

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Témouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Biologie



Projet de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de Master en : Biologie
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

Contribution à l'étude des souches de bactéries lactiques isolées à partir du lait de chèvre

Soutenu le : 28/ 06/2026

Présenté Par :

- 1) M^{elle}. Boudissa Ainouna Mounia
- 2) M^{elle}. Abdelhakem Khouloud
- 3) M^{elle}. Daghbadje Warda

Devant le jury composé de :

Dr. BENELHADJ DJELLOUL S.	M C A UAT.B.B (Ain Témouchent)	Président
Dr. MADANI K.	M C B UAT.B.B (Ain Témouchent)	Examinateur
Dr. BELLAHCENE M.	Professeur UAT.B.B (Ain Témouchent)	Encadrant

Année Universitaire 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu, qui nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail, et qui a mis sur notre chemin tout ce qui nous a facilité sa réalisation et son achèvement.

*Nous exprimons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreur, **Dr. BELLAHCENE MILOUD**, pour avoir accepté de superviser ce travail, pour sa grande disponibilité, ses orientations précieuses, ses encouragements constants et ses conseils avisés qui ont été déterminants dans la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury **DR. BENELHADJ DJELLOUL SAADIA** Présidente du jury et **DR. MADANI KHADIJA** Examineur de ce mémoire pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur expertise et leurs remarques constructives sont grandement appréciées.*

Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers nos parents et nos familles pour leur soutien indéfectible, leur confiance et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail, dans l'espoir qu'elles perçoivent dans ces mots toute notre sincère reconnaissance.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu le Tout-Puissant qui m'a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

À moi-même, pour les nuits sans sommeil et la persévérance qui m'a conduite jusqu'au bout de ce chemin.

À mon très cher père, pour son soutien sans faille et les valeurs qu'il m'a transmises.

À ma très chère mère, pour son amour inconditionnel et ses sacrifices qui m'ont permis d'avancer.

À mes deux frères, mes compagnons de vie, pour leur soutien constant.

À toute ma grande famille, pour ses prières et ses encouragements constants.

Et enfin, à mes deux meilleures amies et partenaires dans ce travail, pour chaque effort partagé et chaque moment de complicité. Ce succès est aussi le vôtre.

Khouloud

Dédicace

Au nom de Dieu, le Clément et le Miséricordieux.

*Je rends grâce à **Dieu Tout-Puissant** pour m'avoir accordé la volonté, la patience et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail.*

Je dédie ce mémoire :

À mes très chers parents, mon père et ma mère, qui ont toujours cru en moi, m'ont soutenue et encouragée à chaque étape de mon parcours. Que ce travail soit le témoignage de ma profonde gratitude et de mon immense amour.

À ma très chère sœur Douaa.

En témoignage de tout l'amour, l'affection et l'attachement que je te porte. Merci pour ton soutien, ta présence et les beaux moments partagés. Je te souhaite un avenir rempli de bonheur, de réussite, de joie et de sérénité

À mon cher frère, pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements.

À mes chères collègues et amies Khouloud et Warda, avec qui j'ai partagé de précieux moments d'étude, d'entraide et de convivialité.

Mounia

Dédicace

Avec l'aide de dieu le tout puissant, ce travail fut accompli et je le Dédie à :

À ma très chère mère, dont l'amour, les sacrifices, la patience et les prières ont illuminé mon chemin. Aucun mot ne saurait exprimer ma reconnaissance pour tout ce que tu as fait pour moi. Que ce travail soit le témoignage de mon profond amour et de mon respect.

À ma sœur et à mon frère, pour leur affection, leur soutien et leur présence dans les moments les plus importants de ma vie.

À la femme de mon oncle, pour sa bienveillance, ses encouragements et son soutien précieux.

À mon cousin, à son épouse ainsi qu'à leurs enfants, pour leur affection, leur confiance et leurs encouragements qui m'ont toujours donné la force d'avancer.

À mes chers binômes, Khouloud et Mounia, avec qui j'ai partagé les efforts, les défis et les moments marquants de la réalisation de ce mémoire. Merci pour votre collaboration et votre esprit d'équipe.

À mes précieuses amies, Fatima et Amal,fatna, et alia pour leur amitié sincère, leur présence, leurs conseils et leur soutien tout au long de cette aventure.

Warda

Résumé

Cette étude s'est concentrée sur l'isolement et la caractérisation des bactéries lactiques à partir du lait cru de chèvre collecté dans la région d'Ain Témouchent. L'étude expérimentale a impliqué la réalisation d'analyses physico-chimiques, notamment la mesure du pH et de l'acidité titrable, ensuite plusieurs analyses microbiologiques ont été effectuées visant à rechercher la flore totale, les coliformes, les Staphylocoques, les levures et moisissures, et les bactéries lactiques dans les échantillons de lait de chèvre. Après isolement et purification, les isolats obtenus ont été soumis à divers tests d'identification tels que la coloration de Gram, le test de la catalase, le test de l'oxydase, la croissance à différentes températures, à divers pH, à différentes concentrations de Na Cl, le type fermentaire, la thermorésistance, et le test de la croissance sur milieu à base du lait de Sherman. Une étude de l'activité antagoniste des isolats vis-à-vis de trois germes pathogènes et enfin, un test de sensibilité aux antibiotiques a également été réalisée.

Les résultats obtenus ont révélé la présence de bactéries lactiques à coloration Gram positive et catalase négative, démontrant une bonne adaptation à diverses conditions de croissance ainsi qu'une activité inhibitrice contre certains microorganismes pathogènes. Cette étude confirme ainsi l'intérêt du lait cru de chèvre en tant que source de bactéries lactiques pouvant être exploitées dans les domaines agroalimentaire et biotechnologique.

Mots-clés : Bactéries lactiques, Lait de chèvre, Isolement, Analyses physico-chimiques, Analyses Microbiologiques, Activité antagoniste.

Abstract

This study focused on the isolation and characterization of lactic acid bacteria from raw goat milk collected in the Ain Témouchent region. The experimental work involved physicochemical analyses, including the measurement of pH and titratable acidity. Several microbiological analyses were also carried out to investigate the presence of total flora, coliforms, staphylococci, yeasts and molds, as well as lactic acid bacteria in goat milk samples. After isolation and purification, the obtained isolates were subjected to various identification tests, including Gram staining, catalase and oxidase tests, growth at different temperatures, pH levels, and NaCl concentrations, determination of the fermentative type, thermoresistance testing, and growth on Sherman milk-based medium. The antagonistic activity of the isolates against three pathogenic microorganisms was also evaluated, and an antibiotic susceptibility test was performed.

The results revealed the presence of Gram-positive and catalase-negative lactic acid bacteria, showing good adaptation to various growth conditions and inhibitory activity against certain pathogenic microorganisms. This study therefore confirms the importance of raw goat milk as a source of lactic acid bacteria that can be exploited in the agri-food and biotechnological fields.

Keywords: Lactic acid bacteria, Goat milk, Isolation, Physico-chemical analyses, Microbiological Analyses, Antagonistic activity.

الملخص:

ركزت هذه الدراسة على عزل وتوصيف بكتيريا حمض اللاكتيك من حليب الماعز الخام المُجمع من منطقة عين تموشنت. شملت الدراسة التجريبية إجراء تحاليل فيزيائية وكيميائية، خاصة قياس الرقم الهيدروجيني (pH) والحموضة المعايرة، كما أُجريت عدة تحاليل ميكروبيولوجية للكشف عن الفلورا الكلية، والقولونيات، والمكورات العنقودية، والخمائر والعفن، وبكتيريا حمض اللاكتيك في عينات حليب الماعز. وبعد عزل وتنقية العزلات البكتيرية، أُخضعت لعدة اختبارات تعريفية شملت تلوين غرام، واختبار الكاتالاز، واختبار الأوكسيداز، ودراسة النمو عند درجات حرارة مختلفة، وقيم مختلفة للرقم الهيدروجيني، وتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (NaCl)، وتحديد النمط التخمر، واختبار المقاومة الحرارية، واختبار النمو على وسط حليب شيرمان. كما تم تقييم النشاط التضادي للعزلات تجاه ثلاثة أنواع من الجراثيم الممرضة، بالإضافة إلى إجراء اختبار الحساسية للمضادات الحيوية.

أظهرت النتائج وجود بكتيريا حمض اللاكتيك موجبة الغرام وسالبة الكاتالاز، مع قدرة جيدة على التكيف مع ظروف النمو المختلفة، إضافة إلى نشاط تثبيطي ضد بعض الكائنات الحية الدقيقة الممرضة. وتؤكد هذه الدراسة أهمية حليب الماعز الخام كمصدر لبكتيريا حمض اللاكتيك التي يمكن استغلالها في المجالات الغذائية والتكنولوجية الحيوية.

الكلمات المفتاحية: بكتيريا حمض اللاكتيك، حليب الماعز، العزل، التحليلات الفيزيائية والكيميائية، التحليلات الميكروبيولوجية، النشاط التضادي.

LISTE DES ABRIVIATIONS

°C : Degré celsius

°D : Degré Dornic

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de Normalisation

ARNr 16S : Acide Ribonucléique ribosomique 16S

ATP : Adénosine Triphosphate

B.A.L : Bactérie lactique

CO₂ : Dioxyde de carbone

EPS : Exopolysaccharides

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

FTAM : flore mésophile aérobie totale

g/L : Gramme par litre

GABA : Acide Gamma-Aminobutyrique (Gamma-aminobutyric acid)

GAD : Glutamate Décarboxylase

GRAS : Generally Recognized As Safe (Reconnu comme sans danger)

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)

mg : Milligramme

mL : Millilitre

NaCl : chlorure de sodium NaOH : Hydroxyde de sodium

NaOH : Hydroxyde de Sodium

pH : potentiel Hydrique

PRRs : Récepteurs de reconnaissance de motifs

TD : Tube digestif

TSI : Triple Sugar Iron (milieu de culture)

UFC : Unité forme colonies

MH : Mueller-Hinton

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Nouvelle classification de <i>Lactobacillus</i> (Zheng et al., 2020).	12
Figure 2: Les Chèvres utilisés pour le prélèvement d'échantillons de lait	24
Figure 3: Exemple de résultats d'antibiogramme (Ketz, 2016).	35
Figure 4: Méthode directe de double couche (méthode de Fleming et al., 1975).	37
Figure 5: La méthode de Barefoot et Klaenhammer (1983).	38
Figure 6: Observation macroscopique des colonies bactériennes sur milieu PCA	41
Figure 7: Absence de colonies bactériennes dans une boîte de Pétri contenant le milieu sélectif	42
Figure 8: Absence de colonies bactériennes dans une boîte de Pétri contenant le milieu Chapman	43
Figure 9: Observation macroscopique des colonies fongiques sur milieu Sabouraud	43
Figure 10: Observation macroscopique des colonies bactérienne sur milieu M17	44
Figure 11: Observation microscopique après coloration de Gram au grossissement (x100).	45
Figure 12: Résultat de Test de catalase	45
Figure 13: Résultat du test d'oxydase	46
Figure 14: Résultats de la croissance à différentes températures	47
Figure 15: Résultats de la thermorésistance	47
Figure 16: Résultats de la croissance à différents pH	47
Figure 17: Résultats de la croissance en Na Cl	48
Figure 18 : Résultats du type fermentaire	48
Figure 19: Résultats de la croissance sur le lait de Sherman à 3% de bleu de méthylène	49
Figure 20: Résultats du test mannitol–mobilité des isolats lactiques	50
Figure 21: Résultats de l'antibiogramme des isolats lactiques	51
Figure 22: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de <i>Candida albicans</i>	52
Figure 23: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de <i>Escherichia coli</i>	53
Figure 24: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	53
Figure 25: Représentation graphique des résultats de l'activité antimicrobienne des isolats de bactéries lactiques vis-à-vis de <i>Candida albicans</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i>	54
Figure 26: Résultats de l'activité antimicrobienne (méthode de Fleming).	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition moyenne du lait de chèvre (St-Gelais et al., 2000)	5
Tableau 2: Composition d'un litre de lait (Amiot, 1991)	6
Tableau 3: Caractéristiques des échantillons de lait de chèvre prélevés	24
Tableau 4: Liste des antibiotiques testés, leurs charges et caractérisation des diamètres de la zone d'inhibition (Communiqué du CFA-SFM, 2012).	36
Tableau 5: Caractéristiques physico- chimiques de 2 échantillons de lait	41
Tableau 6: Caractères physiologiques et biochimiques	49
Tableau 7: Résultats du test mannitol mobilité des isolats lactiques	50
Tableau 8: Diamètres des zones d'inhibition et interprétation de la réaction des isolats	51
Tableau 9: Diamètres des halos d'inhibition des isolats lactiques	53

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements

Dédicace

LISTE DES ABRIVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Introduction	1
1. Synthèse Bibliographique	3
1. Généralités sur le lait	4
1.1 Définition du lait	4
1.2 Définition du lait de chèvre	4
1.3 Composition de lait de chèvre	4
1.3.1 L'eau	5
1.3.2 Les protéines	5
1.3.3 Les lipides	6
1.3.4 Le lactose	7
1.3.5 Les vitamines	7
1.3.6 Les minéraux	7
1.3.7 Les enzymes	8
1.4 Les caractéristiques physico-chimiques de lait de chèvre	8
1.4.1 Le pH	8
1.4.2 La densité	8
1.4.3 L'acidité titrable	9
1.5 La flore microbienne de lait de chèvre (flore originelle et flore de contamination)	9
1.5.1 La flore originale de lait de chèvre	9
1.5.2 La flore de contamination	10
1.5.2.1 Les germes d'altération	10
1.5.2.2 Les germes pathogènes	10
1.5.2.3 levures et moisissures	10
1.6 Les Bactéries lactiques	10
1.6.1 Définition des bactéries lactiques	10
1.6.2 Classification des bactéries lactiques	11
1.6.3 Principaux genres des bactéries lactiques	11
1.6.3.1 Genre Lactobacillus	11
1.6.3.2 Genre Streptococcus	12
1.6.3.3 Genre Leuconostoc	12

1.6.3.4 Genre Enterococcus	13
1.6.4 Ecologie des bactéries lactiques	13
1.6.5 Rôle dans la fermentation alimentaire	13
1.7 Les bactéries lactiques du lait de chèvre	14
1.7.1 Diversité des genres et des espèces	14
1.7.2 Les facteurs influençant leur diversité	14
1.7.2.1 La santé de la mamelle	14
1.7.2.2 La propreté lors de la traite et l'entretien du matériel	15
1.7.2.3 La nutrition caprine	15
1.7.2.4 Le stockage et la température	15
1.7.2.5 La race caprine et l'emplacement géographique :	15
1.7.3 Propriétés et intérêts technologiques des BAL	16
1.7.3.1 Propriétés technologiques et métaboliques	16
1.7.3.1.1 L'acidification	16
1.7.3.1.2 Les arômes	16
1.7.3.1.3 Les EPS (exopolysaccharides)	16
1.7.3.1.4 Préservation biologique	17
1.7.3.2 Propriétés fonctionnelle et probiotiques	17
1.7.3.2.1 Effets sur la santé	17
1.7.3.2.2 Modulation du microbiote et de l'immunité :	17
1.7.3.2.3 Génération de métabolites d'intérêt nutraceutique	18
1.7.3.2.4 Résistance gastro-intestinale et adhésion :	18
1.7.4 Applications potentielles	18
1.7.4.1 Applications technologiques	18
1.7.4.1.1 Cultures Starters et adjuvantes	18
1.7.4.1.2 Amélioration du goût «caprin»	19
1.7.4.1.3 Tolérance technologique	19
1.7.4.2 Applications dans le domaine de santé	19
1.7.4.2.1 Caractéristiques probiotiques in vitro / in vivo	19
1.7.4.2.2 Production de peptides et métabolites bioactifs	20
1.7.4.2.3 Effets fonctionnels dans des matrices enrichies	20
1.7.5 Action de la flore du lait	20
1.7.5.1 Fermentation homo et hétérolactiques du lactose avec acidification du lait	20
1.7.5.2 Protéolyse	20
1.7.5.3 La lipolyse	21
II. Matériel et Méthodes	23
2.1 Objectif du travail	23

2.2 Lieu et période d'étude	23
2.3 Échantillonnage et technique de prélèvement	23
2.4 Analyse physico-chimique des échantillons de lait	24
2.4.1 Mesure du pH	25
2.4.2 Détermination de l'acidité Titrable	25
2.4.3 Analyses microbiologiques	25
2.4.3.1 Etude la qualité sanitaire du lait de chèvre	25
2.4.3.2 Préparation des dilutions	26
Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	26
Recherche des coliformes totaux	27
Recherche de Staphylocoques	27
Recherche des levures et des moisissures	27
2.4.4 Isolement et purification des bactéries lactiques	28
2.4.4.1 Isolement des bactéries lactiques	28
2.4.4.2 Purification des isolats lactiques	28
2.4.4.3 Conservation des isolats	29
2.4.5 Etude morphologique	29
2.4.5.1 Etude des caractères macroscopiques	29
2.4.5.2 Étude des caractères microscopiques	29
Observation microscopique avec coloration de Gram	29
2.4.6 Identification physiologiques et biochimiques	30
2.4.6.1. Recherche de la catalase	30
2.4.6.2 Recherche de l'enzyme oxydase	31
2.4.6.3 Test de la thermo- résistance	32
2.4.6.4 Croissance à différentes températures	32
2.4.6.5 Croissance à différentes concentrations de Na Cl	32
2.4.6.6 Croissance à différents pH	32
2.4.6.7 Type fermentaire	33
2.4.6.8 Croissance sur le lait de Sherman	33
2.4.6.9 Test de Mannitol mobilité	33
2.4.7 Test de sensibilité aux antibiotiques	34
2.4.8 Étude de l'activité antimicrobienne des isolats lactiques	36
2.4.8.1 Méthode de double couche (méthode de Fleming <i>et al.</i> , 1975)	37
2.4.8.2 Méthode des puits (méthode de Barefoot et Kaenhammer, 1983)	37
2.4.8.3 Activité microbienne vis-à-vis de <i>Candida albicans</i>	38
III. Résultats	40
3.1 Résultats des paramètres physico-chimiques	40

3.1.1 Résultats du pH	40
3.1.2. Résultats de l'acidité titrable (acidité Dornic)	40
3.2 Résultats des analyses microbiologiques	41
3.2.1. Résultats de la recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	41
3.2.2. Résultats de la recherche de Coliformes totaux	42
3.2.4. Résultats de la recherche de levures et des moisissures	43
3.3 Résultats de l'isolement des isolats lactiques	43
3.3.1. Résultats de l'étude morphologique	44
3.3.1.1 Observation macroscopique	44
3.3.1.2 Observation microscopique	44
3.3.2 Identification et purification des isolats	45
3.4 Résultats des tests biochimiques	45
3.4.1 Recherche de l'enzyme catalase	45
3.4.2 Recherche de l'enzyme oxydase	46
3.4.3 Résultats de la croissance à différentes températures	46
3.4.4 Résultats de la Thermo résistance	47
3.4.5 Résultats de la croissance à différents pH	47
3.4.6 Résultats de la croissance en présence de Na Cl	48
3.4.7 Résultats du type fermentaire	48
3.4.8 Résultats de la croissance sur le lait de Sherman	49
3.4.9 Résultats du test de Mannitol mobilité	49
3.5 Résultats du test de sensibilité aux antibiotiques	50
3.6 Résultats de l'étude de l'activité antimicrobienne les bactéries lactiques	51
3.6.1 Résultats de la Méthode de Barefoot et Klaenhammer, 1983	52
3.6.2 Résultats de la Méthode direct de Fleming (1975)	54
IV. Discussion	55
Conclusion	64
Références bibliographiques	66
Annexe	80

Introduction

Introduction

Le lait est stérile dans la mamelle d'un animal sain. Après la traite, l'analyse microbiologique décèle presque toujours la présence de micro-organismes variés. Leur nombre dépend de l'application plus ou moins rigoureuse de mesures d'hygiène relatives à la traite et à la désinfection du matériel. **(Larpent, 1997)**. On admet qu'un lait cru de bonne qualité contient moins de 100 000 micro-organismes par millilitre. La plupart de ces micro-organismes sont d'origine tellurique : ce sont des bactéries ou champignons saprophytes des eaux ou du sol. On les retrouve à la fois sur la mamelle et sur l'herbe (contact herbe/mamelle dans les pâturages) ou dans l'eau servant au lavage de l'appareil de traite. **(Guiraud, 1998)**.

