorfs, aluminium, coton, bécher, micropipettes, seringues, portoirs, vortex, appareil de comptage lumineux, flacons de verre, eau distillé...

c-Milieus et réactifs:

- Gélose VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar)
- Gélose TBX (Tryptone Bile Glucuronate)
- Gélose Baird parker

- Eau oxygénée
- Additif kovacs
- Gélose nutritive

2-2-Méthodes:

2-2-1- Méthode de prélèvement

Le lait est prélevé directement du pis de la chèvre dans un flacon stérile de 100 ml. Avant la traite, les mamelles sont lavées et essuyées avec un chiffon propre, et les mains sont également lavées.

Les flacons contenant le lait récolté ont été acheminés dans une glacière immédiatement après la récolte vers le laboratoire d'HIDAOA de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire pour analyse microbiologique.

La période de l'étude s'est étendue du 4 Juin au 22 Juin 2023.

2-2-2 Prise d'essai et préparation des dilutions décimales :

La préparation de la prise d'essai et des dilutions décimales a été réalisée selon les recommandations de la norme NF EN ISO 6887-1 de septembre 1999.

Pour chaque échantillon, des dilutions décimales ont été préparées de la manière suivante : 1 ml de lait cru homogénéisé est transféré à l'aide d'une micropipette dans un tube contenant 9 ml de TSE, réalisant ainsi la dilution primaire 10^{-1} . Ensuite, 1 ml de cette dilution est transféré dans un nouveau tube contenant 9 ml de TSE pour obtenir la dilution 10^{-2} . La même opération est répétée à partir de la dernière dilution pour obtenir la dilution 10^{-3} .

Dénombrement de *Staphylococcus spp.*

Le dénombrement de Staphylocoques à coagulase positive a été réalisé selon les recommandations de la norme ISO 6888-2 : 2003, sur le milieu de culture Baird-Parker, qui est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement de ces bactéries.

Pour effectuer les dénombrements à partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} , nous suivons le logigramme (**figure 5**).

Une fois les boîtes ensemencées, elles sont incubées dans une étuve à une température de 37°C pendant 24 heures. Si les colonies ne sont pas visibles après cette période, les boîtes sont incubées pendant 24 heures supplémentaires.

Après l'incubation, examinez visuellement les boîtes pour rechercher des colonies caractéristiques, généralement noires ou grises, brillantes et convexes (1 mm à 1,5 mm), entourées d'un halo clair qui peut être partiellement opaque.

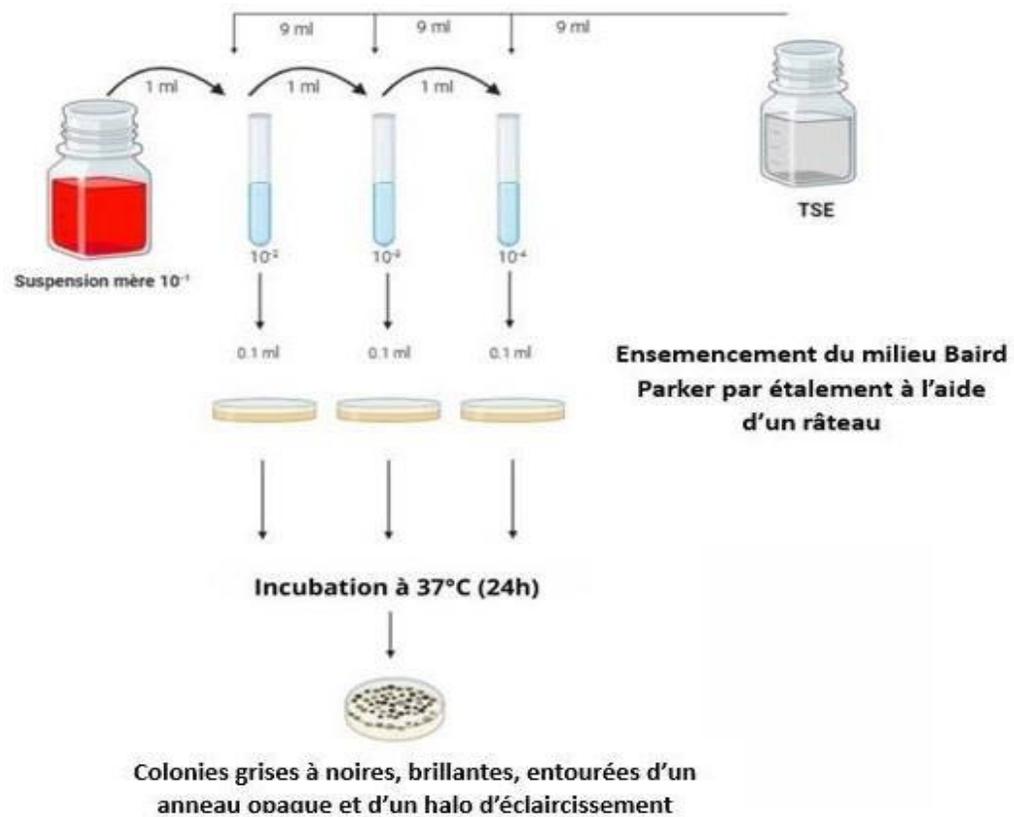


Figure 5. Logigramme de dénombrement de *Staphylococcus* spp.(logigramme personnel)

Tests de confirmation. Ces tests sont essentiels pour confirmer l'identification de *Staphylococcus* spp. et évaluer sa capacité à produire des enzymes spécifiques telles que la catalase.