Dans les pays africains, les produits laitiers constituent un pilier essentiel de l'alimentation humaine. L'Algérie se distingue comme le premier consommateur de lait au sein de la région maghrébine **(Benderouich, 2009)**. Ce produit occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire quotidienne des Algériens grâce à sa densité nutritionnelle élevée. Il apporte des protéines de haute qualité, des lipides, des glucides, ainsi que des éléments minéraux et des vitamines essentiels, pour une valeur énergétique moyenne de 700 kcal/l **(Siboukeur, 2007)**.

Le lait de chèvre est reconnu comme l'un des aliments les plus complets et les plus équilibrés. Contrairement au lait de vache, il ne contient pas de bêta-carotène et se distingue par sa digestibilité élevée, ce qui lui confère un intérêt nutritionnel et thérapeutique particulier, notamment pour les personnes ayant des besoins spécifiques **(Zervas et Tsiplakou, 2013)**. Bien qu'il soit peu consommé à l'état cru, il représente une source importante de nutriments et un milieu biologique complexe, riche en micro-organismes. Parmi ceux-ci, les bactéries lactiques (BAL) occupent une place essentielle. Elles constituent un groupe hétérogène de coques et de bacilles capables de transformer les sucres en acide lactique par fermentation **(Jamet, 2009 ; Solanki et Hati, 2018)**. Ces microorganismes jouent un rôle fondamental dans la fermentation, la conservation et l'amélioration de la qualité sanitaire des produits laitiers.

Malgré les nombreux atouts du lait de chèvre, sa contribution à la production laitière nationale demeure limitée. Cette situation est principalement liée à la faible productivité des élevages caprins, qui reposent encore majoritairement sur un système de pâturage extensif **(Gaddour et al., 2013)**.

L' objectif de cette étude consistent, dans un premier temps, à isoler des bactéries lactiques à partir d'échantillons de lait cru de chèvre, puis à les purifier et à les caractériser. Les isolats obtenus ont ensuite été identifiés, avant d'évaluer leur activité antimicrobienne vis-à-vis de trois germes pathogènes. Enfin, leur sensibilité ou leur résistance à dix antibiotiques a été étudiée.

Cette étude comprend trois chapitres, après une introduction justifiant l'intérêt de ce travail, le premier chapitre est consacré à la présentation d'une synthèse bibliographique consacrée essentiellement à quelques généralités sur le lait de chèvre (composition, caractéristiques, flore microbienne du lait et action de la flore du lait). Ce chapitre est complété par un volet sur les bactéries lactiques (définition et caractéristiques des bactéries lactiques, classification et principaux genres de bactéries lactiques, métabolisme et intérêt des bactéries lactiques). Le second chapitre expose la partie expérimentale. Dans ce chapitre, tous les protocoles expérimentaux sont décrits. Le troisième et dernier chapitre présente les résultats et leurs discussions. Enfin, ce travail est achevé par une conclusion et quelques perspectives.

Synthèse Bibliographique

1. Généralités sur le lait

1.1 Définition du lait

Le lait représente le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière en bonne santé et correctement alimentée et bien portante. Il est destiné à la consommation humaine et à la production des produits laitiers (yaourts, fromages...), il doit être exempt de colostrum et obtenu dans des conditions d'hygiène garantissant sa qualité et sa sécurité. Cette définition a été adoptée lors du Congrès international pour la répression des fraudes en 1909. Par ailleurs, le terme « lait » désigne spécifiquement le lait de vache lorsqu'aucune autre origine n'est précisée (**Larpent, 1997**).

1.2 Définition du lait de chèvre

Le lait de chèvre résulte de la sécrétion naturelle des glandes mammaires de la chèvre (**Alias, 1984**). Il se présente sous la forme d'une émulsion lipidique, où des globules de graisse sont dispersés dans une solution aqueuse (sérum) contenant divers composants. Certains de ces éléments sont dissous, tels que le lactose et les protéines du lactosérum, tandis que d'autres se trouvent sous forme colloïdale, comme les caséines. De surcroît, certains minéraux peuvent être soit dissous dans le sérum, soit en suspension colloïdale lorsqu'ils sont associés aux micelles de caséines (**DAYON, 2005**). Le lait de chèvre possède des caractéristiques propres qui ne sont pas aussi facilement modifiables par l'alimentation (**Crépin, 1906**). En outre, il diffère du lait de vache par son absence de bêta-carotène, ce qui lui confère une couleur blanche distinctive, observable dans l'ensemble des produits laitiers dérivés du lait de chèvre, tels que les fromages, les yaourts et le beurre. Son odeur est généralement neutre, bien qu'elle puisse acquérir une note caprine à la fin de la lactation. Lorsqu'il est fraîchement traité, le lait de chèvre n'a pas de goût particulier, mais après un stockage au frais (environ 4 °C), il développe une saveur distinctive (**Jouhannet, 1992**).

1.3 Composition de lait de chèvre

Le lait de chèvre a une composition assez voisine de celle du lait de vache avec des teneurs en matière grasse de 41 g/l, en lactose de 45 g/l et en sels minéraux de 8 g/l. Si la teneur en matière azotée du lait de chèvre est supérieure à celle du lait de vache (40 contre 35 g/l), on note que sa teneur en caséine qui conditionne le rendement en fromage est plus faible.

La moyenne en matière sèche du lait de chèvre est de l'ordre de 134 g/l. La composition du lait de chèvre se distingue de celle du lait de vache par plusieurs caractéristiques : il présente une plus grande proportion d'acides gras à chaîne courte et moyenne, une teneur réduite en α -caséine S1, et ses globules gras sont naturellement homogénéisés. En comparaison avec le lait de vache, le lait de chèvre est également plus riche en vitamine A et offre une biodisponibilité supérieure des minéraux tels que le calcium, le phosphore, le potassium et le magnésium. De plus, il renferme des peptides antimicrobiens, possède des propriétés anticancéreuses et thérapeutiques, et contribue au développement cérébral. La composition du lait de chèvre peut être modulée par divers facteurs, notamment le stade de lactation, la race, l'état physique, la parité, l'alimentation et les conditions climatiques (Akshit *et al.* , 2024). Sa composition distinctive confère des avantages particuliers aux populations vulnérables, notamment les enfants, les personnes âgées et celles présentant une allergie au lait de vache (Akinyemie *et al.* , 2025). Le **tableau 1**, présente la composition du lait de chèvre.

Tableau 1 : Composition moyenne du lait de chèvre (St-Gelais et al., 2000)

Constituants	Pourcentages (%)
Eau	87.1
Matière sèche totale	12.9
Matière grasses	4.1
Matière azotées	3.5
Lactose	4.5
Minéraux	0.8

1.3.1 L'eau

Parmi l'ensemble des nutriments et des substances organiques, l'eau représente la composante prédominante du lait. Il a été constaté que le lait de vache et de chèvre renferme environ 86 % à 88 % d'eau. La quantité de lactose synthétisée par les glandes mammaires influence la teneur en eau du lait (Chauhan *et al.*, 2021).

1.3.2 Les protéines

Le principal macronutriment du lait de chèvre est la protéine, qui constitue un critère fondamental pour l'évaluation et l'analyse de la qualité nutritionnelle des produits laitiers. La

concentration en protéines dans le lait varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment la race, l'espèce, le stade de lactation, la santé de l'animal, l'alimentation et les conditions environnementales. La caséine (CN) est l'une des protéines les plus abondantes dans le lait et joue un rôle déterminant dans le développement de produits laitiers fonctionnels. Au cours de la lactation, la concentration de caséine peut connaître des fluctuations. Les caractéristiques distinctives des propriétés physiques du lait de vache sont principalement attribuées à la présence de caséine. Les caséines (α S1, β , α S2 et κ) représentent 80 % des protéines du lait, tandis que les protéines du lactosérum (albumine sérique, α -lactalbumine, β -lactoglobuline, immunoglobulines, peptones protéosées et lactoferrine) constituent 20 % (Nayik *et al.*, 2022).

- **Composition d'un litre de lait de chèvre**

Le lait de chèvre recèle une grande richesse de constitution. En moyenne, un litre de lait cru contient près de 900 g d'eau et 134 g d'extrait sec, en proportion variable. Le **tableau 02**, présente la composition d'un litre de lait.

Tableau 2: Composition d'un litre de lait (Amiot, 1991)

Matière grasse	41 g
Lactose	45 g
<u>Matière azotés</u> : caséine, protéines de lactosérum (albumines et globulines)	40
<u>Eléments minéraux</u> : calcium, phosphore, potassium, chlore, sodium et magnésium	08

1.3.3 Les lipides

Le lipide présent dans le lait de chèvre constitue un élément fondamental en raison de sa contribution énergétique ainsi que de son influence sur les propriétés nutritionnelles, physiques et sensorielles de ce lait. Ce lipide se manifeste sous la forme de globules gras de petite taille qui ne s'agrègent pas spontanément lors du refroidissement, en raison de l'absence de l'agglutinine. En comparaison avec le lait de vache, le lait de chèvre présente un nombre supérieur de globules gras de dimensions réduites, ce qui favorise une meilleure dispersion et

une homogénéité accrue de la matière grasse (**Sonu et Basavaprabhu, 2020**). La fraction lipidique se compose principalement de triacylglycérols (environ 98 % des lipides totaux), avec de petites quantités de phospholipides, de cholestérol, d'acides gras libres et de mono- et diacylglycérols (**Park et al ., 2007**).

1.3.4 Le lactose

Le lactose constitue le principal glucide présent dans le lait de chèvre ; toutefois, sa concentration est inférieure de 0,2 à 0,5 % par rapport à celle du lait de vache. Cette différence, bien que notable, demeure relativement faible. Par ailleurs, le lactose joue un rôle crucial dans l'absorption de minéraux tels que le calcium, le magnésium et le phosphore, ainsi que dans l'utilisation de la vitamine D. De plus, la présence d'oligosaccharides, de glycopeptides, de glycoprotéines et de nucléotides-sucres en quantités modestes a également été observée. En plus de leur contribution à l'amélioration des propriétés organoleptiques, des recherches ont mis en lumière les propriétés probiotiques des oligosaccharides présents dans le lait de chèvre, qui favorisent la viabilité et l'efficacité de libération des probiotiques (**Park, 2007 ; Sonu et Basavaprabhu, 2020**).

1.3.5 Les vitamines

Comme tous les types de lait, le lait de chèvre renferme des vitamines, dont les concentrations en vitamines B1, B2, B6, D et E sont comparables à celles du lait de vache, tandis que la teneur en vitamine C est légèrement supérieure. Une caractéristique distinctive du lait de chèvre réside dans le fait que tout le bêta-carotène issu de son alimentation est métabolisé en vitamine A. C'est pourquoi le lait de chèvre présente une couleur plus blanche que celle du lait de vache et possède une concentration en vitamine A nettement plus élevée. Néanmoins, il convient de noter que le lait de chèvre contient cinq fois moins d'acide folique et quatre fois moins de vitamine B12, deux nutriments essentiels à une hématopoïèse normale. Cette insuffisance pourrait être liée au développement d'une anémie mégaloblastique chez certains enfants (**Lodygin et al ., 2023**).

1.3.6 Les minéraux

Les minéraux jouent un rôle fondamental dans le maintien de la santé humaine. Ils sont essentiels à la formation des os, aux fonctions enzymatiques et au transport de l'oxygène. Le lait de chèvre présente une concentration en minéraux variant entre 0,70 et 0,85 %, ce qui est supérieur à celle du lait de vache. Il se distingue par sa richesse en calcium, potassium, phosphore, chlore, sélénium, zinc et cuivre par rapport au lait de vache. Ainsi, le lait de chèvre

constitue une source nutritionnelle significative pour les individus adoptant un régime végétarien ou réduisant leur consommation de viande, en raison de sa teneur plus élevée en calcium et en phosphore. La principale distinction entre le lait de vache et le lait de chèvre réside dans leur teneur en calcium, qui est de 122 mg/100 g pour le lait de vache et de 134 mg/100 g pour le lait de chèvre. En ce qui concerne la biodisponibilité des minéraux, le lait de chèvre s'avère nettement supérieur à celui du lait de vache (**Chauhan et al ., 2021**).

1.3.7 Les enzymes

Les enzymes constituent des protéines globulaires spécifiques synthétisées par les cellules vivantes. En ce qui concerne le lait, celui-ci renferme principalement trois catégories d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases. Les deux facteurs principaux ayant un impact sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme présente des conditions optimales de pH et de température (**Vignola, 2002**).

1.4 Les caractéristiques physico-chimiques de lait de chèvre

1.4.1 Le pH

Le lait de chèvre, au moment de sa sortie de la mamelle, affiche un pH proche de la neutralité, se situant autour de 6,5, avec une variation possible atteignant 6,7. Toute valeur en dehors de cet intervalle est indicative d'une anomalie. Cette caractéristique permet de détecter les mammites par une simple mesure du pH, étant donné que tout lait contaminé par une mammite se distingue par une alcalinité ($\text{pH} > 7$). Cette alcalinité est attribuée à la présence d'albumine et de caséines dérivées des cellules somatiques du tissu mammaire (**Diof, 2004**).

1.4.2 La densité

La densité du lait de chèvre est une caractéristique relative, généralement comprise entre 1,028 et 1,034 g mL⁻¹, et elle peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment qu'il s'agisse de lait provenant d'un individu spécifique ou d'un mélange, ainsi que des influences saisonnières, de l'état physiologique de l'animal et de sa race. Des variations normales de densité, qui n'affectent pas la qualité du lait, peuvent être attribuées à des éléments tels que la composition du lait, incluant la teneur en matières grasses, la valeur protéique et la température au moment de la mesure. En revanche, des variations anormales de densité peuvent être causées par des pratiques frauduleuses, telles que l'ajout d'eau, qui entraîne une diminution de la

densité, ou l'écémage et l'ajout d'amidon, qui augmentent la densité, indiquant ainsi une fraude économique (Da Cruz *et al.*, 2021).

1.4.3 L'acidité titrable

L'acidité est exprimée en termes d'acide lactique, sachant qu'un degré Dornic équivaut à 0,1 gramme d'acide lactique par litre de lait. L'acidité titrable fluctue entre 0,1 % et 0,20 %, ce qui correspond à des valeurs allant de 10 à 26 degrés Dornic (D). Toutefois, ces valeurs présentent des variations significatives en fonction des saisons : (Jouhannet, 1992). En hiver, la moyenne se situe entre 17,5 et 18 D ; Au printemps, elle varie de 19,4 à 21,3 D ; en été, elle se situe entre 23 et 24 D et en automne, elle oscille entre 20 et 21 D.

1.5 La flore microbienne de lait de chèvre (flore originelle et flore de contamination)

Le lait obtenu par une traite aseptique n'est jamais stérile. Il peut contenir entre 1. 000 et 5. 000 microorganismes par millilitre, essentiellement des lactobacilles et des streptocoques lactiques commensaux du pis et des canaux galactophores. Le lait de chèvre, comme tout lait cru, contient une diversité notable de micro-organismes, dont une grande partie provient de l'animal, de son environnement et des pratiques de traite. Cette flore microbienne est essentielle pour la qualité, la durée de conservation, la fermentation et la sécurité alimentaire. (Quigley *et al.*, 2013).

La composition microbienne du lait de chèvre a cependant deux fonctions : soit elle peut améliorer la valeur nutritionnelle et le potentiel probiotique du lait, soit elle peut entraîner une altération et des problèmes de sécurité alimentaire, ce qui pose de sérieux problèmes tant pour les producteurs que pour les consommateurs (Monareng *et al.*, 2025).

1.5.1 La flore originale de lait de chèvre

Les bactéries lactiques (BAL) telles que *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* et *Streptococcus* spp. jouent un rôle essentiel dans la fermentation du lait, améliorant la sécurité du produit, sa durée de conservation et ses qualités organoleptiques grâce à la production de composés antimicrobiens comme les bactériocines et les acides organiques. (Akinyemi *et al.*, 2025). Certaines bactéries non lactiques constituent également une composante de la flore microbienne d'origine, bien que leur présence soit en proportions réduites : *Staphylococcus* (non pathogènes), *Corynebacterium*, *Micrococcus* et *Propionibacterium* (Quigley *et al.*, 2013).

1.5.2 La flore de contamination

1.5.2.1 Les germes d'altération

Le lait peut être contaminé par divers microorganismes. Il s'agit de microorganismes responsables de l'autolyse des aliments, entraînant ainsi leur dégradation. En règle générale, ces germes ne présentent pas de danger pour le consommateur, car leur présence en quantités significatives est perceptible à travers l'état du produit (modifications de l'apparence, odeurs désagréables, etc.). Les principaux genres concernés incluent *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter* et *Clostridium* (Tourette, 2002).

1.5.2.2 Les germes pathogènes

Le lait de chèvre constitue un milieu favorable au développement de micro-organismes pathogènes tels que *Campylobacter*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Listeria*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, qui sont à l'origine de nombreuses intoxications alimentaires. Ces agents pathogènes peuvent aisément contaminer l'environnement ainsi que le lait, étant présents dans la flore intestinale ou sur les mamelles des animaux laitiers. Les staphylocoques se révèlent être les agents étiologiques les plus courants, représentant plus de 75 % des cas de mammites observés chez les ovins et les caprins. (Jyoti et Singh, 2024).

1.5.2.3 levures et moisissures

L'écosystème microbien du lait de chèvre ne se restreint pas aux seules bactéries ; il englobe également des levures telles que *Kluyveromyces lactis* et des champignons, notamment des espèces du genre *Candida*, qui interviennent dans les processus de fermentation et de dégradation du lait (Monareng et al., 2025).

1.6 Les Bactéries lactiques

1.6.1 Définition des bactéries lactiques

Elles sont des bacilles et des cocci à Gram positif, non sporogènes et incapables de produire de la catalase. Elles sont classées comme facultatives ou obligatoires et tolèrent le pH acide de leur environnement (Gupta et al., 2018). En avril 2020, une nouvelle nomenclature pour les bactéries *Lactobacillus* et *Leuconostoc* a été publiée dans le registre officiel du Journal international de microbiologie systématique et d'évolution (Zheng et al., 2020). Ce changement visait à systématiser ces bactéries, qui en raison de leur grande diversité, nécessitaient une classification appropriée. Les bactéries lactiques (LAB) sont généralement

considérées comme sûres (GRAS) et sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire de plus, elles constituent la microflore naturelle des intestins humains (Agriopoulou *et al.*, 2020). Dans le domaine de la biopréservation, les LAB sont essentielles, car elles produisent une variété de métabolites antimicrobiens au cours des processus de croissance et de fermentation. Ces métabolites incluent le peroxyde d'hydrogène, l'acide lactique, l'acide acétique et des substances à faible poids moléculaire (diacétyle, acides gras, reutéline, reutérycycline), ainsi que des composés antifongiques (lactate de phényle, propionate, hydroxyphényle lactate) et des bactériocines (Castellano *et al.*, 2017).

1.6.2 Classification des bactéries lactiques

Il est également possible de classer les bactéries lactiques selon des critères phylogénétiques en utilisant des techniques moléculaires. Néanmoins, l'identification préliminaire des micro-organismes demeure réalisable grâce à la caractérisation phénotypique et biochimique traditionnelle. La relation phylogénétique, fondée sur l'analyse comparative des séquences d'ARNr 16S, ainsi que les principaux attributs physiologiques et biochimiques parmi les divers genres de bactéries lactiques (Cheurfi et Aouidat, 2021) fait référence au processus de transformation des disaccharides par certaines souches de LAB en acide lactique presque pur. Ce processus distinct où, suite à la décomposition légère du lactose, on produit non seulement de l'acide lactique, mais aussi de l'alcool éthylique, du dioxyde de carbone, du peroxyde d'hydrogène, du diacétyle, de l'acétoïne et de l'aldéhyde acétique (Mandha *et al.*, 2021).

1.6.3 Principaux genres des bactéries lactiques

1.6.3.1 Genre *Lactobacillus*

Le genre *Lactobacillus*, tel que proposé par Beijerinck, englobe des micro-organismes Gram positif, fermentaires, anaérobies facultatifs et non sporulés, présentant des métabolismes homofermentaires et hétérofermentaires (Sun *et al.*, 2015). Les cellules présentent une morphologie sphérique, désignée sous le terme de coccoïde, ou une forme de bâtonnet, et peuvent s'organiser en chaînes, en paires ou en tétrades (genre *Pediococcus*). Le lactate constitue le produit prédominant du métabolisme fermentatif, tandis que l'acétate, l'éthanol, le dioxyde de carbone (CO₂), le formiate ou le succinate peuvent également être générés. Nécessités nutritionnelles complexes comprenant des acides aminés, des peptides, des dérivés d'acides nucléiques, des vitamines, des sels, des acides gras ou des esters d'acides gras, ainsi

que des glucides fermentescibles (Wang *et al.*, 2014 ; Gänzle, 2015). La figure 01 présente la nouvelle classification de *Lactobacillus*.

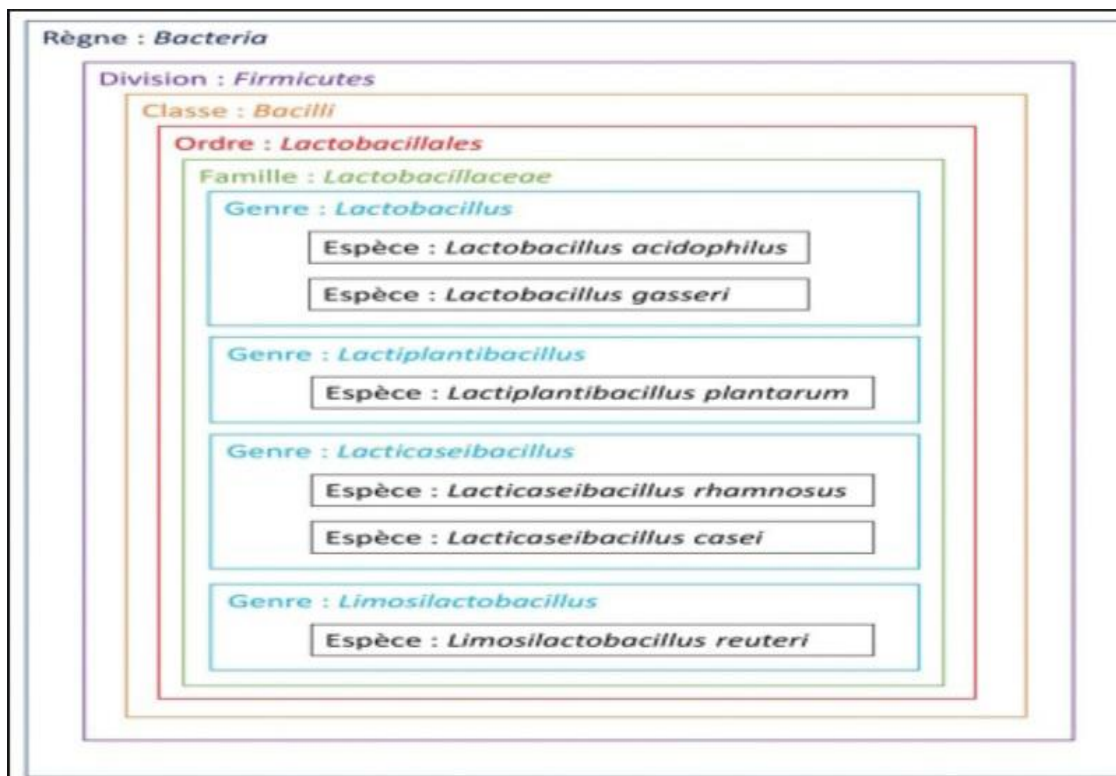


Figure 1: Nouvelle classification de *Lactobacillus* (Zheng *et al.*, 2020).

1.6.3.2 Genre *Streptococcus*

Les bactéries en question sont des cocci Gram positif, généralement observées sous forme de paires ou de chaînes. Elles ne forment pas de spores, peuvent parfois être encapsulées, sont immobiles, anaérobies facultatives, et présentent une sensibilité aux variations de température et de pH. Selon (Ctinils, 2010), elles se trouvent généralement en dehors de la peau et des muqueuses des humains et des animaux.

1.6.3.3 Genre *Leuconostoc*

Le genre *Leuconostoc* appartenant à la famille des Leuconostocaceae, se présente sous une forme ovoïde, est gram positif, catalase négative, oxydase négative, ne hydrolyse pas l'arginine et produit des gaz à partir du glucose (Carr *et al.*, 2002). Le milieu de culture le plus approprié pour sa croissance est celui de Man, Rogosa et Sharpe (MRS) enrichi en saccharose ; les colonies prolifèrent la température de 30°C pendant 48 heures (Zarour *et al.*, 2024).

1.6.3.4 Genre *Enterococcus*

Les cellules d'*Enterococcus* se présentent sous forme ovoïde, isolées, par paires ou en courtes chaînes. La présence de flagelles rudimentaires confère une mobilité à certaines espèces (Vos *et al.*, 2011). Pour la plupart des espèces, la température idéale pour leur croissance se situe entre 35°C et 37°C. Certaines peuvent survivre jusqu'à 42°C et même à 45°C, bien que leur croissance ralentisse à 10°C. En outre, les entérocoques possèdent une grande résistance au séchage. Le glucose est converti en acide lactique grâce au processus d'Embden-Meyerhof. En présence d'oxygène, le glucose est transformé en acide acétique, acétonique et dioxyde de carbone (Bouguerra, 2018).

1.6.4 Ecologie des bactéries lactiques

Elles sont présentes dans le microbiote normal du tube digestif (TD) et du vagin des animaux et des êtres humains, et constituant un élément essentiel des communautés microbiennes non starters présentes dans les produits laitiers (tels que le lait, les fromages, le kéfir), le poisson, la viande et les légumes. Exemple, *Oenococcus oeni* exerce une fonction déterminante dans le déroulement de la fermentation vinique. Plus, les bactéries lactiques sont employées comme cultures d'ensemencement, adjuvants ou protecteurs dans divers produits, tels que les produits laitiers (yaourts, fromages), les viandes fermentées, les légumes fermentés et les produits de la pêche fermentés. Une incidence sur les propriétés organoleptiques et nutritionnelles de ces produits alimentaires est respectée, contribuant ainsi à leur saveur distinctive (Miranda, 2021).

1.6.5 Rôle dans la fermentation alimentaire

Les bactéries lactiques (BAL) sont des micro-organismes d'importance industrielle, largement utilisés à l'échelle mondiale dans une variété étendue de fermentations industrielles alimentaires et d'aliments pour animaux (Bermúdez-Humarán *et al.*, 2013). Leur rôle principal dans ces processus de fermentation réside dans la production d'acide lactique à partir de la source de carbone disponible, ce qui entraîne une acidification rapide de la matière première alimentaire, un paramètre essentiel pour la conservation de ces produits (Garofalo *et al.*, 2013). En outre, ces bactéries produisent d'autres composés antimicrobiens, tels que des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène, du diacétyle et des bactériocines, qui jouent un rôle crucial dans la garantie de la sécurité et l'extension de la durée de conservation de ces produits. Cependant, au-delà de leur capacité à produire de l'acide lactique, les bactéries lactiques (BAL) contribuent également à d'autres caractéristiques des produits, telles que la

saveur, la texture et la valeur nutritionnelle. Leur application la plus significative se situe indéniablement dans l'industrie laitière (kanmani *et al.*, 2013).

1.7 Les bactéries lactiques du lait de chèvre

1.7.1 Diversité des genres et des espèces

Le lait de chèvre cru constitue un environnement propice à une grande diversité de bactéries lactiques (BAL), principalement dominée par les genres *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Enterococcus*. Les caractéristiques morphologiques des colonies révèlent une diversité notable parmi ces isolats (Trimulyono *et al.*, 2025). Des études spécifiques confirment que *Lactococcus lactis* est souvent l'espèce prédominante dans cet environnement. D'autres espèces fréquemment isolées incluent *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* (Tormo *et al.*, 2015), ainsi que diverses espèces de *Lactobacillus* telles que *Lb. Plantarum* et *Lb. Delbrueckii subsp. Bulgaricus* (Maiolet *et al.*, 2024). Des genres tels que *Leuconostoc*, *Streptococcus* et *Bifidobacterium* sont également présents, bien que généralement en plus faibles abondances (Tormo *et al.*, 2015). Cette répartition varie selon les régions. Une étude menée au Bangladesh rapporte la présence de six genres : *Lactobacillus* (représentant environ 50 % des souches), *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Weissella* et *Leuconostoc* (Islam *et al.*, 2021). En Irak, les isolats sont majoritairement confirmés comme étant *Lactococcus spp.* Et *Lactobacillus spp.* (Saeed *et al.*, 2020), tandis qu'une synthèse plus large indique que le genre *Lactobacillus* est prédominant dans le lait de chèvre, suivi par *Lentilactobacillus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* et le genre *Lactococcus* (Reine *et al.*, 2023). Dans les laits de chèvre fermentés, on retrouve fréquemment des espèces telles que *Lactobacillus helveticus*, *Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Streptococcus thermophilus* (Yu *et al.*, 2011).

1.7.2 Les facteurs influençant leur diversité

1.7.2.1 La santé de la mamelle

La qualité et le volume du lait chez la chèvre sont directement influencés par les Bactéries Lactiques (BAL) et les cellules somatiques, qui sont liés à l'état de la mamelle. Une flore saine est favorisée par des mamelles en bonne santé, tandis que les infections (mammites), principalement causées par des staphylocoques, entraînent une augmentation du nombre de cellules et modifient la composition, la traite et la qualité du lait. Ces problèmes sont

fréquemment associés à une mauvaise hygiène de traite ou à des lésions sur les trayons (Contreras *et al.*, 2007).

1.7.2.2 La propreté lors de la traite et l'entretien du matériel

Un certain nombre de maladies peuvent être transmises lors de la traite en raison d'une hygiène insuffisante. Ainsi, une application rigoureuse des directives d'hygiène, comme le nettoyage des trayons, est essentielle. Le traitement préalable contribue à réduire davantage la contamination du lait par des bactéries indésirables (Schaeren *et al.*, 2007).

1.7.2.3 La nutrition caprine

Joue un rôle essentiel dans la régulation de la diversité des bactéries lactiques présentes dans le lait de chèvre. Selon l'étude de Sanchez Macas *et al.*, (2018), le type de régime alimentaire, qu'il soit basé sur le pâturage ou l'étable, influence la composition du microbiote du lait. Les chèvres nourries au pâturage présentent une plus grande diversité de bactéries lactiques, notamment une abondance de *Lactobacillus spp.* Et de *Leuconostoc spp.* issues de la flore épiphyte des plantes. En revanche, une alimentation centrée sur le foin et les concentrés en grange tend à homogénéiser la flore, favorisant la prédominance de *Lactococcus lactis*. Ces différences sont attribuées à l'introduction directe de micro-organismes via les aliments ingérés ainsi qu'à une modification indirecte de la composition biochimique du lait.

1.7.2.4 Le stockage et la température

Influencent également la sélection des communautés de bactéries lactiques. (Mallet *et al.*, 2012) ont démontré que le stockage à basse température (4 °C) réduit considérablement la diversité des bactéries lactiques au profit d'une flore d'altération, tandis qu'une conservation à température ambiante (20 °C) maintient un écosystème plus complexe et équilibré, favorable aux fermentations traditionnelles.

1.7.2.5 La race caprine et l'emplacement géographique :

Contribuent à la formation d'écosystèmes microbiens laitiers distincts. Comme l'ont montré Marino *et al.*, (2003) dans les Alpes italiennes, les races locales (Alpine) situées en altitude développent des communautés de bactéries lactiques distinctes (*Lb. Helveticus*, *Str. Thermophilus*) par rapport à celles des mêmes races en plaine ou des races cosmopolites (Saanen). La spécificité géographique et raciale constitue la base microbienne de la singularité des fromages traditionnels fabriqués à partir de lait cru.

1.7.3 Propriétés et intérêts technologiques des BAL

1.7.3.1 Propriétés technologiques et métaboliques

1.7.3.1.1 L'acidification

L'activité acidifiante des bactéries lactiques joue un rôle essentiel dans les propriétés fonctionnelles des aliments et boissons fermentés. La diminution du pH est cruciale pour l'amélioration de leurs qualités hygiéniques et confère des profils de goût distincts. Plusieurs facteurs, tels que la température, la contrainte, ainsi que la nature et la concentration de la source de carbone, peuvent influencer la production d'acide lactique. Par exemple, certaines bactéries lactiques continuent de privilégier le lactose comme source de carbone. Selon des études Le yaourt laitier présente une acidité totale titrable et une teneur en acide L-lactique supérieures par rapport aux yaourts à base de plantes (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.1.2 Les arômes

Au cours de la fermentation des aliments, les bactéries lactiques exploitent des sources de carbone, déclenchant des voies métaboliques spécifiques qui améliorent considérablement les profils aromatiques. Ces bactéries fermentent principalement les glucides en acide lactique, ce qui non seulement conserve les aliments grâce à la réduction de leur pH, mais confère également une acidité particulière. Au cours de ce processus, les bactéries lactiques produisent également divers composés volatils, tels que les alcools, les esters et les aldéhydes, qui sont cruciaux pour la diversité des saveurs présentes dans les fromages, les yaourts et le pain au levain. Les bactéries lactiques peuvent également transformer l'acide citrique en diacétyle et en acétoïne, qui apportent respectivement des saveurs beurrées et crémeuses aux produits laitiers (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.1.3 Les EPS (exopolysaccharides)

Ces composés servent de texturants naturels, de stabilisateurs, de viscosifiants, de bio-épaississants ou d'émulsifiants. La fonction spécifique des EPS est influencée par des facteurs tels que la température, le pH, la force ionique du milieu, la composition en sucre, la longueur de la chaîne, les liaisons entre les sucres, la fréquence de ramification et le poids moléculaire. Ils contribuent également à réduire la synérèse dans le yaourt et d'autres produits laitiers fermentés, empêchant ainsi la séparation indésirable du liquide du gel (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.1.4 Préservation biologique

Les BAL jouent un rôle crucial dans la bio préservation des aliments en raison de leur capacité à produire une large gamme de métabolites antifongiques et antibactériens. Parmi ceux-ci, on trouve des acides organiques, tels que l'acide lactique et l'acide acétique, qui abaissent le pH de l'environnement alimentaire, inhibant ainsi la croissance de moisissures comme les espèces de *Penicillium* et des pathogènes alimentaires courants. Par exemple, la bactériocine produite par *Lactococcus lactis subsp. Lactis* a été classée comme GRAS et considérée comme un additif alimentaire sûr depuis 1969. Il est couramment utilisé dans l'industrie laitière pour prévenir la détérioration et les bactéries pathogènes dans des produits tels que le fromage et le yaourt (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.2 Propriétés fonctionnelle et probiotiques

1.7.3.2.1 Effets sur la santé

Les activités antioxydantes et anti-inflammatoires des BAL jouent un rôle crucial dans la gestion du stress oxydatif et des processus inflammatoires au sein de l'organisme. Les BAL aident à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO), des molécules potentiellement nocives susceptibles de causer des dommages aux cellules et aux tissus. Récemment, des études ont démontré que certaines souches de BAL possèdent des activités inhibitrices significatives vis-à-vis de l'A-glucosidase, essentielles pour contrôler le stress oxydatif et réguler les niveaux de glucose postprandial, des éléments cruciaux dans la gestion du diabète. Selon des études *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG (LGG l'une des plus souches étudiées au monde pour la santé digestive) s'avère tant pour la prévention que pour le traitement des maladies diarrhéiques. Les probiotiques des BAL ont montré un potentiel considérable pour réduire l'apparition des symptômes associés au cancer (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.2.2 Modulation du microbiote et de l'immunité :

Des recherches récentes ont démontré que l'introduction de probiotiques dans le régime alimentaire améliore à la fois les réponses immunitaires innées et adaptatives. Des études ont expliqué comment les probiotiques interagissent avec le système immunitaire de l'hôte dans l'intestin, en précisant les mécanismes impliqués. Ces mécanismes englobent la capacité des probiotiques à interagir avec les récepteurs de reconnaissance de motifs (PRRs) présents à la surface des cellules épithéliales intestinales. De plus, des recherches ont prouvé que les BAL ont un impact positif sur la fonction de barrière intestinale en stimulant la production de mucus par les cellules caliciformes. Ces cellules constituent une barrière physique entre la lumière

intestinale et les tissus de l'hôte, empêchant l'invasion de pathogènes nuisibles (Ayed *et al.*, 2024).

1.7.3.2.3 Génération de métabolites d'intérêt nutraceutique

Le postbiotique élaboré à partir de BAL contient une variété de métabolites bioactifs tels que les acides organiques (acide lactique, acide acétique), les glucides, les enzymes, les bactériocines, les vitamines (vitamine B12, riboflavine et folate) ainsi que les acides gras à chaîne courte. Il est vrai que les caractéristiques métaboliques et les capacités spécifiques peuvent varier entre différentes souches de bactéries acétiques. Le métabolisme des BAL est déterminé par leur composition génétique, leurs conditions de croissance, leur environnement externe et leur capacité d'adaptation à différents environnements. Par exemple, le *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, souvent utilisé dans la fabrication du yaourt, est lié au métabolisme du lactose. Le GABA (Gamma-aminobutyric acid) est un neurotransmetteur catalysé par la décarboxylase du glutamate (GAD) et le phosphate de pyridoxal-5'. On considère que ce composé bioactif produit par les BAL pourrait être bénéfique pour la santé du consommateur (Abdul Hakim *et al.*, 2023).

1.7.3.2.4 Résistance gastro-intestinale et adhésion :

La capacité des BAL à résister à l'acidité et à la bile est essentielle pour indiquer le taux de survie des bactéries durant le transit intestinal et pour qu'elles puissent exercer leurs bienfaits potentiels (Abdul Hakim *et al.*, 2023).

1.7.4 Applications potentielles

1.7.4.1 Applications technologiques

1.7.4.1.1 Cultures Starters et adjointes

Utilisées comme des cultures de départ, les BAL offrent de nombreux avantages dans la production de fromage de chèvre, permettant aux producteurs de mieux maîtriser le processus de fermentation, ce qui peut aboutir à une qualité et des caractéristiques sensorielles uniformes du produit. Globalement, BAL joue un rôle essentiel dans l'acidification du lait et le développement des saveurs. En outre, les cultures de départ peuvent améliorer la sécurité et la durée de conservation du fromage de chèvre en surpassant les microorganismes nuisibles et les agents pathogènes grâce à la production d'acide lactique (et donc l'acidification du milieu) et de bactériocines, assurant ainsi la stabilité du produit et réduisant le risque de maladies d'origine alimentaire (Grujović *et al.*, 2024).