À partir des colonies repiquées, réaliser un test de catalase. Pour ce faire, déposer une goutte de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) sur une boîte de Pétri stérile. Ensuite, à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, prélever une colonie et la déposer sur la goutte d'H₂O₂. Enfin, mélanger soigneusement la colonie avec la goutte. Si la bactérie possède l'enzyme catalase, elle catalysera la décomposition du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène, produisant des bulles.

Dénombrement des coliformes thermo tolérants :

Le dénombrement des coliformes thermotolérants a été réalisé en suivant les recommandations de la norme ISO 4832 (1991), par un ensemencement en profondeur avec de la gélose VRBG à partir de 1 ml d'inoculum des dilutions suivantes : 10⁻¹, 10⁻² et 10⁻³.

L'incubation des boîtes a été effectuée après solidification de la gélose, dans une étuve réglée à 44 °C pendant 24 heures. Les colonies de coliformes caractéristiques apparaissent roses ou violacées.

Dénombrement des *Escherichia coli*:

Le dénombrement des *E. coli* a été réalisé sur gélose TBX (Tryptone-Bile-Glucuronate), un milieu de culture sélectif chromogénique spécifiquement conçu pour détecter les *Escherichia coli* β-glucuronidase positifs dans les produits alimentaires. En présence de l'enzyme β-glucuronidase, le substrat chromogène X-glucuronide réagit et forme des colonies d'*E. coli* de couleur distinctive, généralement bleues ou vertes (ISO 16649-2 : 2001).

Dans un premier temps, effectuer un ensemencement en profondeur sur gélose TBX à partir des dilutions 10⁻¹, 10⁻² et 10⁻³, puis laisser solidifier. Ensuite, incuber les boîtes pendant 24 heures à 44 °C. La figure 6 résume le protocole de recherche et de dénombrement des *E. coli*.

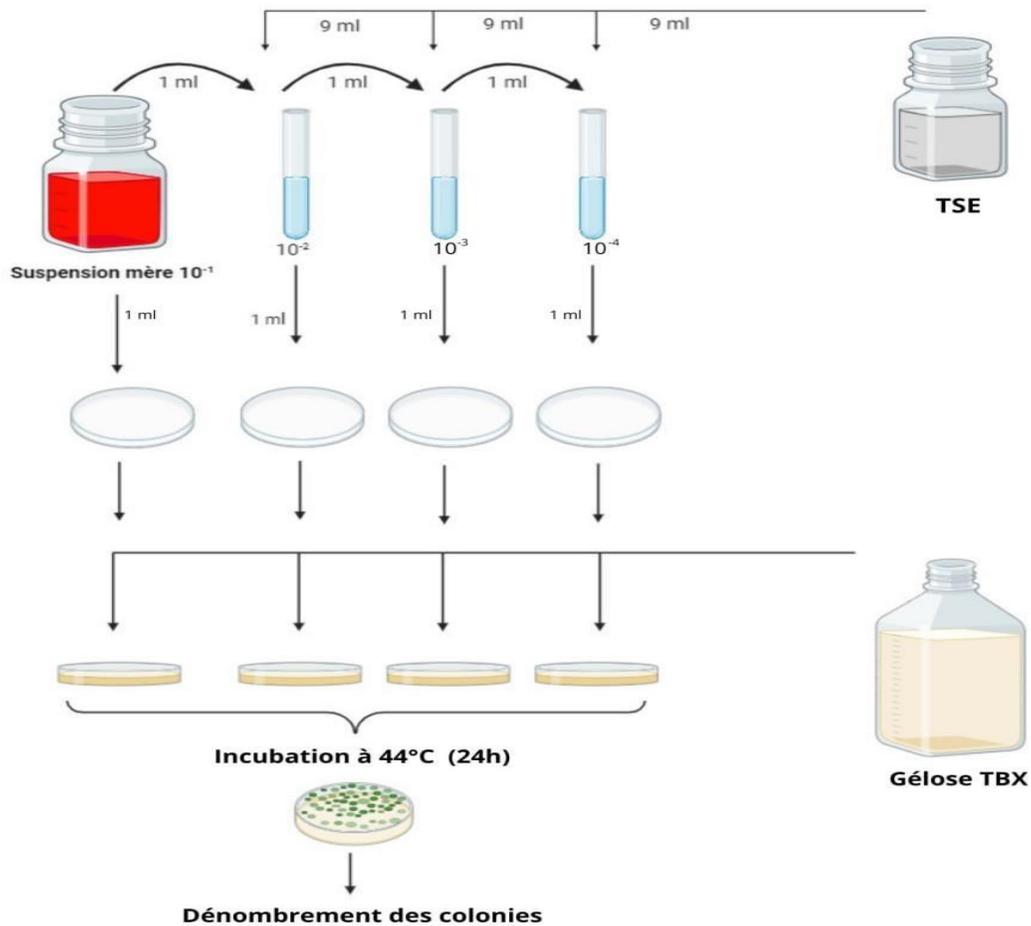


Figure 6. Logigramme de dénombrement des *E.coli* (logigramme personnel)