1.7.4.1.2 Amélioration du goût «caprin»

Les BAL sont cruciaux pour le processus de fermentation grâce à leur contribution via un système enzymatique unique qui produit des enzymes extracellulaires de protéase et de lipase, capables d'hydrolyser les protéines, les graisses et les glucides en molécules plus petites. Les espèces de *Lactiplantibacillus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* et *Pediococcus* produisent des enzymes pendant la fermentation qui peuvent hydrolyser divers composants alimentaires tels que les glucides et les lipides en précurseurs de saveurs susceptibles d'être transformés en composés aromatiques aux profils sensoriels sophistiqués. Elles participent également au développement de la texture de nombreux produits fermentés, tels que le yaourt, le fromage, le pain au levain et les légumes marinés, grâce à leurs activités métaboliques comme l'acidification, la production d'exopolysaccharides et les réactions enzymatiques (**Anumudu et al., 2024**).

1.7.4.1.3 Tolérance technologique

La tolérance technologique des bactéries lactiques (BAL) est cruciale pour leur survie et leur viabilité dans divers produits alimentaires. Au cours des processus technologiques, les facteurs physico-chimiques externes se manifestent souvent en combinaisons complexes. Pour assurer la survie des BAL, il est nécessaire d'ajuster les conditions physico-chimiques de manière optimale. Il est essentiel de sélectionner soigneusement les souches bactériennes BAL en fonction des matrices alimentaires spécifiques et des procédés technologiques impliqués. La robustesse des BAL face à divers facteurs de stress environnementaux repose sur plusieurs mécanismes de défense, parmi lesquels figurent l'adaptation et la protection croisée (**Sionek et al., 2024**).

1.7.4.2 Applications dans le domaine de santé

1.7.4.2.1 Caractéristiques probiotiques in vitro / in vivo

Il est bien établi que les bactéries acides lactiques (BAL) isolées du lait de chèvre possèdent diverses propriétés médicinales, ce qui les positionne comme une source potentielle de probiotiques. En général, les BAL sont largement présentes dans le tractus digestif des humains et des animaux. Elles ont la capacité de produire des composés antimicrobiens tels que l'acide acétique, l'acide lactique, l'acide propionique, l'acide butyrique, l'acide benzoïque, le peroxyde d'hydrogène et la bactériocine, qui peuvent inhiber voire éliminer les bactéries pathogènes et de décomposition (**Afriza et al., 2020**).

1.7.4.2.2 Production de peptides et métabolites bioactifs

Certaines bactéries lactiques fermentées dans le lait de chèvre génèrent des peptides présentant une activité antihypertensive (inhibition de l'ACE) et antioxydante (**Zhang et al., 2025**). Les bactériocines de *Lactobacillus/Lactocaseibacillus casei* démontrent des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antioxydantes et anticancéreuses in vitro (**Parambil et al., 2025**).

1.7.4.2.3 Effets fonctionnels dans des matrices enrichies

L'incorporation d'extraits végétaux dans la fermentation du lait de chèvre améliore la viabilité des probiotiques et le potentiel antioxydant, ouvrant ainsi la voie à la création de yaourts fonctionnels (**Malek et al., 2025**).

1.7.5 Action de la flore du lait

Les bactéries de la flore du lait sont susceptibles d'altérer cet aliment par trois processus principaux pouvant, selon les conditions, être plus ou moins associés. (**Lescure et Blanc ,2002**)

1.7.5.1 Fermentation homo et hétérolactiques du lactose avec acidification du lait

Un tel processus conduit à la précipitation de la caséine et à la prise en masse du lait. Selon la température ambiante, le phénomène sera plus ou moins rapide et les bactéries intervenantes différentes : *Streptococcus lactis* de 10 à 37°C, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* au-dessus de 37°C. A des températures inférieures à 10°C, le processus est plus lent, la prise en masse nécessite un délai relativement important. Le caillot peut être dégradé dans une seconde étape par les espèces psychrotrophes protéolytiques telles, *Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp, Microcoques... . La coagulation du lait qui est un phénomène préjudiciable pour les laits de consommation constitue la première étape de la fabrication des fromages. . (**Lescure et Blanc ,2002**).

1.7.5.2 Protéolyse

La conservation du lait cru, de son recueil jusqu'à sa consommation, est causée par une réfrigération aux environs de +4 °C. Cette température sélectionne les groupes bactériens psychrophiles : *Pseudomonas* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., certains Streptocoques..., dont l'activité protéolytique peut s'exercer sur la caséine du lait. Il en résulte une altération lente du lait se traduisant par des modifications organoleptiques : saveur amère,

saveur de pomme de terre. L'activité protéolytique peut aussi se manifester sur le caillé et occasionner des perturbations dans la maturation des fromages. . (Lescure et Blanc ,2002).

1.7.5.3 La lipolyse

De nombreuses espèces psychrophiles proléolytiques sont aussi lipolytiques et dégradent les globules graisseux du lait. C'est le cas de certains *Pseudomonas* sp., de *Bacillus cereus*. Les acides gras insaturés résultant de la lipolyse peuvent être oxydés. En marge de ces trois actions principales de la flore microbienne du lait, il convient de mentionner celle qui conduit au 'filage'. Le filage résulte de la production par certaines bactéries de substances visqueuses. Ces substances sont des polymères du glucose (dextranes) ou de dérivés azotés du glucose. La principale espèce en cause est *Alcaligenes viscosus*. D'autres bactéries peuvent produire des mucilages dans le lait tel *Leuconostoc mesenteroides*. Le lait devient filant, il s'écoule comme un sirop, il peut même former des masses de consistance proche de la geléoe. Notons enfin, quelques altérations mineures, *Streptococcus lactis* variété *maltigenes* donne au lait un goût de caramel, des microorganismes pigmentés peuvent colorer le lait en jaune (*Flavobacterium* sp.) en rouge (*Brevibacterium erythrogene*) ou bleu (*Pseudomonas syncyanea*). (Lescure et Blanc ,2002).

Matériel et Méthodes

II. Matériel et Méthodes

2.1 Objectif du travail

L'objectif principal de cette étude était d'isoler et de caractériser phénotypiquement des bactéries lactiques à partir de lait cru de chèvre provenant de deux régions d'Aïn Témouchent, puis d'évaluer leur activité antagoniste vis-à-vis de quelques germes bactériens et fongiques. Le choix des bactéries lactiques est justifié par les nombreux travaux scientifiques ayant démontré leur efficacité dans l'inhibition de divers microorganismes nuisibles.

2.2 Lieu et période d'étude

L'intégralité du travail a été réalisée au Laboratoire pédagogique de microbiologie de l'Université Belhadj Bouchaib – Ain - Témouchent durant une période de deux mois allant du 01 mars jusqu'au 30 avril 2026.

2.3 Échantillonnage et technique de prélèvement

L'échantillonnage du lait de chèvre a été collecté dans la zone d'Ain Témouchent dans des conditions d'aseptiques. Avant le prélèvement, une hygiène stricte a été respectée : lavage des mains et port de gants stériles. Les mamelles des animaux ont été désinfectées avec une solution alcoolique à 70 % et enfin séchées avec des compresses stériles. Les premiers jets de lait ont été systématiquement éliminés afin d'éviter toute contamination microbienne provenant du canal du trayon. Le lait a été recueilli directement dans des flacons stériles, en évitant tout contact entre le récipient et le trayon afin de prévenir toute contamination externe. Chaque flacon a été immédiatement bouché et étiqueté avec la date, l'heure et l'identification de l'animal. Tout a été mis en œuvre pour minimiser le délai entre le prélèvement et l'acheminement au laboratoire. Les échantillons ont été placés dans un bac à glace à une température proche de 4 °C et sont acheminés au laboratoire en quelques heures maximum, afin de préserver leurs caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques.

Tableau 3: Caractéristiques des échantillons de lait de chèvre prélevés

Paramètre	Echantillon 01	Echantillon 02
Espèce	Chèvre	Chèvre
Race/ origine	Arabe –Ain Témouchent- Hamam Bouhadjar	Arabe –Ain Témouchent- Aghlal
Date et heure de prélèvement	15 mars 2026 -18 :20 (samedi)	15 mars 2026 -17 :19 (samedi)
Age de l’animal	3 ans	2 ans
Stade de lactation	3 mois	1 mois
Alimentation	Herbes	Herbes (herbage)
Etat de santé	Bonne santé	Bonne santé
Traitement médicamenteux	Non	Non



A



B

Figure 2: Les Chèvres utilisés pour le prélèvement d'échantillons de lait

2.4 Analyse physico-chimique des échantillons de lait

Nous avons effectué des analyses sur des échantillons de lait de chèvre, afin de déterminer quelques caractéristiques physico-chimiques. Les paramètres étudiés sont les suivants :

2.4.1 Mesure du pH

Ce test permet de nous renseigner sur la qualité des échantillons de lait. Le principe de ce test consiste à bien homogénéiser l'échantillon de lait, ensuite on mesure le pH à l'aide d'un pH-mètre étalonné en trempant l'électrode de l'appareil dans un bécher propre contenant un volume de 20 ml de lait prélevé à partir de l'échantillon initial. La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil. Pour garantir la fiabilité des résultats, on repère chaque mesure à trois reprises. Ensuite, on calcule la moyenne (AFNOR, 1986).

2.4.2 Détermination de l'acidité Titrable

Les méthodes de titrage plutôt que des mesures de pH sont utilisées pour vérifier l'équilibre acidobasique, qui est généralement appelé acidité titrable du lait. L'acidité du lait est déterminée par titrage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (Na OH N/9), en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré. Le point d'équivalence est atteint lors de l'apparition d'une coloration rose persistante (Luquet, 1985).

Mode opératoire

Un volume de 10 mL de lait à analyser est introduit dans un bécher propre, puis 3 à 5 gouttes de solution de phénolphthaléine sont ajoutées. Le mélange est ensuite titré par la solution de Na OH (N/9) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose stable (Katinancr *et al.*, 2012). L'acidité du lait est exprimée en degré Dornic (°D), sachant qu'un degré Dornic correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait. Elle est calculée selon la formule suivante : $^{\circ}\text{D} = \text{V}(\text{Na OH}) \times 10\text{V}$.

(Na OH) : Représente le volume (en mL) de solution de soude utilisé pour titrer 10 mL de lait.

2.4.3 Analyses microbiologiques

Ces analyses avaient pour objectif, d'isoler et de dénombrer les différents groupes de bactéries susceptibles d'être présents dans les échantillons de lait crû de chèvre, notamment la flore totale aérobie mésophile (FTAM), les coliformes totaux, les staphylocoques, les levures et les moisissures et la recherche des bactéries lactiques présentes dans le lait de chèvre. Les deux échantillons de lait de ont subi les mêmes analyses.

2.4.3.1 Etude la qualité sanitaire du lait de chèvre

Le lait peut être contaminé par divers microorganismes de l'environnement (ex. *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Corynébactérium* ...). Des contaminations fécales peuvent également entraîner la présence de *Clostridium* et d'entérobactéries coliformes et

éventuellement d'Entérobactéries pathogènes, telles que *Salmonella*, *Yersinia*... . Par ailleurs, les laits d'animaux malades peuvent enfin, contenir des germes pathogènes pour l'homme : *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* (agents de mammites infectieuses chez la vache et pathogènes pour l'homme), *Brucella*, *Bacillus anthracis*, *Listeria*... . Ceci explique l'importance d'un contrôle sanitaire rigoureux (Vassal, 1993)

2.4.3.2 Préparation des dilutions

En microbiologie, la dilution est un processus qui consiste à réduire la charge microbienne dans une solution. Dans ce but, des dilutions décimales sont réalisées en cascade jusqu'à la dilution 10^{-5} . Après homogénéisation de l'échantillon du lait (agitation pendant 10 secondes à l'aide d'un vortex). On prélève aseptiquement 1ml de l'échantillon de lait à l'aide d'une micropipette stérile, et l'introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, après homogénéisation, on transfère 1 ml de cette première dilution dans un deuxième tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, on effectue la même opération jusqu'au 5^{ème} tube qui correspond à la dilution 10^{-5} . Chaque dilution a été homogénéisée à l'aide d'un vortex.

Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La flore mésophile aérobie totale (FTAM) constitue un indicateur fiable du niveau de contamination microbiologique. Le dénombrement peut être effectué par un ensemencement de l'échantillon de lait en profondeur dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PCA gélosé (Plate Count Agar) (Guiraud, 1998).

Mode opératoire

Un volume de 1 ml de chaque dilution (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) est prélevé de manière aseptique à l'aide d'une micropipette puis introduit dans des boîtes de Pétri vides stériles (ensemencement en masse). Ensuite, on coule environ 10 à 15 ml de gélose PCA en surfusion (44 °C), le mélange est homogénéisé en effectuant des mouvements en forme de huit sur la paillasse, puis, le milieu est laissé se solidifier. L'incubation des boîtes se fait à 30°C pendant 72 h. (International Organisation for Standardisation ISO 4833-1 (2013)).

Lecture de résultats

Le nombre de colonies a été dénombré et exprimé en unités formant colonies par millilitre d'échantillon (UFC/ml) (IPA, 2003).

Recherche des coliformes totaux

Le protocole expérimentale consiste à prélever un volume de 1 ml à partir de chaque dilution (10^{-4} et 10^{-5}) puis l'introduire aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles. Ensuite, un volume d'environ 15 ml d'un milieu Désoxycholate préalablement fondue et refroidie (44°C), est ajouté dans chaque boîte (La composition de ce milieu est indiquée en annexe 01). Le mélange est homogénéisé par agitation douce et lente afin d'assurer une répartition uniforme de l'inoculum dans le milieu (ensemencement en masse). Après solidification, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures. Après incubation, les colonies bactériennes sont détectées et dénombrées.

Recherche de Staphylocoques

Les staphylocoques sont généralement considérés comme des germes saprophyte, soit de l'homme (*St. epidermidis*, ...), soit des animaux (*St. intermedius* ...), soit de l'environnement (*St. xylosus*, *St. warneri*). Pour la recherche de Staphylocoque, un volume de 1 ml des deux dernières dilutions (10^{-4} , 10^{-5}) a été aseptiquement introduit dans des boîtes de Pétri stériles (ensemencement en masse). Ensuite, 10 à 15 ml de milieu de culture Chapman en surfusion (44°C) sont ajoutés, le milieu est homogénéisé par mouvement en huit puis laissé se solidifier. Après solidification, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 h. Le milieu Chapman est un milieu gélosé hypersalé à 7,5 %. C'est un milieu de culture sélectif ne permettant la croissance que de germes halophiles (ex. Staphylocoque). Après incubation, les colonies caractéristiques de Staphylocoque sont détectées (**International Organization for Standardization ISO 6888-1 (1999)**) (La composition de ce milieu est indiquée en annexe 01).

Recherche des levures et des moisissures

Parmi les nombreuses espèces de levures et de moisissures, seules certaines espèces peuvent se maintenir dans le lait. L'usage du milieu Sabouraud est préconisé pour la culture (composition en annexe 01), par ailleurs, l'isolement et l'identification des levures ainsi que les moisissures saprophytes ou pathogènes a été observé dans des échantillons faiblement chargés en bactéries (**International Organization for Standardization ISO 21527-1/2**).

Mode opératoire

La gélose Sabouraud est préalablement fondue puis coulé dans des boîtes de Pétri stériles et laissé se solidifier. Les tubes correspondants aux dilutions (10^{-4} et 10^{-5}) sont ensuite homogénéisés par agitation douce. À l'aide d'une micropipette stérile, un volume de 0,1 mL ($100\ \mu\text{L}$) est prélevé de chaque dilution puis déposé au centre de chaque boîte de Pétri.

L'inoculum est ensuite étalé de manière aseptique à l'aide d'un étaloir (râteau) en L stérile, jusqu'à absorption complète par la gélose (ensemencement en surface). Les boîtes sont ensuite incubées à une température comprise entre 25 °C et 30 °C pendant une durée de 3 à 5 jours. Après incubation, le développement des colonies fongiques et de levures sont détectées.

2.4.4 Isolement et purification des bactéries lactiques

2.4.4.1 Isolement des bactéries lactiques

Il s'agit d'une étude capitale, renfermant l'essentiel de notre partie pratique. L'objectif de cette étude bactériologique consiste à isoler des bactéries lactiques. En bactériologie, il est impérativement indispensable d'appliquer lors de manipulations de rigoureuses précautions d'asepsie.

Pour réaliser cette étude, des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-5} ont été réalisées pour les deux échantillons de lait. Pour cela, on a effectué un ensemencement sur le milieu sélectif M17 (dont la composition est indiquée en annexe 01) seulement, un ensemencement en surface a été réalisé, en déposant un volume de 1 ml de chaque dilution à la surface d'un milieu solide M17, puis l'étaler à l'aide d'un étaloir stérile. Les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 48 h. Après incubation, on observe des colonies distinctes qui sont ensuite repiquées pour obtenir des cultures pures.

2.4.4.2 Purification des isolats lactiques

Le but de cette opération est d'obtenir des colonies bactériennes nettement séparées. En microbiologie, une bactérie ne peut être identifiée qu'une fois isolée et obtenue à l'état pure. Pour cela, on a réalisé la purification des isolats afin d'obtenir des cultures pures. A partir des boîtes contenant des cultures précédemment incubées et à l'aide d'une anse de platine stérile et dans des conditions stériles, on prélève à partir d'une colonie isolée un inoculum, puis on le repique par technique d'ensemencement en strie sur milieu gélosé M17. Les boîtes sont ensuite incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures. L'opération est effectuée plusieurs fois afin d'obtenir des colonies pures et homogènes, présentant les mêmes caractéristiques phénotypiques confirmant ainsi la pureté des isolats. Seuls les isolats présentant une réaction à la coloration de Gram positive et une absence d'activité catalase ont été sélectionnés pour une purification rigoureuse. Cette étape consiste à effectuer des repiquages successifs sur des milieux gélosés M17. La pureté des isolats a été contrôlée systématiquement après chaque passage par l'examen

des caractéristiques morphologiques, tant sur le plan macroscopique que microscopique (**Araar et Bouriache, 2024**).

2.4.4.3 Conservation des isolats

Après purification, les isolats présentant les caractéristiques des bactéries lactiques ont été conservés à 4°C, sur milieu gélosé MRS en tube incliné.

2.4.5 Etude morphologique

2.4.5.1 Etude des caractères macroscopiques

Les méthodes d'étude et d'identification des bactéries sont multiples et se perfectionnent sans arrêt. Parmi ces méthodes, les techniques de culture des bactéries, les techniques d'observation macroscopiques et microscopiques, les techniques de coloration, les techniques biochimiques (tests traditionnels, Galerie API) et enfin les techniques de biologie moléculaire. Par ailleurs, la connaissance de la morphologie des bactéries et de l'aspect microscopique est à la base de l'identification bactérienne et constitue la première étape d'identification. Une colonie bactérienne est le résultat de la multiplication d'une bactérie à la surface d'un milieu de culture gélosé. Généralement, elle contient 10^6 à 10^8 bactéries. Pour certaines espèces bactériennes, l'aspect définitif de la colonie est obtenu en 24 h, pour d'autres en deux ou trois jours. L'étude macroscopique des colonies bactériennes permet d'apprécier leurs nombreuses caractéristiques, qui, dans certains cas, orientent l'identification. On s'intéresse à : la forme, l'élévation, le contour, la taille, la couleur, l'opacité, la consistance et la surface de la colonie. L'étude macroscopique est réalisée sur milieu gélosé M17, elle permet donc de dresser le profil phénotypique de l'isolat.

2.4.5.2 Étude des caractères microscopiques

L'examen microscopique des bactéries est utilisé pour étudier certains détails de structures des cellules bactériennes (mobilité, forme et regroupement des cellules, type de Gram...).

Observation microscopique avec coloration de Gram

Coloration de Gram (1884) : Cette coloration double constitue un des premiers stades de l'étude microscopique d'une bactérie, en ce sens qu'elle permet un premier classement en bactéries dites Gram+ et Gram- (**François et al., 2011**). Cette coloration permet aussi la mise en évidence de la forme des bactéries, soit rondes (coques) ou bâtonnets (bacilles) regroupées en amas, en chaînette ou en paires ; soit en spirale ou en hélice.

Les bactéries présentent toutes une paroi constituée d'une substance appelée (la muréine), qui est un peptidoglycane. Celle-ci est recouverte par une membrane externe chez les bactéries Gram-, tandis que les bactéries à Gram (+) sont dépourvues. Cette paroi permet de classer les bactéries soit dans les Gram+ ou les Gram-. A la fin de la coloration, les bactéries dites Gram négatif apparaissent rose, tandis que les bactéries dites Gram positive sont colorées en bleu foncé / violet. Le principe de la technique consiste à préparer un frottis, soit à partir d'une solution bactérienne, soit à partir d'une culture sur milieu gélosé.

On dépose au centre d'une lame propre une faible quantité de culture bactérienne, prélevée à l'aide d'une anse stérile, et la délayer dans une goutte d'eau, en réalisant un étalement mince et homogène. On laisse sécher la lame à l'air libre sur la paillasse. Lorsque la préparation est nettement sèche, on procède à sa fixation, en tenant la lame nettement au-dessus du Bec Benzène, à une hauteur d'environ 30 cm. Répandre sur le frottis fixé 4 à 5 gouttes de solution aqueuse de violet de gentiane, on laisse agir pendant une minute et on jette l'excès de violet en inclinant la lame, sans la laver. On recouvre la lame avec du Lugol, cette liqueur prend une teinte mordorée, on la jette au bout de quelques secondes et on répète l'opération avec une liqueur fraîche jusqu'à ce que la pellicule mordorée n'apparaisse pas. Le Lugol constitue le mordant. On décolore à l'alcool absolu goutte à goutte en inclinant la lame au-dessus de l'évier jusqu'à ce que l'alcool ajouté n'ait plus d'actions décolorantes. La lame est lavée à l'eau du robinet ensuite recolorée à la fuchsine pendant une minute. La lame est lavée à l'eau puis séchée et examinée à l'immersion au microscope optique. Deux résultats sont possibles :

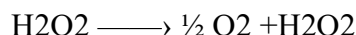
- Les bactéries G+ apparaissent en bleu noire ; les bactéries Gram-, apparaissent en rouge.
- Même processus, mais on remplace le violet de gentiane par le cristal violet et la fuchsine par la safranine, les Gram+, apparaissent en violet foncé ; les Gram- apparaissent en rose.

2.4.6 Identification physiologiques et biochimiques

2.4.6.1. Recherche de la catalase

Les catalases sont des enzymes Ferro porphyrines de poids moléculaire élevé qui existe chez toutes les bactéries aérobies strictes et leur permettent de vivre en présence d'oxygène. En plus, de la chaîne respiratoire des cytochromes, il existe en effet chez les bactéries aérobies une chaîne accessoire courte, fixant l'hydrogène sur l'oxygène en aboutissant non à l'eau ordinaire

mais à l'eau oxygénée, production dangereuse et toxique pour la bactérie, la catalase débarrasse la cellule bactérienne de l'eau oxygénée par la réaction ci-dessous :



produit toxique ———> formulation de bulle pour les bacterie

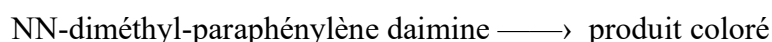
Le test de la catalase s'effectue sur les bactéries Gram positives, il sert à déterminer si la bactérie possède l'enzyme catalase servant à transformer l'eau oxygénée issue de la voie respiratoire oxydative directe en eau et en oxygène. Le principe de la technique consiste à déposer à l'aide d'une pipette pasteur stérile une goutte d'eau oxygénée sur une lame propre, puis on prélève une faible quantité de la culture à examiner et la dissocier dans la goutte d'eau oxygénée. Si la bactérie possède une catalase, on observe un dégagement gazeux (petites bulles), l'absence des bulles témoignent d'une catalase-.

2.4.6.2 Recherche de l'enzyme oxydase

La recherche de cette enzyme est d'une grande importance dans le diagnostic de bacille à coloration Gram-. Le réactif utilisé est de l'oxalate de diméthyl-paraphénylène diamine. La réaction d'oxydase ne doit pas être recherchée à partir de culture sur des milieux contenant des glucides tels que le milieu TSI, car ce sont des milieux susceptibles de donner des résultats faussement négatifs. D'une façon générale, il est recommandé de faire cette réaction soit :

- à partir d'une culture obtenue sur gélose nutritive, ceux-ci après un ré isolement sur cette dernière, en faisant une suspension de bactérie dans 0,5 ml d'eau physiologique stérile en tube à hémolyse. On rajoute ensuite un disque d'oxydase imprégné de réactif 'd'oxalate de diméthyle paraphénylène diamine'. La suspension devient violette après 30 à 60 secondes si la bactérie possède cette enzyme, dans le cas inverse, sa coloration reste incolore

- soit, à placer un disque d'oxydase sur une lame propre à l'aide d'une pince désinfectée à l'aide d'une flamme bleue, puis à prélever une faible quantité d'inoculum à partir d'une colonie sur un milieu solide avec une pipette Pasteur et à la déposer délicatement sur le disque. La présence d'une couleur violette signifie que la bactérie est Oxydase+.



2.4.6.3 Test de la thermo- résistance

Ce test permet de connaître si les bactéries lactiques sont capables de résister à un traitement thermique. Le principe de ce test consiste à effectuer un traitement thermique des

isolats lactiques ensemencés dans du bouillon MRS en tube (environ 07 ml), maintenus dans un bain marie à 63°C pendant 30 min puis laisser se refroidir pendant 5 à 10 min. Ensuite, à l'aide d'une micropipette, 0,1 mL de chaque tube est prélevé puis introduit dans un nouveau tube contenant 07 mL de bouillon MRS. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24h. Les bactéries présentant une croissance (un trouble) sont considérées comme des thermorésistantes.

2.4.6.4 Croissance à différentes températures

Selon le genre et les espèces bactériennes, la température optimale de croissance varie. On divise les bactéries en trois groupes selon cette température : - bactéries psychrotrophes, bactéries mésophiles et bactéries thermotrophes. Ce test permet donc de distinguer les bactéries lactiques mésophiles des bactéries thermophiles (Bekhouche et Boulahrouf, 2005).

Les isolats lactiques sont ensemencés à l'aide d'une anse stérile sur bouillon MRS en tube à essai. Les tubes ensemencés sont ensuite incubés séparément à trois températures : 25, 30°C et 45°C pendant 24H. Après incubation, la croissance est appréciée par l'apparition d'un trouble dans le milieu de culture MRS (Badis et al., 2004).

2.4.6.5 Croissance à différentes concentrations de Na Cl

Ce test joue un rôle important dans l'identification des bactéries (Badis et al., 2005). Il permet de savoir si les bactéries lactiques sont capables de croître dans un milieu salé. Les isolats lactiques sont ensemencés dans un bouillon MRS salé à concentrations 4% et 6.5% de Na Cl. Les tubes sont ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures. Après incubation, la capacité des isolats à croître dans ces milieux est appréciée par une simple croissance (présence d'un trouble dans le milieu).

2.4.6.6 Croissance à différents pH

Les bactéries se multiplient bien à pH neutre ou légèrement alcalin. Elles ne supportent pas les pH acides sauf exception : les bactéries acidophiles, les levures et les moisissures. Le principe de ce test consiste à ensemencer les isolats lactiques dans des tubes à essai contenant environ 07 mL de milieu MRS liquide ajustés à pH 4, 7 et 9.6. Les tubes ensemencés sont incubés à 37 °C, pendant 48 h. Après incubation, l'apparition d'un trouble est un élément clé de la croissance bactérienne.

2.4.6.7 Type fermentaire

Les bactéries lactiques pendant leur croissance dégradent les sucres contenus dans le milieu de culture en empruntant soit la voie homofermentaire, dont le produit final est essentiellement l'acide lactique ou hétérofermentaire en produisant en plus de l'acide lactique,

de l'éthanol, de l'acétate et du CO₂. Les bactéries homofermentaires ne produisent pas de gaz contrairement aux bactéries hétérofermentaires qui produisent du CO₂ dans le milieu. Donc, Ce test permet la distinction entre les bactéries lactiques homofermentaires et hétérofermentaires. Des cultures jeunes de bactéries lactiques sont cultivées dans des tubes contenant 07 mL de bouillon MRS, pourvu d'une cloche de Durham. Les tubes sont ensuite incubés à 30 °C, pendant 24 h. Après incubation, la production de gaz (CO₂ = apparition de bulles) dans la cloche traduit le développement de bactéries hétérofermentaires, tandis que son absence caractérise les bactéries homofermentaire

2.4.6.8 Croissance sur le lait de Sherman

Ce test permet d'évaluer la capacité des bactéries lactiques à croître et à réduire le bleu de méthylène, un indicateur d'oxydo-réduction. Les souches bactériennes sont ensemencées dans du lait écrémé contenant du bleu de méthylène, puis incubées à 37 °C pendant une période de 24 à 48 heures. La décoloration du milieu après incubation indique la réduction du bleu de méthylène par l'activité métabolique des bactéries, ce qui témoigne de leur croissance dans le milieu.

2.4.6.9 Test de Mannitol mobilité

Ce milieu est une gélose molle contenant du mannitol et un indicateur coloré de pH, le rouge phénol. Il permet d'apprécier :

- la fermentation du mannitol par virage du milieu au jaune et
- la mobilité de la bactérie. Les germes mobiles diffusent à partir de strie centrale d'ensemencement et se développent sur l'ensemble du milieu. Tandis que le germe immobile se cultive uniquement le long de la strie. Le mannitol est un produit de réduction du mannose. La dégradation en anaérobiose du mannitol conduit à la formation du fructose dont l'attaque conduit elle-même à la formation d'acides à chaînes courtes (**Gerhardt *et al.*, 1994 ; Guiraud., 2003**). A l'aide d'une anse stérile, des isolats lactiques sont ensemencés sur milieu mannitol mobilité par pique centrale jusqu'au fond du milieu. Les tubes sont incubés à 37 °C, pendant 24 heures. Après incubation, le résultat du test est évalué selon les données précédemment cités.

2.4.7 Test de sensibilité aux antibiotiques

La détermination de la sensibilité aux antibiotiques d'une bactérie est connue sous le nom d'antibiogramme. L'antibiogramme constitue donc un moyen pour apprécier la sensibilité d'une bactérie à l'égard des taux thérapeutiques d'un antibiotique (**Jahl *et al.*, 2015**).

. On connaît deux types de méthodes pour effectuer un antibiogramme.

- Méthodes de dilution en milieu liquide ou solide,
- Méthodes diffusimétriques (méthode à disques multiples : plusieurs disques imprégnés avec des quantités différentes de chaque antibiotique (U.I). L'évaluation de la sensibilité d'une souche est simplement indiquée par la présence d'une zone d'inhibition en tenant compte des diamètres de la zone.

Mode opératoire

Nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu solide, car cette méthode est plus facile à réaliser que la précédente ; elle est aussi mieux adaptée aux techniques de laboratoire. Le principe de la technique consiste à préparer un inoculum bactérien prélevé à l'aide d'une anse stérile, d'une culture sur gélose nutritive de 24 h. A l'aide d'un spectrophotomètre, la densité bactérienne est ajustée à 600 nm (de 0,08 à 0,1) (0,5 Mc Farland). L'inoculum est ensuite introduit dans un tube à essai contenant 10 ml d'eau physiologique stérile. Le tube est agité à l'aide d'un vortex pendant quelques secondes. Des boîtes de Pétri contenant le milieu gélosé MH (La composition de ce milieu est indiquée en annexe 01), ensuiteensemencées par le germe dont on veut étudier la sensibilité par la technique d'écouvillonnage, en réalisant des stries serrées. Des disques imprégnés de l'antibiotique à tester, sont déposés à l'aide d'une pince stérile sur la surface du milieu MH. Cinq disques sont déposés par boîte. Les boîtes sont ensuite incubées pendant 24 h, dans une étuve réglée à 37 °C, couvercle en bas. L'antibiotique contenu dans le disque diffuse dans le milieu. La concentration de l'antibiotique diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du disque. La lecture des résultats est effectuée en fonction de l'existence ou non de zones d'inhibition. Cette lecture est essentiellement qualitative. Trois réponses sont possibles :

- Souche sensible : diamètre de la zone d'inhibition égal ou supérieur à 15 mm
- Souche limite (intermédiaire) : diamètre de la zone d'inhibition inférieur à 10 mm
- Souche résistante : pas de zone d'inhibition.

Selon la disponibilité des antibiotiques, dix d'antibiotiques ont fait l'objet de notre étude.

La figure 03 illustre les zones d'inhibitions obtenues sur milieu M.H.

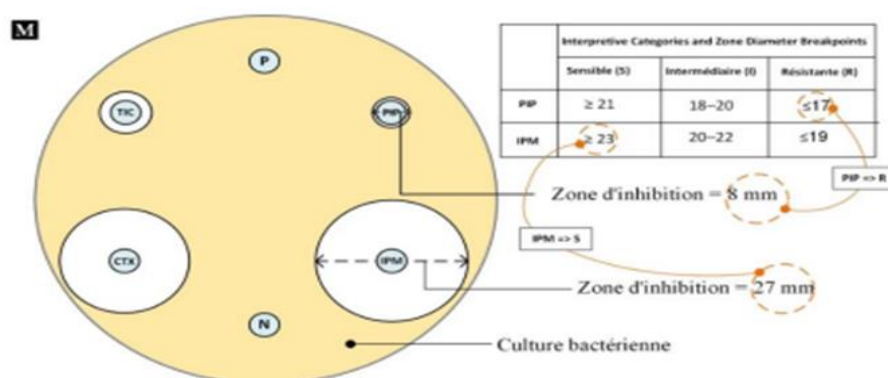


Figure 3: Exemple de résultats d'antibiogramme (Ketz, 2016).

Le **tableau 04** présente la liste des antibiotiques testés, leurs charges et les caractéristiques des diamètres de la zone d'inhibition selon les normes du CASFM (comité d'antibiogramme de la société française de microbiologie).

Tableau 4: Liste des antibiotiques testés, leurs charges et caractérisation des diamètres de la zone d'inhibition (Communiqué du CFA-SFM, 2012).

Famille	Antibiotique	Charge de disque	Sigle	Diamètre d'inhibition (mm)	
				Sensible $\geq$	Résistant $<$
Pénicillines	Oxacilline	5 μ g	OX	13	10
Rifamycines	Rifampicine	5 μ g	RA	20	17
Tétracyclines	Tétracycline	30 μ g	TE	19	17
Fusidanes	Acide fusidique	10 μ g	FA	17	14
Glycopeptides	Vancomycine	30 μ g	VA	17	-
Pénicillines	Ampicilline	10 μ g	AMP	21	16
Streptogramines	Pristinamycine	15 μ g	PT	18	15
Aminosides	Gentamicine	10 μ g	GEN	15	12
Polymyxines	Colistine sulfate	10 μ g	CS	13	10
Quinolones	Nitroxoline	20 μ g	NO	17	-

2.4.8 Étude de l'activité antimicrobienne des isolats lactiques

Selon la littérature, l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques est connue depuis des siècles lors de leur utilisation en tant que ferments lactiques au niveau des industries alimentaires et agroalimentaires et laitières. Cependant, il s'est avéré que ses ferments ont tendances à minimiser les risques des pathologies intestinales telles que les entérocolites à *Escherichia coli* et autres germes microbiens et à contribuer à la conservation des aliments. Cette partie de notre étude est consacrée à l'étude de l'activité inhibitrice des isolats de bactéries lactiques vis-à-vis de trois germes microbiens (souches considérées comme indicatrices ou sensibles). Cette étude est réalisée selon deux méthodes :

Souches indicatrices

Nous avons utilisé trois souches indicatrices, il s'agit de : *Escherichia coli* (ATCC 8739), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) et *Candida albicans*. Les souches nous ont été aimablement fournies par les étudiants de la même promotion, ces dernières ont fait l'objet d'une étude réalisée sur des bactéries lactiques.

2.4.8.1 Méthode de double couche (méthode de Fleming *et al.*, 1975)

Cette méthode permet de mettre en évidence l'action inhibitrice des isolats lactiques par contact cellulaire. Des cultures jeunes de 24 h d'isolats lactiques (S1 et S2), supposés être inhibitrices sont ensemencées en spots (touches) dans des boîtes de Pétri contenant un milieu solide MRS. Les boîtes sont laissées sécher à température ambiante pendant une à deux heures, puis mises à l'étuve à 37 °C pendant 24 heures. Après incubation, un mélange contenant environ 8 ml de gélose molle en surfusion et à concentration 0,7 % et 0,1 ml d'une suspension de culture liquide de la souche supposée indicatrice est préparé. Après homogénéisation, le mélange est ensemencé à la surface des boîtes pré-incubées conformément à la méthode de double couche. Après solidification du milieu, les boîtes sont incubées à 37°C, pendant 24 heures. L'inhibition se manifeste par l'apparition d'une zone transparente autour des isolats ensemencés en spots. Après incubation, la lecture des résultats consiste à mesurer le diamètre des zones d'inhibitions apparues autour des isolats ensemencés en touches. Ces diamètres sont mesurés à l'aide d'une règle et sont calculés en millimètre. La **figure 04** illustre la méthode de double couche.

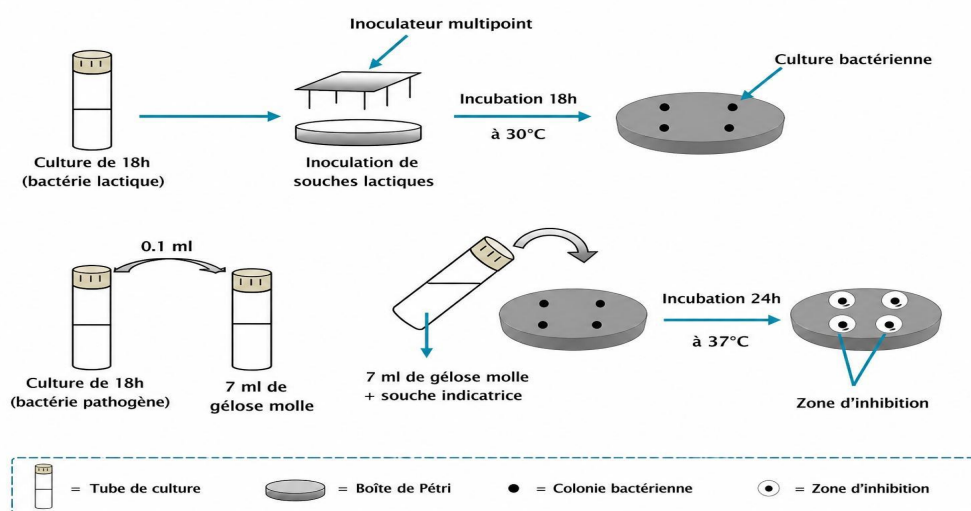


Figure 4: Méthode directe de double couche (méthode de Fleming *et al.*, 1975).