Exploitation des résultats

Dénombrement des coliformes thermotolérants et d'*E.coli*.

Le nombre de colonies dans l'échantillon est calculé tel recommandé par la norme ISO 7218 de 2007. Le calcul de la concentration bactérienne N en UFC par millilitre ou par gramme de produit, selon la formule ci-dessous :

$$N = \frac{\sum c}{(v \times 1,1D)}$$

Où :

$\sum c$ = la somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues.

V = volume de l'inoculum.

D= dilution correspondant à la première boîte retenue

Le résultat calculé est exprimé en nombre d'UFC par millilitre ou par gramme.

Dénombrement pour *Staphylococcus spp.*

Cas après identification ou après confirmation

Après identification ou confirmation, calculer, pour chacune des boîtes, le nombre, a , de colonies répondant aux critères d'identification ou de confirmation, à l'aide de l'équation suivante:

$$a = \frac{b}{A} \cdot C$$

Où

b est le nombre de colonies répondant aux critères d'identification ou de confirmation parmi les A colonies repiquées;

C : est le nombre total de colonies caractéristiques présumées dénombrées sur la boîte.

Arrondir à un nombre entier de colonies.

Calculer le nombre N , des microorganismes identifiés ou confirmés présents dans l'échantillon pour essai, en remplaçant C par a à l'aide des formules

$$N = \frac{\sum a}{1.1x d}$$

NB : Nous avons déterminé la qualité microbiologique par rapport à chaque germe en comparants avec les seuils limites indiqués dans l'Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires du journal officiel N°30 (2017)

Résultats et discussion

1-Prévalence globale de la contamination du lait de chèvre analysée par les trois germes sélectionnés

Les échantillons du lait de chèvre récoltés dans les deux wilayas ont montré des prévalences de contamination différentes pour les trois germes sélectionnés. Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau N°6 et la figure N°7.

Tableau 6. Prévalence globale de contamination du lait de chèvre des deux wilayas échantillonnées.

Echantillon	Prévalence <i>Staphylococcus</i> spp	Prévalence Coliformes thermo tolérants	Prévalence <i>Escherichiacoli</i>
N=21	48%	86%	100%

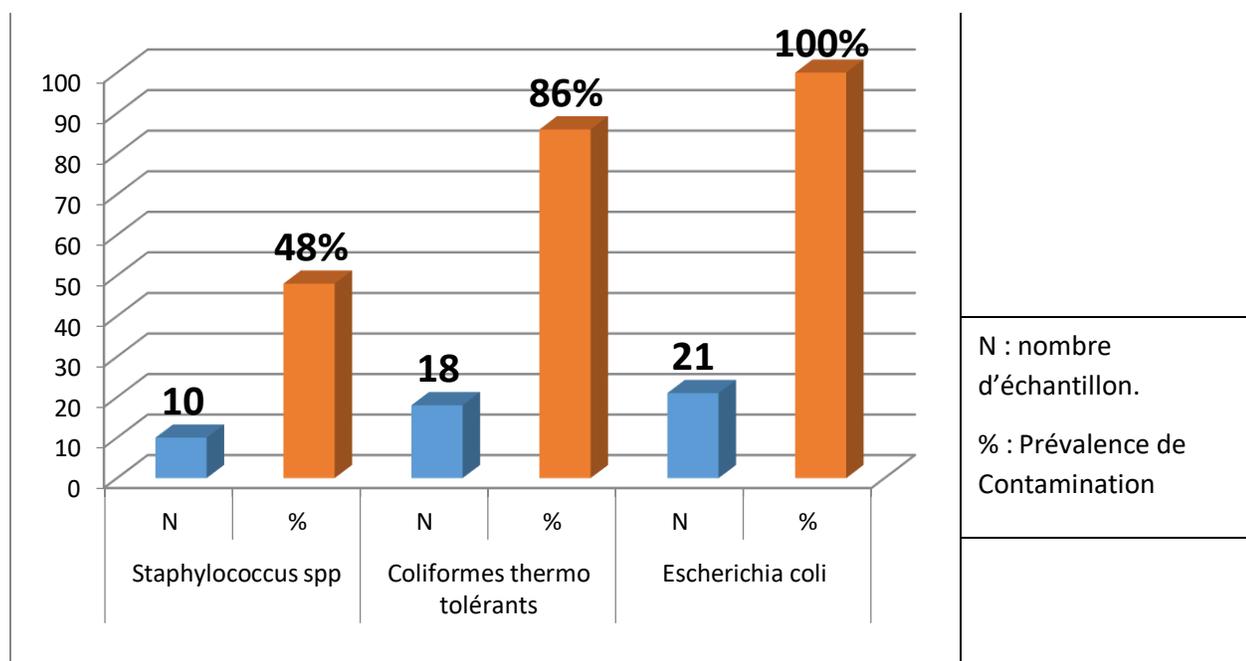


Figure 7. Prévalence globale de contamination du lait de chèvre dans les deux wilayas.