2.4.8.2 Méthode des puits (méthode de Barefoot et Kaenhammer, 1983)

Cette méthode permet de mettre en contact le surnageant de l'isolat lactique producteur des substances antimicrobiennes avec la souche indicatrice dans un milieu solide. Le principe de la technique consiste à ensemencer les isolats lactiques (S1, S2) dans des flacons contenant un milieu liquide MRS. Les flacons sont ensuite incubés à 37 °C pendant 18 heures. Après incubation, les cultures sont soumises à une centrifugation à 6 000 rpm/10 minutes afin de

séparer le culot du surnageant et récupérer ce dernier. Le surnageant stérile est obtenu après filtration des surnageant à travers des filtres millipores stériles de 0,22 μm de diamètre.

Ensuite des boîtes de Pétri contenant le milieu gélose Mueller-Hinton(MH) sont ensemencées en masse à l'aide d'un écouvillon stérile par les cultures supposées être sensibles (indicatrices) : *E. coli* ATCC 8739, *Candida albicans* et *P. aeruginosa* ATCC 27853 . Après solidification de ce milieu, et dans des conditions stériles, des puits d'environ 5 mm de diamètre sont réalisés à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, on introduit ensuite dans chaque puit environ 100 μl de surnageant stérile. Les boîtes sont mises en incubation à 37°C, pendant 24 à 48 h. Après incubation, l'activité antibactérienne est évaluée par la mesure des diamètres des halos d'inhibitions autour des puits. **La figure 05** illustre la méthode des puits.

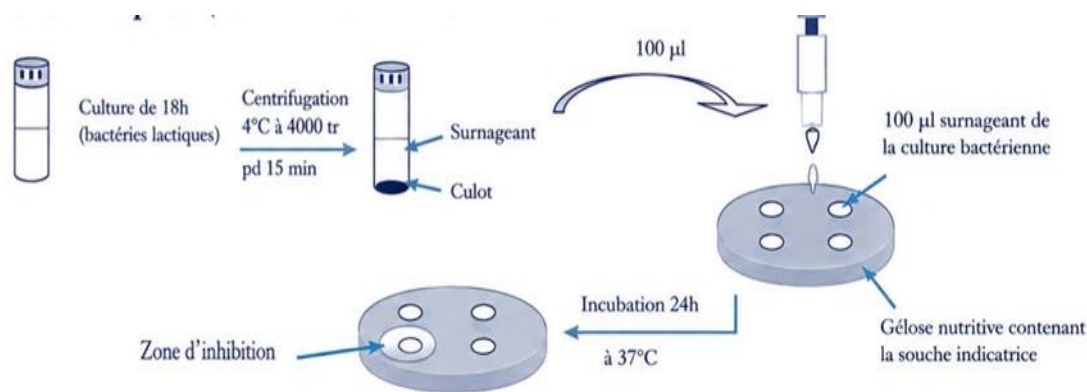


Figure 5: La méthode de Barefoot et Klaenhammer (1983).

2.4.8.3 Activité microbienne vis-à-vis de *Candida albicans*

L'activité antimicrobienne des isolats lactique a été évaluée selon la méthode de diffusion en puits réalisés sur gélose Muller Hinton. Le principe de la méthode consiste à ensemencer en surface et à l'aide d'un écouvillon stérile un milieu gélosé Muller Hinton une suspension fongique de *Candida albicans* ATCC 10231. Après solidification, du milieu, des puits d'environ 5 mm de diamètre ont été effectués dans des conditions aseptiques à l'aide d'une pipette pasteur stérile. Ensuite, dans chaque puits sont introduits environ 100 μL de surnageant stériles des bactéries lactiques S1, S2. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures. L'activité antimicrobienne est déterminée par la mesure des zones d'inhibition autour des puits.

Résultats et Discussion

III. Résultats

3.1 Résultats des paramètres physico-chimiques

3.1.1 Résultats du pH

Le pH du lait et des produits laitiers est un paramètre important lorsqu'il s'agit de contrôler la qualité du lait. Les mesures du pH des échantillons de lait cru de chèvre analysés révèlent que l'échantillon 1 (E1) a un pH de 6,53, tandis que l'échantillon 2 (E2) présente un pH de 6,47. Ces valeurs sont proches de la neutralité et se situent dans la plage généralement acceptée pour le lait frais de chèvre, qui est comprise entre 6,4 et 6,8. De légères variations de pH peuvent être attribuées à divers facteurs, notamment l'état de santé de l'animal, en particulier les infections mammaires ainsi que les conditions d'alimentation et de traite (**Morgan, 1999**). La légère diminution du pH observée dans l'échantillon 2 pourrait nous renseigner d'un début d'activité microbienne ou une variation physiologique liée à l'animal.

3.1.2. Résultats de l'acidité titrable (acidité Dornic)

L'acidité Dornic (exprimée en °D) mesure la quantité d'acide lactique dans le lait (1 °D = 0,1 g d'acide par litre). Son rôle est d'évaluer la fraîcheur du lait et de contrôler son aptitude à la transformation (fromage, yaourt), le lait frais devant titrer entre 14 °D et 18 °D.

L'acidité Dornic est un paramètre d'une très grande importance qui conditionne le démarrage des manifestations microbiologiques. Il reflète les conditions de stockage des échantillons de lait et nous permet de connaître la qualité du lait analysé. Les résultats de l'acidité titrable indiquent que l'échantillon 1 a une acidité de 15°D, tandis que l'échantillon 2 atteint 18,5°D. L'acidité de l'échantillon 1 est conforme aux normes généralement acceptées pour le lait frais, qui se situent entre 12°D et 16°D. En revanche, l'acidité plus élevée de l'échantillon 2 dépasse légèrement ces valeurs, ce qui peut nous renseigner d'une éventuelle activité microbienne, notamment due aux bactéries lactiques qui transforment le lactose en acide lactique. Cette augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait et peut refléter un début d'altération ou une période de stockage plus longue (**Cassinello et Pereira, 2001**). Le **tableau 05** présente les valeurs du pH et de l'acidité Dornic.

Tableau 5: Caractéristiques physico- chimiques de 2 échantillons de lait

Échantillons	S1	S2
pH	6,53	6,47
Acidité (°D)	15	18.5

3.2 Résultats des analyses microbiologiques

3.2.1. Résultats de la recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Après incubation, le dénombrement a révélé la présence de 43 colonies bactériennes, ce qui indique une charge microbienne modérée. Les colonies présentent généralement une forme circulaire avec une surface lisse. La flore totale sert d'indicateur général de la qualité hygiénique du lait. Une charge modérée reflète des conditions de production relativement acceptables, bien que le lait puisse être contaminé par divers microorganismes de l'environnement, par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait, par le sol, l'herbe ou la litière (**International Organization for Standardization, 2013**). Le calcul des Unités formant Colonies (UFC) a été effectué selon la formule suivante : $\text{UFC/mL} = \text{Nombre de colonie} / \text{volume ensemencé} \times (1 / \text{dilution})$.

$N = 43$; $V = 1\text{mL}$; $d = 10^{-3} \Rightarrow N = 43 \times (10^{-3}/1)$; $N = 43 \times 10^3 \text{ UFC/mL} \Rightarrow N = \mathbf{43000 \text{ UFC/mL}}$

La **Figure 06** présente les colonies de la flore mésophile aérobie totale sur milieu PCA.

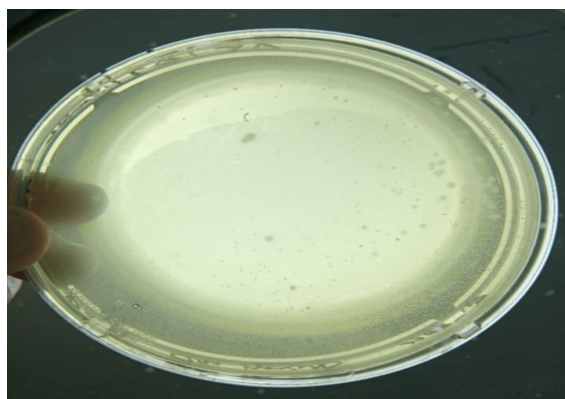


Figure 6: Observation macroscopique des colonies bactériennes sur milieu PCA

3.2.2. Résultats de la recherche de Coliformes totaux

Les coliformes sont toujours considérés comme des témoins de contaminations fécales humaines ou animales ou de mauvaises conditions d'hygiène. Leur absence reflète donc de bonnes pratiques de traite et de manipulation du lait, ainsi qu'un niveau satisfaisant de qualité sanitaire (**Food and Agriculture Organization, 2011**). Après incubation sur milieu Désoxycholate, aucune colonie n'a été détectée, ce qui indique un résultat négatif. **La figure 07**, présente l'absence de colonies bactériennes sur boîte de Pétri contenant le milieu sélectif.

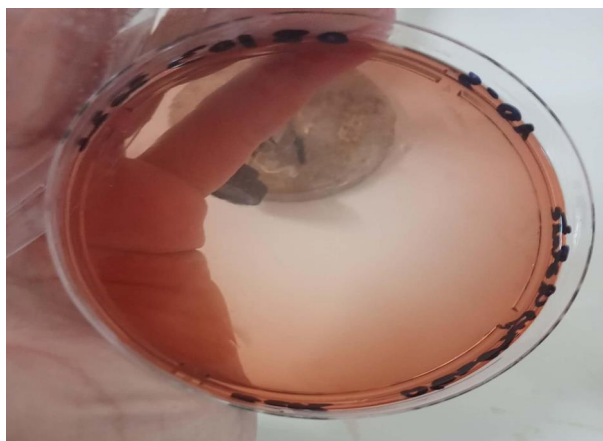


Figure 7: Absence de colonies bactériennes dans une boîte de Pétri contenant le milieu sélectif

3.2.3. Résultats de la recherche de *Staphylococcus*

Les *staphylocoques* sont des germes considérés comme saprophytes soit de l'homme, soit des animaux, soit de l'environnement. Mais, il existe des souches pathogènes pour l'homme, la plus fréquente est le *Staphylococcus aureus*. Après incubation, aucune colonie n'a été détectée, indiquant un résultat négatif. Ce résultat est particulièrement important, car *Staphylococcus aureus* est une bactérie pathogène responsable d'intoxications alimentaires. Son absence suggère que le lait ne présente pas de risque sanitaire immédiat lié à ce germe et reflète un bon état sanitaire de l'animal que des conditions d'hygiène adéquates (**World Health Organization, 2007**). **La figure 08** présente l'absence de colonies bactériennes sur boîte de Pétri contenant le milieu sélectif.

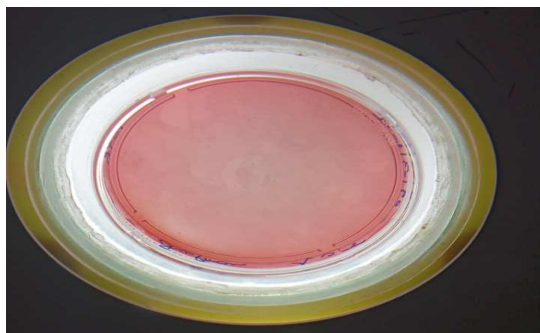


Figure 8: Absence de colonies bactériennes dans une boîte de Pétri contenant le milieu Chapman

3.2.4. Résultats de la recherche de levures et des moisissures

Après incubation, nous avons constaté l'apparition de quelques espèces de moisissures. La présence de moisissures indique une contamination fongique, généralement liée à l'environnement (air, matériel, conditions de stockage). Cette flore fongique peut entraîner une altération du lait et affecter sa qualité sanitaire et organoleptique, notamment en raison de la production de métabolites indésirables (**Food and Agriculture Organization, 2011**). Les caractéristiques macroscopiques et microscopiques n'ont pas permis de les identifier. **La figure 09** illustre les colonies de la flore fongique sur milieu sabouraud.

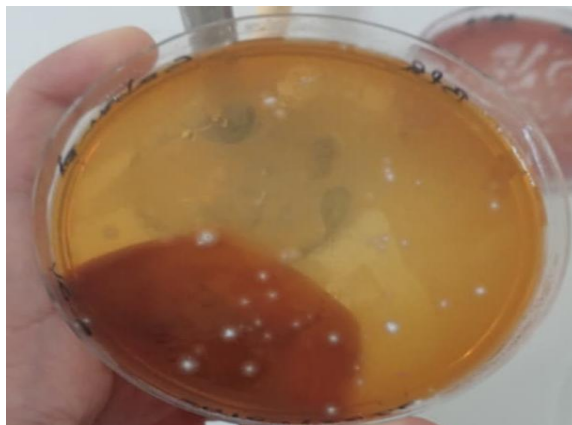


Figure 9: Observation macroscopique des colonies fongiques sur milieu Sabouraud

3.3 Résultats de l'isolement des isolats lactiques

Après différentes étapes d'isolement, d'enrichissement et de purification, deux isolats ont été obtenus à partir de deux échantillons de lait de chèvre provenant de la région d'Ain Témouchent. Les isolats ont été isolés sur milieu M17.

3.3.1. Résultats de l'étude morphologique

3.3.1.1 Observation macroscopique

Les colonies observées sur milieu M17 présentent les caractéristiques suivantes : Une couleur blanchâtre à blanc crème, avec un aspect opaque et une surface lisse et brillante. Les colonies sont majoritairement circulaires, à contour régulier et à relief convexe. Leur texture apparaît crémeuse à légèrement pâteuse. La taille des colonies varie de petite à grande selon les zones de croissance, avec une croissance plus ou moins abondante dans certaines boîte de Pétri.

La Figure 10 présente l'aspect macroscopique des colonies bactériennes sur milieu M17.

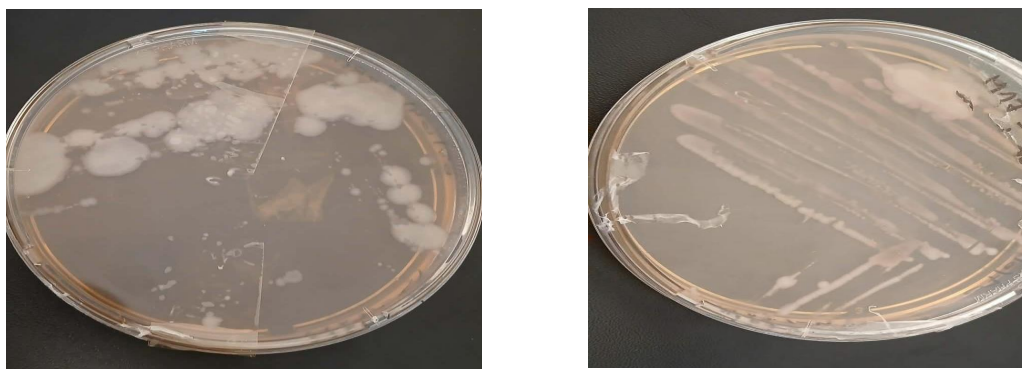
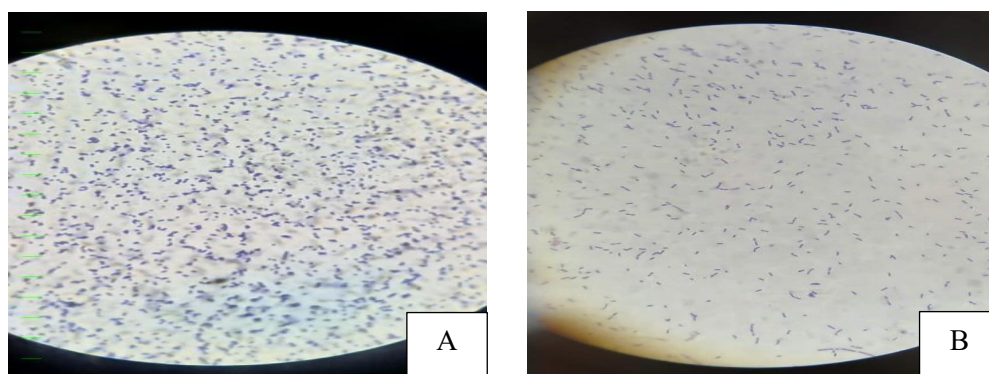


Figure 10: Observation macroscopique des colonies bactérienne sur milieu M17

3.3.1.2 Observation microscopique

A l'issu de ces résultats, très peu de colonies bactériennes ont été isolées. Cela peut être expliqué soit, par l'utilisation des milieux de culture généralement périmés ou le manque des conditions de culture adéquats. Les deux isolats isolés présentent des caractéristiques microscopiques différentes. L'isolat 1 est constituée de cocci Gram positifs et catalase négative, observés principalement sous forme de diplocoques et parfois disposés en chaînettes. En revanche, l'isolat 2 est formée de bacilles Gram positifs et catalase négative, observés sous forme isolée, par deux ou en courtes chaînettes. Le mode d'association varie donc d'une souche à l'autre selon leur morphologie cellulaire. Ces observations microscopiques permettent une première classification des isolats selon la coloration de Gram, la forme cellulaire ainsi que leur mode d'association bactérienne (Joffin et Leyral, 1996). La figure 11 présente l'aspect macroscopique et microscopique.



A : Bactéries en forme de Cocci ; **B** : Bactéries en forme de bacilles

Figure 11: Observation microscopique après coloration de Gram au grossissement (x100).

3.3.2 Identification et purification des isolats

L'examen macroscopique des deux isolats purifiés et pré-identifiés sur la base de leurs caractéristiques phénotypiques, couleur blanchâtre, lisses, à contour régulier et d'une taille plus ou moins identique et de leurs caractéristiques microscopiques ont été retenus pour la suite de notre travail.

3.4 Résultats des tests biochimiques

3.4.1 Recherche de l'enzyme catalase

Les isolats étudiés ont révélé une réaction négative au test catalase, caractérisé par l'absence de dégagement de bulles après l'ajout de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Une catalase négative est le signe très probable des germes lactiques. **La figure 12** présente les résultats du test catalase



Figure 12: Résultat de Test de catalase

3.4.2 Recherche de l'enzyme oxydase

Les oxydases, sont des enzymes qui interviennent à la fin des étapes de déshydrogénation des chaînes de cytochromes. Il en existe plusieurs types. Elles sont mises en évidence par leur propriété à catalyser la réaction d'oxydation d'un substrat organique par l'oxygène de l'air. Les résultats de ce test ont révélé que les isolats testés se sont révélés oxydases négatives. **La figure 13** présente le résultat du test oxydase



Figure 13: Résultat du test d'oxydase

3.4.3 Résultats de la croissance à différentes températures

Les variations de la température d'incubation des isolats constituent un critère physiologique important pour l'identification et la caractérisation des bactéries lactiques, notamment pour la mise en évidence de leurs aptitudes biotechnologiques. Ce test permet de différencier les souches selon leur capacité à croître à différentes températures, en distinguant les bactéries mésophiles, capables de se développer à des températures modérées, et les bactéries thermophiles qui peuvent croître à des températures élevées. Les résultats obtenus montrent que l'isolat 1, de forme Cocci, présente une bonne croissance à 25°C, 30°C et 45°C. Cette capacité de développement dans une large gamme de températures indique que cette souche possède une certaine thermo tolérance et peut être classée parmi les souches thermophiles ou thermo-tolérantes. En revanche, l'isolat 2, de forme bacille présente une croissance à 30°C, par contre aucune croissance n'a été constaté à 25°C et à 45°C. Cet isolat présente donc une croissance à température modérée et peut être considérée comme une bactérie mésophile stricte. Il est à signaler que la croissance est évaluée par la présence d'un trouble au niveau du milieu liquide. **La figure 14** présente les résultats de la croissance des isolats à différentes températures.

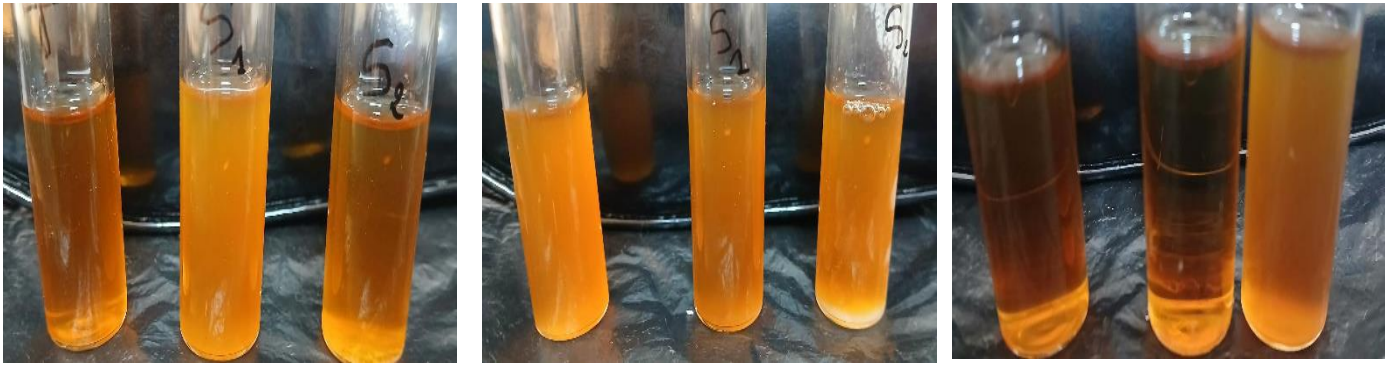


Figure 14: Résultats de la croissance à différentes températures

3.4.4 Résultats de la Thermo résistance

L'exposition des isolats à une température de 63,5 °C pendant 30 min a révélé que seulement, l'isolat 1, est capable de se développer à cette température, tandis que l'isolat 2 ne parvient pas à se développer. La **figure 15** présente les résultats de la thermorésistance.



Figure 15: Résultats de la thermorésistance

3.4.5 Résultats de la croissance à différents pH

La croissance à différentes valeurs de pH (4, 6, 5 et 9.6) sur milieu MRS se traduit par un trouble bactérien (simple croissance) visible à l'œil nu. Après incubation, nous avons constaté que les isolats avaient la capacité de se développer à différents pH expérimentés.



Figure 16: Résultats de la croissance à différents pH

3.4.6 Résultats de la croissance en présence de Na Cl

C'est un milieu hostile pour la plupart des bactéries, celles qui le tolèrent peuvent y pousser. Après incubation la tolérance est marquée par un trouble dans les tubes à essai. Les résultats ont montré que les isolats (S1, S2) étaient capables de croître aux deux concentrations de Na cl (4 % et 6,5 %). La figure 17 présente les résultats de la croissance en Na Cl.

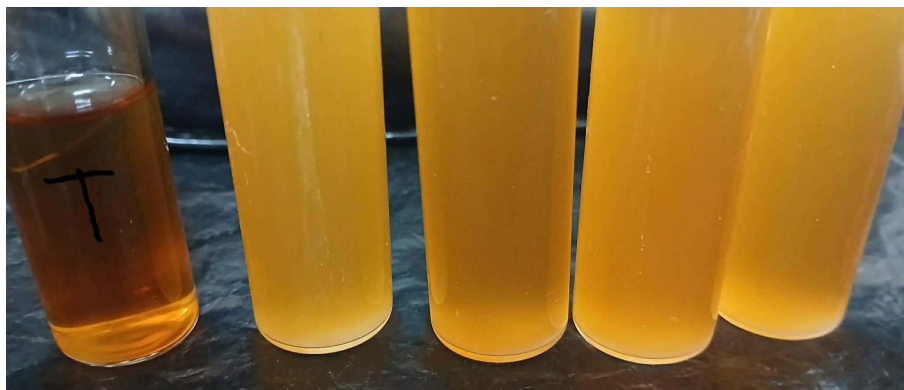


Figure 17: Résultats de la croissance en Na Cl

3.4.7 Résultats du type fermentaire

Après incubation, les résultats ont montré que l'isolat 1 est homofermentaire, car il produit uniquement de l'acide lactique sans dégagement de gaz (CO_2). En revanche, l'isolat est hétérofermentaire puisqu'il a produit du gaz durant la fermentation du glucose. Cette caractéristique a permis de distinguer entre les deux isolats lactiques sur le plan physiologique.

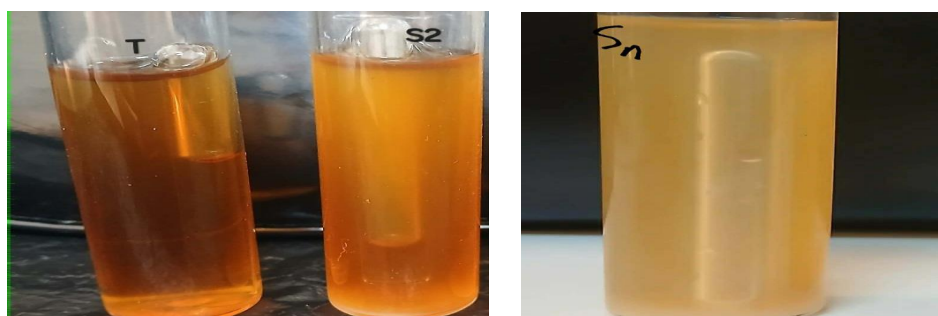


Figure 18 : Résultats du type fermentaire

Le **tableau 06** présente les résultats des caractères physiologiques et biochimiques

Tableau 6: Caractères physiologiques et biochimiques

Paramètres		Isolat 01	Isolat 02
PH (4 ;6,5 ;9,6)		+	+
Température	25°C	+	-
	30°C	+	+
	45°C	+	-
NaCl		+	-
Type Fermentaire		-	+
Thermorésistance		+	-

3.4.8 Résultats de la croissance sur le lait de Sherman

Après incubation à 37°C pendant 48 heures, le test de la croissance sur lait de Sherman a permis aux isolats de se croître sur le milieu et de provoquer une décoloration du bleu de méthylène avec un aspect blanc homogène du milieu. Ce résultat indique que les deux isolats lactiques sont capables de croître en présence de bleu de méthylène à 0,3% .

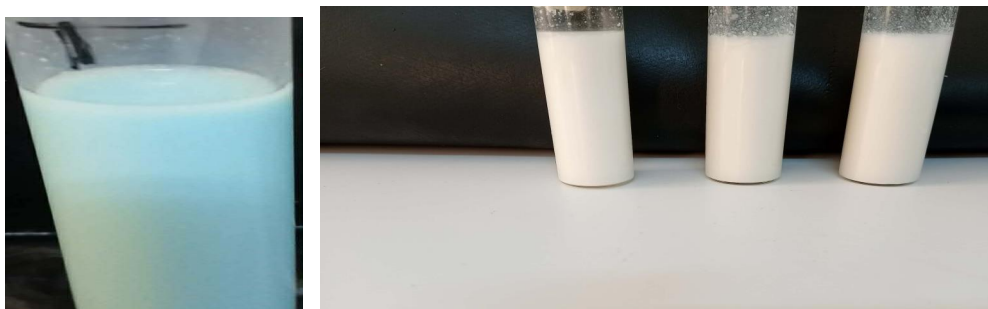


Figure 19: Résultats de la croissance sur le lait de Sherman à 3% de bleu de méthylène

3.4.9 Résultats du test de Mannitol mobilité

Au cours de ce test, nous avons utilisé le milieu semi-solide mannitol–mobilité afin d'évaluer la mobilité des bactéries lactiques ainsi que leur capacité à fermenter le mannitol. Les résultats obtenus montrent que la croissance bactérienne reste limitée à la ligne d'ensemencement, indiquant une absence de mobilité des isolats, celâ signifie que les germes lactiques sont immobiles. En revanche, les deux isolats lactiques ont provoqué un changement de coloration du milieu rouge vers le jaune-orangé, traduisant une utilisation du mannitol avec production d'acides dû à un virement du pH. En revanche, le tube témoin conserve sa coloration initiale. Les résultats sont présentés dans le **tableau 07** et la **figure20**

Tableau 7: Résultats du test mannitol mobilité des isolats lactiques

Tube	La mobilité	Fermentation du Mannitol
isolat 01	-	+
isolat 02	-	+
Témoin	-	+

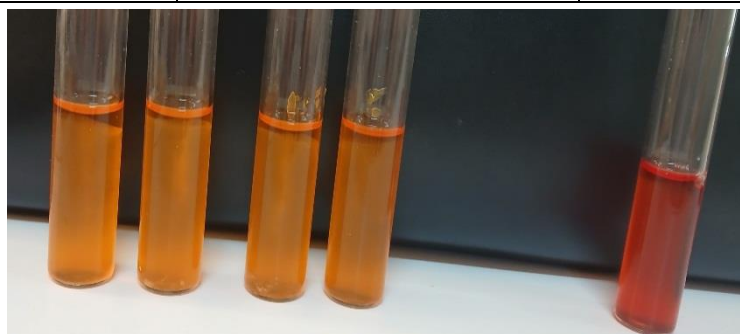


Figure 20: Résultats du test mannitol–mobilité des isolats lactiques

3.5 Résultats du test de sensibilité aux antibiotiques

Le test d'antibiogramme a été réalisé sur milieu Mueller-Hinton en présence de deux isolats lactiques vis-à-vis de dix antibiotiques disponibles au laboratoire. Ces antibiotiques appartiennent à différentes familles. La mesure des diamètres des zones d'inhibitions de chaque isolat pour chacun des antibiotiques testés permet de définir les isolats comme étant résistants ou sensibles. Nous avons considéré que le diamètre de 15 mm est la limite entre un isolat sensible et un isolat résistant (CLSI ,2020). Les résultats ont été interprétés selon les recommandations des normes CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). Il ressort des résultats présentés par le **tableau 8** et illustrés par la **figure 21** que les isolats présentent des profils de sensibilité et de résistance variables vis-à-vis des antibiotiques testés. Les deux isolats se sont révélés sensibles vis-à-vis de Vancomycine, de Pristinamycine, de Gentamicine, de Rifampicine et de Tétracycline. Alors que ces mêmes bactéries se sont montrées résistantes vis-à-vis de l'Ampicilline, l'Oxacilline, la Colistine sulfate et l'Acide fusidique.

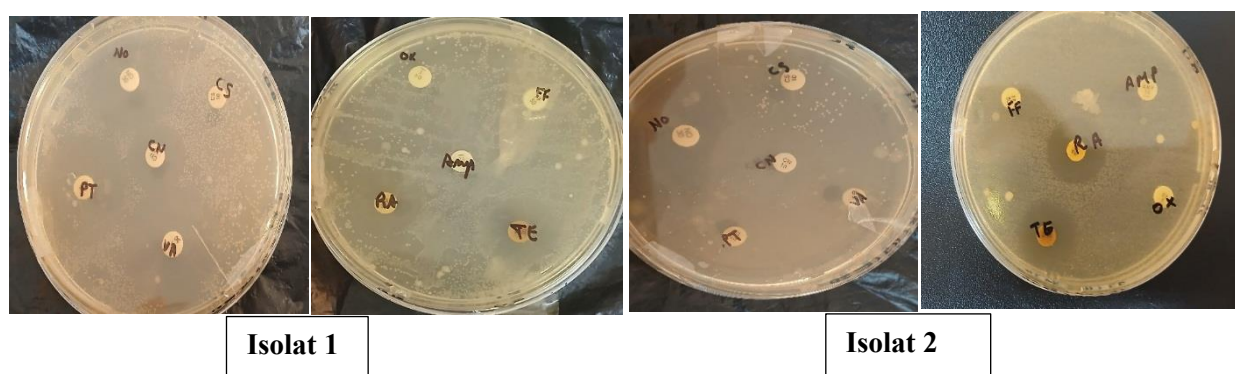


Figure 21: Résultats de l'antibiogramme des isolats lactiques

Tableau 8: Diamètres des zones d'inhibition et interprétation de la réaction des isolats

Antibiotiques	abréviation	Isolat 01(mm)	Interprétation	Isolat 02 (mm)	Interprétation
Ampicilline	AMP	/	R	/	R
Oxacilline	OX	/	R	/	R
Vancomycine	VA	26.5	S	30	S
Pristinamycine	PT	26.5	S	35	S
Gentamicine	CN	18	S	20	S
Colistine sulfate	CS	/	R	/	R
Rifampicine	RA	17.5	S	18	S
Acide fusidique	FF	/	R	/	R
Tétracycline	TE	19	S	17.5	S
Nitroxoline	NO	27.5	S	31	S

R = résistant ; S = sensible

3.6 Résultats de l'étude de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques

Les propriétés antagonistes des bactéries lactiques résultent de leur activité fermentaire associée à la production de divers composés antimicrobiens. Des nombreuses substances à activité antagoniste produites par les bactéries lactiques ont régulièrement été mises en évidence

(Rodrigues *et al.*, 2002). Deux méthodes ont été préconisée afin d'évaluer le pouvoir inhibiteur des bactéries lactiques vis-à-vis des bactéries pathogènes.

3.6.1 Résultats de la Méthode de Barefoot et Klaenhammer, 1983

Afin de déterminer l'activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis des souches indicatrices, deux méthodes ont été retenues. Nous avons utilisé le milieu de culture M.H pour tester l'activité antimicrobienne des deux isolats lactiques vis-à-vis de trois souches indicatrices (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*). A travers les résultats, nous avons constaté que les deux isolats ont exercé une activité antagoniste à l'égard de *Candida albicans*, cette activité inhibitrice diffère d'un isolat à un autre. Par contre, l'activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* s'est révélée plus importante en présence de l'isolat 1. Cette activité est caractérisée par la formation d'une zone d'inhibition autour du puit, indiquant la présence d'un effet antibactérien. En revanche, aucune activité n'a été constatée chez l'isolat 2, cela s'est traduit par une absence d'activité antibactérienne . En présence, d'*Escherichia coli*, aucune activité n'a été observé chez les deux isolats lactiques .Les résultats obtenus sont présentés par le **tableau 10** et illustrés par les figures ci-dessous.

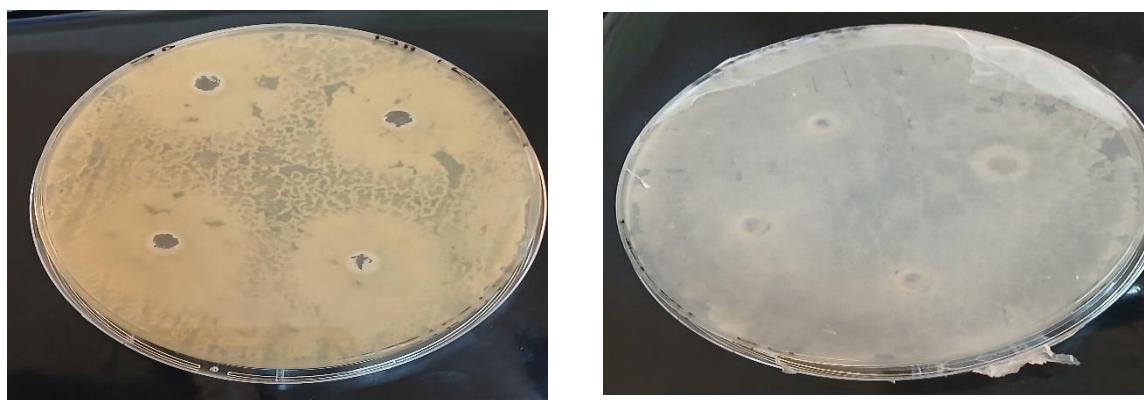


Figure 22: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de *Candida albicans*

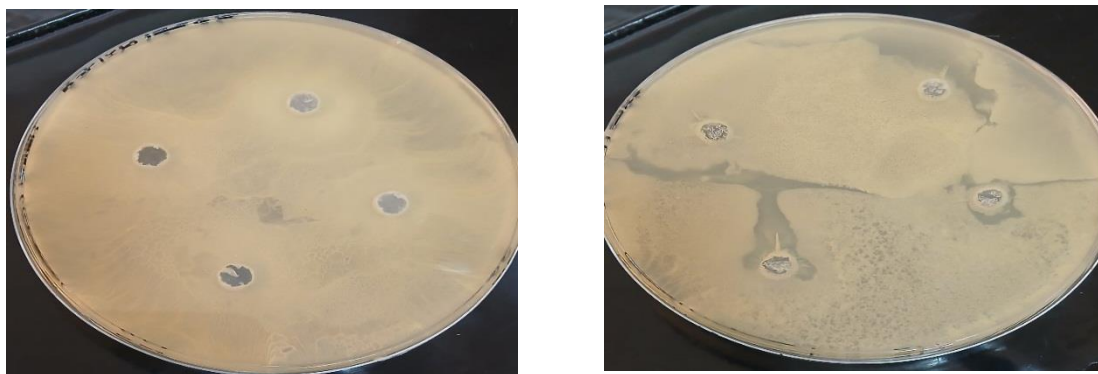


Figure 24: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

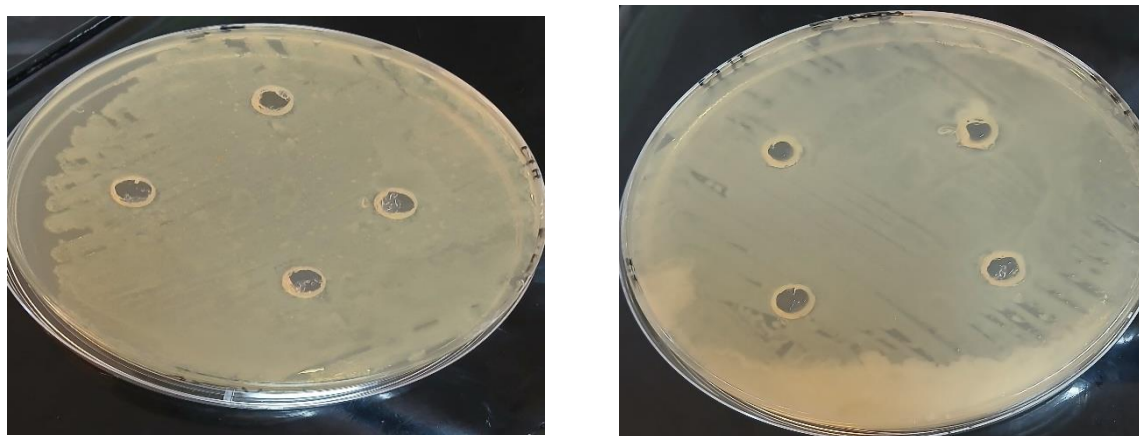


Figure 23: Activité antimicrobienne des isolats lactiques vis-à-vis de *Escherichia coli*

Tableau 9: Diamètres des halos d'inhibition des isolats lactiques

Souche lactique	isolat 01	Isolat 02
Souche indicatrices		
<i>Candida albicans</i>	26 mm	2.5 mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	16.25 mm	/
<i>Escherichia coli</i>	/	/

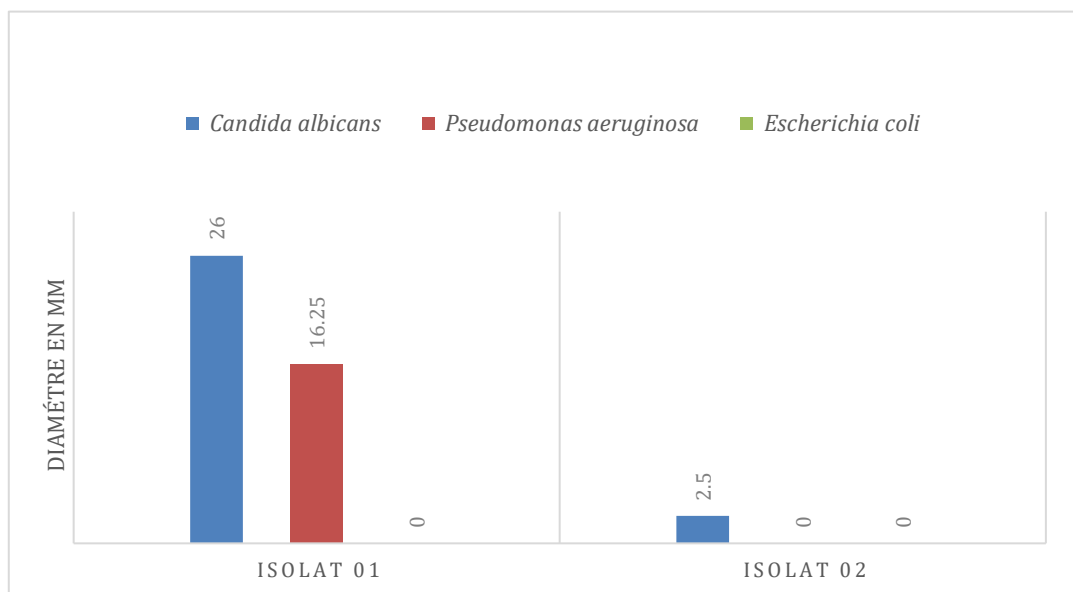


Figure 25: Représentation graphique des résultats de l'activité antimicrobienne des isolats de bactéries lactiques vis-à-vis de *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*

3.6.2 Résultats de la Méthode direct de Fleming (1975)

Les isolats lactiques ont été testés par cette méthode, afin d'évaluer l'action inhibitrice des isolats producteurs de substances antimicrobiennes. Cette méthode permet de mettre en contact le surnageant des isolats lactiques avec les souches indicatrices. L'activité inhibitrice se traduit par l'apparition de zones d'inhibition autour des puits. Les résultats obtenus montrent aucune activité n'a été observé chez les deux isolats lactiques. Les résultats sont illustrés par la **figure 26**.