Les résultats de la figure N°7 montrent que tous les échantillons (100 %) sont contaminés par *E. coli*. Les coliformes thermotolérants sont présents dans 86 % des échantillons contaminés, tandis que *Staphylococcus* spp. présente une prévalence de 48 %, ce qui en fait le moins fréquent parmi les contaminants identifiés.

La contamination par *E. coli* est exclusivement d'origine fécale (**Jay et al., 2005**), ce qui suggère que le lait analysé a été contaminé par les matières fécales des animaux ayant souillé les mamelles. La contamination par les staphylocoques peut provenir de diverses sources : la peau des animaux ou celle du trayeur, étant donné que l'habitat naturel de ces germes est la peau, le sol, l'air, l'eau, voire même le matériel utilisé pour la traite (**Cristian et al., 2015**).

Les staphylocoques peuvent également provenir de mammites subcliniques dont les femelles traitées pourraient être atteintes (**Rainard et al., 2018**).

Les coliformes thermo tolérants, qui font partie des coliformes totaux, proviennent principalement de l'intestin des animaux homéothermes, ainsi que de l'environnement en général (sols, végétation et eau) (**INSPQ, 2024**).

E. coli est un coliforme thermotolérant et nous avons trouvé une prévalence de contamination par ce germe supérieure à celle des autres coliformes thermotolérants. Cela pourrait être dû à l'utilisation d'un milieu sélectif performant pour *E. coli* (TBX), tandis que pour les coliformes thermotolérants, nous avons utilisé de la gélose VRBG, qui est indiquée pour toutes les entérobactéries. Seule la température d'incubation participe à la sélection du genre bactérien.

2-Prévalence de contamination du lait de chèvre analysée par région.

La prévalence de contamination par les différents germes étudiés a été répartie par région de collecte, à savoir Mila et Bejaia. Les résultats obtenus sont répertoriés dans le tableau N°7 et figure N°8.

Tableau 7.Prévalence de contamination du lait de chèvre par région.

Région	échantillon	Prévalence <i>Staphylococcus</i> spp	Prévalence Coliformes Thermo tolérants	Prévalence <i>Escherichia</i> <i>coli</i>
Bejaia	N=11	64%	100%	100%
Mila	N=10	30%	70%	100%

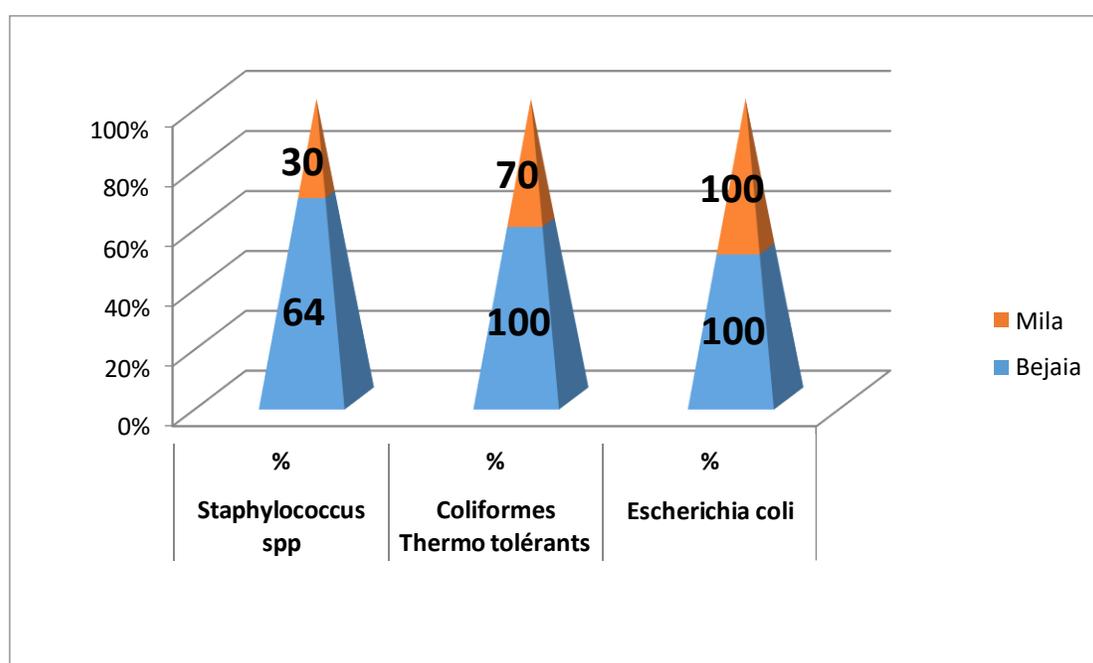


Figure 8. Prévalence de la contamination du lait de chèvre analysée par région.

La figure N°8 montre la prévalence de la contamination du lait de chèvre analysé par région. On observe que la prévalence de *Staphylococcus* spp. est plus élevée à Bejaia (64 %) qu'à Mila (30 %).

En ce qui concerne les coliformes thermotolérants, tous les échantillons récoltés à Bejaia sont contaminés, tandis qu'à Mila, 70 % des échantillons sont contaminés.

Pour *Escherichia coli*, la prévalence de contamination est de 100 % dans les deux wilayas, indiquant une contamination fécale élevée.

Résultats et discussion

Les prévalences de contamination élevées indiquent l'absence de bonnes pratiques agricoles, vétérinaires et d'alimentation des animaux, ainsi qu'une hygiène générale inadéquate du personnel et de l'équipement durant la traite. Aussi, il est établi que les contaminants microbiologiques peuvent être introduits par l'environnement de l'exploitation et par les animaux laitiers eux-mêmes (CAC/RCP 57-2004).

La prévalence de contamination était plus élevée à Bejaia plus que Mila, car à Bejaia les prélèvements ont été collecté dès le début de la traite alors que à Mila sont collecté à la fin de traite.

3-Résultat des dénombrements :

Les résultats de dénombrement de *staphylococcus* spp, des coliformes thermo tolérants et de *Escherichia coli* dans les échantillons de lait de chèvre récolté, sont rapportés dans les tableaux N°8.

Nous avons également comparé aux seuils règlementaires déterminant la conformité des échantillons aux critères microbiologiques établis par la réglementation algérienne (arrêté du 8 Chaoual 1438 JO N°39-).

Tableau 8. Résultats des dénombrements dans le lait de chèvre récolté à Bejaia et Mila.

Région de collecte	Échantillon	<i>Staphylococcus</i> spp (ufc/ml)	C/A/ NC	Coliformes thermo tolérants (ufc/ml)	C/A/ NC	<i>Escherichia coli</i> (ufc/ml)	C/A/ NC
Bejaia	1	5.4.10 ⁴	NC	3.10	C	5	
	2	4.10 ³	NC	2.10 ²	C	1	
	3	5.4.10 ⁴	NC	10	C	1	
	4	2.10 ³	NC	0	C	3.10 ³	
	5	5.4.10 ⁴	NC	3.10 ²	C	14	
	6	3.10 ³	NC	3.10 ³	A	5	
	7	5.10 ⁴	NC	3.10 ³	A	3	
	8	5.4.10 ⁴	NC	2.10 ²	C	4	
	9	4.10 ³	NC	10 ²	C	0	
	10	5.4.10 ⁴	NC	0	C	33	
	11	5.4.10 ⁴	NC	3.10 ³	A	3	
Mila	12	9.10 ²	A	2.10 ³	A	0	
	13	0	C	5.4.10 ⁴	NC	0	
	14	0	C	0	C	0	
	15	9.10 ²	A	5.4.10 ⁴	NC	4	
	16	2.10 ³	NC	7.10 ²	A	34	
	17	0	C	3.10 ³	A	6	
	18	2.10 ³	NC	5.4.10 ⁴	NC	16	
	19	6.10 ³	NC	5.4.10 ⁴	NC	2	
	20	0	C	0	C	1	
	21	0	C	0	C	0	

C=Conforme, NC= Non Conforme, A= Acceptable

La prévalence des conformité/ non-conformité pour Les staphylocoques et les Coliformes thermotolérants ont été calculées. Les résultats obtenus sont notés dans le tableau N°8 et N°9et la figure N°9.

Tableau 9. Répartition de la conformité des échantillons aux seuils critiques par région

REGION	<i>Staphylococcus</i> spp.			Coliformes thermotolérants		
	C	NC	A	C	NC	A
MILA	50%	30%	20%	30%	40%	30%
BEJAIA	0%	100%	0%	73%	0%	27%

C=Conforme, NC= Non Conforme, A= Acceptable

Tableau 10. Répartition de la charge bactérienne en *E. coli* par région

REGION	<i>E.coli</i>	
	< 10 UFC/ml	>10 UFC/ml
MILA	8/10	2/10
BEJAIA	7/11	3/11

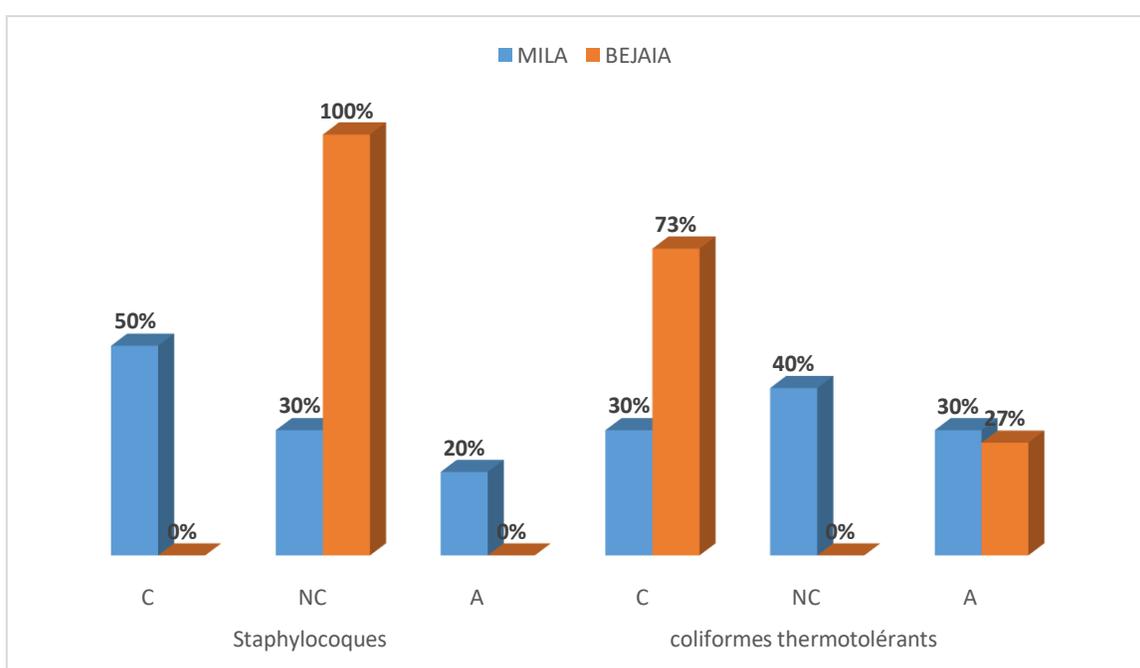


Figure 9. Répartitions des conformités par régions.

Les résultats obtenus par la répartition des conformités par rapport aux seuils critiques établis par la réglementation algérienne montrent que 100 % des échantillons de lait récoltés à Bejaia sont non conformes au critère des staphylocoques, contre 30 % à Mila. Cette dernière a enregistré des échantillons de qualité conforme (50 %) ou acceptable (20 %) pour le même critère.

Dans une étude antérieure menée dans la wilaya de tizi Ouzou, il a été rapporté une prévalence de non-conformité de 50, 10 et 30 % dans trois fermes caprines de la commune de Freha (Boukherouf *et al.*, 2020).

Résultats et discussion

Pour le critère des coliformes thermotolérants, Bejaia n'a enregistré aucune non-conformité, avec 73 % des échantillons conformes ne dépassant pas les seuils réglementaires minimaux (5×10^2 UFC/ml) et 27 % de qualité acceptable. Dans la wilaya de Mila, 40 % des échantillons sont non conformes, tandis que 30 % sont conformes et 30 % sont de qualité acceptable.

Dans l'étude de **Boukherouf *et al.* (2020)**, un des élevages visités dans la commune de FREHA a montré 100 % de conformité pour ce critère, contre 10 % d'échantillons non conformes dans deux autres élevages visités.

La présence des coliformes indique une contamination via l'environnement. En effet, certains coliformes sont présents dans l'équipement laitier et les litières fortement souillées. D'autres sources de contamination sont également à considérer, telles que les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite (**Magnusson *et al.*, 2007**)

Les résultats obtenus pour le germe *E. coli* ont révélé que 100% des échantillons étaient contaminés par ce germe (figure N°9). Toutefois, les dénombrements ont indiqué que 15 échantillons sur 21 contenaient moins de 10 UFC/ml. La présence d'*E. coli* dans les échantillons de lait témoigne d'une contamination d'origine fécale, indiquant des pratiques d'hygiène insuffisantes lors de la collecte du lait.

Conclusion :

Les objectifs de notre étude ont été atteints. Nous avons évalué la contamination du lait de chèvre collecté par les staphylocoques et les coliformes thermotolérants. Nous avons obtenu des résultats après la répartition des conformités par rapport aux seuils critiques établis par la réglementation algérienne, montrant que 100 % des échantillons de lait récoltés à Béjaïa sont non conformes au critère des staphylocoques, contre 30 % à Mila. Cette dernière a enregistré des échantillons de qualité conforme (50 %) ou acceptable (20 %) pour le même critère.

Nous avons également retrouvé *E. coli* dans 100 % du lait de chèvre collecté, signe de mauvaise hygiène et de mauvaises pratiques de désinfection et de manipulation lors de la traite.

Les origines de contamination sont multiples. En suivant le schéma de collecte et la répartition des prévalences de contamination dans les différents centres de collecte, on comprend que la contamination se fait dans les centres de collecte, les fermes ou bien est une conséquence d'une atteinte pathologique.

Evaluer la qualité microbiologique du lait de chèvre contribue à garantir la sécurité sanitaire du lait en détectant la présence de germes qui peuvent altérer sa qualité et porter atteinte à la santé du consommateur.

Recommandations:

Pour garantir la qualité microbiologique du lait de chèvre et assurer sa sécurité pour la consommation humaine, plusieurs recommandations peuvent être suivies. Voici les principales mesures à mettre en œuvre :

- ❖ Assurer le nettoyage et la désinfection des équipements de traite, maintenir une hygiène personnelle stricte pour les personnes manipulant le lait.
- ❖ Surveiller régulièrement la santé des chèvres pour détecter les mammites, fournir une alimentation équilibrée et un environnement propre.
- ❖ Suivre des procédures de traite appropriées et utiliser des équipements bien entretenus pour minimiser la contamination.
- ❖ Pasteuriser le lait et le stocker à des températures réfrigérées pour ralentir la croissance bactérienne.
- ❖ Effectuer des tests réguliers pour détecter les pathogènes, suivre les résultats et prendre des mesures correctives en cas de contamination.
- ❖ Former le personnel sur les bonnes pratiques et rester informé des dernières recherches et innovations en matière de sécurité alimentaire.

Références bibliographiques

- 1- ANSES . (2014). *Brucella* spp. Fiche de description de danger transmissible par les aliments de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Paris, France, pp. 3.
- 2- Alias, C., (1984). Science du lait : Principes des techniques laitières. 4ème édition : Société d'édition et de promotion agro-alimentaires, industrielles et commerciales, Paris, France, pp. 814.
- 3- Boukherouf, R., Alilouche, O., & Iamrache, R., (2020). Qualité microbiologique et physico-chimique du lait de chèvre collecte dans la wilaya de Tizi-Ouzou. <http://archive.ensv.dz:8080/jspui/handle/123456789/604>
- 4- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H., (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In VIGNOLA C.L. Science et technologie du lait - Transformation du lait. École polytechnique de Montréal, ISBN, pp. 3-25-29, 600.
- 5- Babo, D., (2000). Races ovines et caprines françaises. Edition France Agricole, 1ère édition, pp. 249-302.
- 6- Ben-Mahdi MH., et Ouslimani S., (2009). Mise en évidence de résidus d'antibiotiques dans le lait de vache produit dans l'Algérois. European Journal of Scientific Research, 36: 357-362.

- 7- Benyoub KQ (2016). Caractérisation morphométrique, typologie de l'élevage caprin et étude physicochimique de son lait au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mémoire de master. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers. Laboratoire phtisiologie, physiopathologie et biochimie de la nutrition. 100 pp
- 8- Bey, D., et Laloui, S., (2005). Les teneurs en cuivre dans les piols et l'alimentation des chèvres dans la région d'El-Kantara (W. Biskra). Thèse Doc. Vét. (Batna), pp. 60.
- 9- Billon P., & Sauve O. 2009. Traite des vaches laitières. 3ème édition, France, pp. 555.

- 10- Bomsel, M., (1999, December 2). CHÈVRE. Encyclopædia Universalis. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/chevre/>
- 11- Brisabois, A., Lafarge, V., Brouillard, A., De Buyser, M.L., Collette C., Garin- Bastuji B., & Thorel M F., (1997). Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. Revue dans techniques Off. int. Epiz, pp. 471.
- 12- Cadavez, V.A.P., Rodrigues, V., & Gonzales-Barron, U.A., (2017). Microbiological Safety of Goat Milk and Cheese: Evidences from a Meta-Analysis. In: Simões, J., Gutiérrez, C. (eds) Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume I. Springer, Cham.
- 13- Charles, B., O'cnour, B., Banch, R, T., (1991). Introduction à l'étude du lait, Editeur ILRI, pp. 11.
- 14- Cherif, M, L., Le cheptel caprin et la production caprine en Algérie (Petite enquête dans la wilaya de Djelfa), thèse de master, pp. 2.

- 15- Chilliard, Y., (1996). Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre comparaison avec les laits de vache et humain.
- 16- 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.
- 17- CODE D'USAGES EN MATIÈRE D'HYGIÈNE POUR LE LAIT ET LES PRODUITS LAITIERS. Codex ALIMENTARIUS. FAO. 2004.
- 18- Codex Alimentarius STAN 206-1999, General Standard for Use of Dairy Terms, Adopted in 1999. Amended in 2022.
- 19- Cristian, C., Salavert, MH., & Tandeau, A., (2015). Microbiologie, hygiène et droit alimentaire 2^{ème} édition Lavoisier paris TEC et DOC, pp. 104-105 -340.
- 20- Edgar, S., (1998). Milk and dairy product technology, Editeur CRC press, Edition illustrée, page: 15 Etats-Unis. 790 pages. faciès de végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de saida. Thèse 3^{ème} cycle.
- 21- FAO (Food and Agricultural Organization), (2006): Major food and agricultural commodities and producers. Country by commodity.
- 22- FAO, (2002). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5: laits fermentés. Collection FAO / Alimentation et Nutrition. pp. 28,7.
- 23- Feliachi, K., (2003). Rapport national sur les ressources génétiques animales : Algérie. Commission nationale AnGR, point focal Algérien pour les ressources génétiques, pp. 46.
- 24- Fotou, K., Tzorz, A., Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S., Avgeris, I., Bezirtglou, E., Akrida-Demertzi, K., Demertzi, P.G., (2011). Isolation of Microbiol pathogens subclinical mastitis from raw sheep's milk of Epuris (Greece) and their role in its hygiene .Anaerobe, pp. 17, 315, 319.
- 25- Hermier J., Lenoir J., Weber F. (1992). Les groupes microbiens d'intérêt laitier .Edition CEPIU, paris, pp. 62-88.
- 26- Holmes-Pegler, H.S., 1966. The book of goat. Ninth edition, The bazaar, Exchange and Mart,LTD, pp. 255.
- 27- INSPQ. Coliformes totaux | (n.d.). Institut National De Santé Publique Du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-totaux>.
- 28- Jaubert G., (1997). Biochemical characteristics and quality of goat milk. CIHEAM, Options Méditerranéennes, pp. 25, 71-74.
- 29- Jay, J.M., Loessner, M.J. and Golden, D.A. (2005) Modern Food Microbiology. 7th Edition, Springer Science and Business Media, Inc., New York, 63-90, 101-125.
- 30- Jenness, R., (1980). Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968–1979. Journal of Dairy Science, 63(10), 1605–1630.
- 31- Kabir, A., (2014). Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives), Thèse de doctorat, Université Ahmed Ben Bella, Oran, Algérie, pp. 5.

- 32- Keilling, J., (1985). Laits et produits laitiers : vache, brebis, chèvre Tome 2 : les produits laitiers, transformation et technologies. pp. 1-99.
- 33- Madani, T., Sahraoui, H., & Benmakhlouf, H., (2015). L'élevage caprin en Algérie: systèmes d'élevage, performances et mutations. Workshop national sur: Valorisation des races locales ovines et caprines à faibles effectifs, (02-03 Mars).
- 34- Magnusson, M., Christiansson, A., & Svensson, B., (2007). Bacillus cereus Spores During Housing of Dairy Cows: Factors Affecting Contamination of Raw Milk. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2745–2754.
- 35- Majdi A, (2008). Maitrise de la technologie fromagère et contrôle qualité des fromages AOC . Stage au centre professionnel d'agroalimentaire de cite EL KHADRA. Institut National Agronomique, Tunisie.
- 36- Moula, N., Philippe, F-X., Ait Kaki, A., Leroy, P., & Antoine-Moussiaux, N., (2003). Les ressources génétiques caprines en Algérie –COMMISSION NATIONALE AnGR. Rapport national sur les ressources génétiques animales: Algérie.
- 37- Nedjraoui, D., (1981). Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétaux des hautes plaines steppiques de la Wilaya de Saida, Thèse, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, pp. 180.
- 38- Pierre, L., (2007). La traite des vaches laitières: Etape par étape vers la qualité - Guide pratique, Educagri Editions, pp. 21.
- 39- Pradal, M., (2012). La transformation fromagère caprine fermière : bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Edition TEC et DOC 11, rue Lavoisier 75008 Paris, pp. 14-15-16-17-19.
- 40- Rainard, P., Foucras, G., Fitzgerald, J.R., Watts, J.L., Koop, G., Middleton, J.R., Knowledge gaps and research priorities in Staphylococcus aureus mastitis control. *Transbound. Emerg. Dis.* 2018, 65, 149–165.
- 41- Streit, J.M, Jones, R.N., Toleman, M.A., Stratchounski L.S., & Fritsche, T.R., (2006). Prevalence and antimicrobial susceptibility patterns among gastroenteritis-causing pathogens recovered in Europe and Latin America and Salmonella isolates recovered from bloodstream infections in North America and Latin America: report from the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program. *International Journal of Antimicrobial Agent*, 27: 378-386.
- 42- Van Kessel, J.S., Karns, J.S., Gorski, L., McCluskey, B.J. & Perdue, M.L., (2004). Prevalence of Salmonellae, Listeria monocytogenes, and fecal coliforms in bulk tank milk on US dairies. *Journal of Dairy Sciences*, 87:2822-2830.
- 43- Veinoglou, B., Baltadjieva, M., Kalatzopoulos, G., Stamenova, V., & Papadopoulou, E., (1982). La composition du lait de chèvre de la région de Plovdiv en Bulgarie et de Ioannina en Grèce. *Le Lait*, 62(613–614), 155–165.
- 44- Vignola, C., (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

45- Wendmisida, V., (2013). Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevages autour de la ville de Kaolack au Sénégal, thèse de doctorat, Université de Dakar, pp. 20-21.