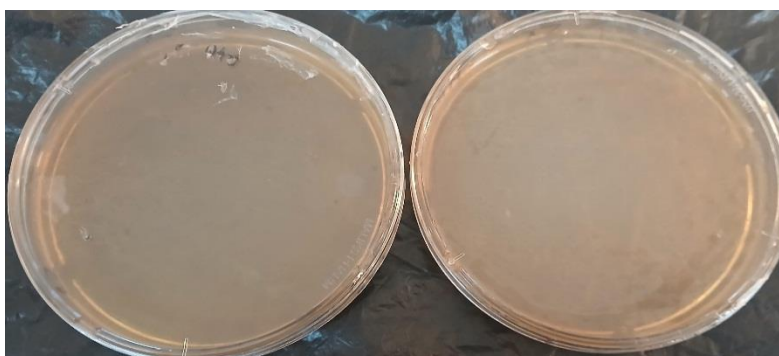


Figure 26: Résultats de l'activité antimicrobienne (méthode de Fleming).

IV. Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques des deux échantillons de lait cru de chèvre (E1 et E2) ont montré certaines variations au niveau du pH et de l'acidité titrable. Les valeurs de pH obtenues (6,53 pour E1 et 6,47 pour E2) se situent dans la fourchette généralement admise pour le lait de chèvre frais. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Mebarki et Sadli (2025)** sur des échantillons provenant de la région d'El Bayadh, dont les valeurs de pH se situent entre 6,53 et 6,58 et de ceux de **Berradia Amouria (2016)** qui ont obtenu des valeurs comprises entre 6,50 et 6,60 pour des échantillons de lait cru de chèvre provenant de la région de Mostaganem. Cependant, nos valeurs sont légèrement inférieures à celles obtenues par **Idrissa et Coulibaly (2016)**, ayant travaillé sur des échantillons provenant de la wilaya de Guelma, où le pH moyen du lait de chèvre était de 6,73, et à celles de **Benayache et Guenifi (2021)** qui ont rapporté un pH de 6,74. Ces écarts peuvent s'expliquer par des différences dans les conditions d'élevage (alimentation, stress, stade de lactation), les pratiques de traite ou le délai entre la collecte et l'analyse. La légère acidité du pH (6,47 pour E2) pourrait indiquer un début d'activité des bactéries lactiques ou un état physiologique particulier de l'animal.

Les résultats de l'acidité Dornic montrent une disparité entre l'échantillon E1 (15°D) et E2 (18,5°D). L'échantillon E1 (15°D) est conforme aux normes de fraîcheur, similaires à celles citées par **Mebarki et Sadli (2025)** qui ont obtenu 16°D. En revanche, E2 (18,5°D) est plus élevé, ce qui pourrait indiquer une acidification spontanée par la flore lactique naturelle. Ce constat rejoint les travaux d'Idrissa et Coulibaly (2016) qui ont trouvé des acidités comprises entre 18,6°D et 19,6°D, et ceux de **d'Araar et Bouriache (2024)** qui ont noté des acidités allant de 15 à 16°D. L'acidité plus marquée d'E2 peut être le signe d'une conservation plus longue avant analyse, ou d'une température de stockage moins maîtrisée, favorisant la fermentation du lactose en acide lactique. Selon **Cassinello et Pereira (2001)**, l'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait. Nos résultats confirment l'hétérogénéité de la qualité du lait de chèvre cru, comme l'avaient déjà souligné **Badis et al., (2004)**.

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FTAM) a permis l'obtention de 43000 UFC/mL, ce qui correspond à une charge microbienne modérée. Aucune des études fournies n'a rapporté un dénombrement brut de colonies aussi faible. Cependant, en convertissant ce résultat en UFC/ml, cette valeur indique une qualité hygiénique globalement satisfaisante. Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par **Idrissa et Coulibaly (2016)**, qui ont obtenus des charges de FMAT allant de $1,1 \cdot 10^5$ à $3,7 \cdot 10^7$ UFC/ml, dépassant de loin les normes.

De même, **Benayeche et Guenifi (2021)** ont rapporté des valeurs de $4,7.10^2$ UFC/ml pour le lait de chèvre, ce qui est très proche de nos résultats. Cette similarité suggère que nos échantillons ont été prélevés et conservés dans de bonnes conditions, limitant la prolifération des germes d'altération.

L'absence de *coliformes totaux* et de *Staphylocoques* dans nos échantillons est un indicateur très positif de la qualité sanitaire du lait. Ces résultats rejoignent ceux d'**Araar et Bourriache (2024)** qui ont également rapporté une absence de coliformes et de *Staphylocoques*. Des résultats analogues ont été obtenus par **Benayeche et Guenifi (2021)**. En revanche, **Idrissa et Coulibaly (2016)** ont signalé une présence des coliformes fécaux ($7,5.10^2$ UFC/ml) et des *Staphylocoques* ($3,97.10^3$ UFC/ml). L'absence de ces germes dans nos échantillons témoigne de bonnes pratiques d'hygiène lors de la traite (nettoyage des mamelles, des mains, du matériel) et d'un bon état de santé des animaux. D'ailleurs, **Tourette (2002)** rappelle que la présence de coliformes est souvent liée à une contamination fécale ou environnementale.

La présence de moisissures dans nos échantillons est un point de surveillance. Ce phénomène a également été observé par **Benayeche et Guenifi (2021)** au cours de l'analyse des échantillons de lait de vache. En revanche, **Mebarki et Sadli (2025)** n'ont pas signalé ce type de contamination, cela peut s'expliquer par des conditions de transport, de stockage et d'acheminement des échantillons. Les moisissures sont généralement des contaminants environnementaux (air, paille, matériel de traite). Leur apparition peut être liée à une exposition prolongée des échantillons de lait à l'air ambiant ou à une humidité résiduelle. Bien que ces moisissures ne soient pas toujours pathogènes, elles peuvent altérer les qualités organoleptiques du lait et produire des mycotoxines, ce qui justifie une attention particulière pour les usages ultérieurs (fermentation, transformation fromagère).

L'examen macroscopique des colonies isolées sur milieu M17 a révélé la présence des colonies de couleur blanchâtre à blanc crème, opaques, à surface lisse et brillante, de forme circulaire à contour régulier et à relief convexe. Ces caractéristiques sont tout à fait typiques des colonies de bactéries lactiques couramment rencontrées dans les produits laitiers. Ces observations concordent avec celles rapportées par **Berradia Amouria (2016)**, qui a décrit sur milieu M17 des colonies de petite taille (environ 1 mm de diamètre), de forme lenticulaire et de couleur blanchâtre ou laiteuse. De même, **Araar et Bourriache (2024)** ont observé sur milieu M17 des petites colonies, rondes, blanches, bombées et lenticulaires. **Mebarki et Sadli (2025)** ont également noté sur milieux MRS et M17 des colonies circulaires, bombées, de couleur blanche, avec une taille variant entre 0,5 et 1 mm de diamètre. La texture crémeuse à légèrement

pâteuse observée dans nos isolats est caractéristique des colonies de bactéries lactiques, qui produisent souvent des exo-polysaccharides leur conférant un aspect parfois visqueux ou humide. Cette propriété est d'ailleurs recherchée dans certaines applications fromagères pour améliorer la texture des produits finis (Leroy et De Vuyst, 2004).

L'observation microscopique après coloration de Gram a révélé une nette différence morphologique entre les deux isolats, ce qui reflète la diversité de la flore lactique présente dans le lait de chèvre cru. L'isolat 1 présente une morphologie de forme Cocci à coloration Gram positif, organisé en diplocoques et parfois en courtes chaînettes. L'absence de l'enzyme catalase confirme son appartenance au groupe des bactéries lactiques. Ces caractéristiques sont typiques des genres *Streptococcus*, *Enterococcus* ou *Lactococcus*, fréquemment isolés du lait. **Berradia (2016)** a identifié au cours de son travail des souches de *Streptococcus mitis*, *Streptococcus thermophilus* et *Enterococcus durans*, présentant une forme de Cocci, en chaînettes ou en diplocoques. **Araar et Bourriache (2024)** ont également observé des Cocci Gram positifs isolés ou en chaînettes, identifiés comme appartenant aux genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. De même, **Mebarki et Sadli (2025)** ont décrit des Cocci à coloration Gram positifs, disposées en chaînes et en paires. La disposition en diplocoques observée chez l'isolat 1 nous permet de supposer que ce dernier correspond genre *Enterococcus*, comme l'a déjà rapporté **Badis et al., (2004)** dans leurs travaux sur le lait de chèvre.

L'isolat 2 présente une forme bacille à coloration Gram positif, observé sous forme isolée, par deux ou en courtes chaînettes et catalase négative. Ces caractéristiques sont typiques du genre *Lactobacillus*, qui constitue l'un des groupes le plus important de bactéries lactiques. Nos résultats rejoignent ceux de **Berradia (2016)**, qui a isolé des bacilles à coloration Gram positifs, identifiés comme *Lactobacillus delbrueckii* et *Lactobacillus fermentum* à partir des échantillons de lait cru de chèvre. Les espèces de *Lactobacillus* sont décrites dans la littérature comme des bacilles à coloration Gram positifs, non sporulés, généralement immobiles et catalase négative. Selon (**Axelsson, 2004 ; Kandler et Weiss, 1986**), les *Lactobacillus* se présentent isolément, en paires ou en chaînettes plus ou moins longues selon l'espèce et les conditions de croissance. **Araar et Bourriache (2024)** ont également isolé des bacilles Gram positifs appartenant au genre *Lactobacillus*. **Benayeche et Guenifi (2021)** ont également observé des bacilles Gram positifs dans leurs échantillons de lait de chèvre. La présence de Cocci et de bacilles est cohérente avec la diversité de la flore lactique du lait cru de chèvre. D'ailleurs, plusieurs études réalisées en Algérie, ont rapporté cette coexistence (**Badis et al., 2004, Saidi et al., 2002, Cheriguene et al., 2006**).

La recherche de l'enzyme catalase a montré que les deux isolats sont catalase négatives. Ce résultat est fondamental car il constitue l'un des critères majeurs d'appartenance au groupe des bactéries lactiques. Contrairement à de nombreuses bactéries, les germes lactiques ne possèdent pas de système cytochrome-dépendant et ne synthétisent pas de catalase, l'enzyme qui décompose le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et oxygène. Cette absence est liée à leur métabolisme strictement fermentaire (**Desmazeaud, 1983 ; Bourgeois et Larpent, 1996**). Nos résultats sont en accord avec l'ensemble des études antérieures (**Berradia Amouria (2016), Araar et Bourriache (2024), Mebarki et Sadli (2025), Benayeche et Guenifi (2021)**). D'ailleurs, le test de la recherche de l'enzyme catalase est considéré comme un marqueur fiable et discriminant pour l'identification préliminaire des bactéries lactiques, comme le souligne **Guiraud (1998)**. Ce test permet d'écarter rapidement les bactéries non lactiques.

Les résultats ont également montré que les sont oxydase négatives. Ce résultat complète et renforce l'identité des germes. L'oxydase est une enzyme impliquée dans la chaîne respiratoire des bactéries aérobies. Son absence chez les bactéries lactiques confirme leur métabolisme fermentaire et leur incapacité à utiliser l'oxygène comme accepteur final d'électrons (anaérobies facultatives mais à métabolisme essentiellement fermentaire). Nos résultats sont en accord avec ceux de **Araar et Bourriache (2024) et Mebarki et Sadli (2025)**. L'absence de l'enzyme oxydase chez nos deux isolats, associée à l'absence de l'enzyme catalase, confirme leur appartenance aux bactéries lactiques.

Les variations de température d'incubation constituent un critère physiologique essentiel pour la différenciation des bactéries lactiques, notamment pour distinguer les espèces mésophiles des espèces thermophiles. Ce test est d'autant plus important, qu'il oriente l'identification et prédit les applications biotechnologiques (fabrication de fromages à pâte cuite, fromages frais,). Nos résultats présentent un profil thermique différent entre les deux isolats. L'isolat 1 présente une bonne croissance à 25°C, 30°C et 45°C. Cette capacité à se développer à 45°C, associée à une croissance également possible à des températures plus modérées, indiquant un profil thermophile ou thermo-tolérant. Ces caractéristiques sont typiques des genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. D'ailleurs, *Streptococcus thermophilus* est connue pour sa température optimale de croissance située entre 40 et 45°C, avec une croissance plus ou moins faible à 25-30°C (**Delcour et al., 2019 ; Hols et al., 2019**). Le genre *Enterococcus* sp. peut également se développer à 45°C, voire même à des températures plus élevées (**Švec et Franz, 2014**). Nos résultats sont en accord avec ceux de (**Berradia , 2016, Araar et Bourriache, 2024 et Mebarki et Sadli, 2025**).

L'isolat 2 ne montre une croissance qu'avec la température de 30°C et absence totale de croissance à 25°C et à 45°C. Ce profil correspond à une souche mésophile stricte, avec une température optimale de croissance autour de 30 °C. Ces caractéristiques sont typiques du genre *Lactobacillus*. En effet, de nombreuses espèces de *Lactobacillus* sont mésophiles, avec une température optimale de croissance comprise entre 30 et 40°C, mais une incapacité à se développer à 45°C (Axelsson, 2004). D'ailleurs, l'absence de croissance à 45°C est un critère discriminant important. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **(Berradia, 2016, Araar et Bouriache, 2024 et Mebarki et Sadli, 2025)**.

L'absence de croissance à 45°C est un critère important qui distingue l'isolat 2 des *Lactobacillus* thermophiles. Notre isolat semble appartenir à un groupe mésophile de *Lactobacillus*.

Les résultats indiquent que l'isolat thermophile 1 est capable de résister au traitement thermique, contrairement à l'isolat mésophile 2, qui n'a montré aucune croissance après exposition à 63°C . Ces observations sont en accord avec celles rapportées par **Mebarki et Sadli (2025)**, qui ont démontré que les souches thermophiles isolées du lait de chèvre présentaient une résistance supérieure aux températures élevées par rapport aux souches mésophiles. Cette capacité pourrait être attribuée à la stabilité des systèmes enzymatiques et membranaires des souches thermophiles, leur permettant de survivre et de maintenir leur activité cellulaire à des températures élevées.

Les résultats obtenus indiquent que les deux isolats S1 et S2, sont capables de croître aux différents pH testés (4 ; 6,5 et 9,6). Cette croissance témoigne d'une adaptation physiologique importante des bactéries lactiques aux variations du pH du milieu. Ces observations sont en accord avec celles rapportées par **Mebarki et Sadli (2025)**. La croissance observée à pH 4 révèle également une acidotolérance des isolats étudiés. Cette capacité pourrait être expliquée par l'aptitude des bactéries lactiques à maintenir leur équilibre intracellulaire malgré l'acidité du milieu grâce à des mécanismes d'adaptation physiologique.

Les résultats de la tolérance au Na Cl, ont montré que les deux isolats avaient la capacité de croître en présence de 4 % et 6,5 % de Na Cl. Cette tolérance au sel reflète une résistance au stress osmotique. Ces observations sont en accord avec celles de **Mebarki et Sadli (2025)**, qui ont rapporté la capacité des souches lactiques isolées du lait de chèvre à se développer en présence de 6,5 % de Na Cl. Cette aptitude pourrait être attribuée à des mécanismes d'adaptation

osmotique permettant aux cellules bactériennes de maintenir leur équilibre physiologique dans des milieux à forte concentration saline.

La recherche sur les caractéristiques fermentaires constitue l'une des premières étapes dans l'identification phénotypique des bactéries lactiques, visant à distinguer les souches hétérofermentaires des souches homofermentaires (**Hansal, 2015**). Les résultats montrent que l'isolat S1 est homofermentaire tandis que l'isolat S2 est hétérofermentaire. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **Badis et al., (2004)**. les bactéries homofermentaires produisent principalement de l'acide lactique, tandis que les bactéries hétérofermentaires produisent de l'acide lactique, du dioxyde de carbone (CO₂) ainsi que d'autres métabolites secondaire

.Après une incubation à 37 °C pendant 48 heures, les deux souches ont entraîné la décoloration du bleu de méthylène, conférant au milieu un aspect blanc homogène. Cette observation démontre la capacité des souches à réduire le bleu de méthylène et à se développer dans ce milieu. Ces résultats corroborent ceux de **Badis et al., (2004)**, qui ont démontré que les bactéries lactiques possèdent une activité métabolique leur permettant de réduire le bleu de méthylène.

Le test de mannitol mobilité a permis de mettre en évidence deux caractères physiologiques chez les isolats : la capacité de fermentation du mannitol et la mobilité. Nos isolats se sont montré mannitol positifs et immobiles. D'un point de vue métabolique, cette capacité fermentaire témoigne d'une activité enzymatique active, impliquant notamment la mannitol-1-phosphate déshydrogénase. L'absence de mobilité pourrait être expliqué par une perte des gènes codant pour le système flagellaire (**Mebarki et Sadli, 2025**). Nos résultats concordent avec ceux de (**Benmehidi et Bennani ,2022**).

Les résultats de l'antibiogramme, a permis de mettre en évidence la sensibilité et la résistance des isolats vis-à-vis de dix antibiotiques. Les deux isolats ont montré une résistance non négligeable contre quatre antibiotiques de familles différentes : l'ampicilline, l'oxacilline, la colistine sulfate et l'acide fusidique. Cette multi résistance pourrait être attribuée à la pression de sélection exercée par l'usage intensif et parfois non contrôlé des antibiotiques dans le secteur vétérinaire en Algérie, favorisant l'émergence de souches résistantes au sein de la microflore laitière (**Benabou, 2020**). À l'inverse, une sensibilité a été observée pour la vancomycine, la pristnamycine, la gentamicine, la rifampicine et la tétracycline. Nous constatons que nos

résultats présentent des divergences avec ceux d'**Ahmed (2013)** et se rapprochent à ceux de **(Dib, 2015)**.

Les résultats de l'activité antimicrobienne ont montré que les isolats lactiques isolés du lait de chèvre présentent une activité antimicrobienne variable vis-à-vis des microorganismes testés. Cette activité inhibitrice peut être attribuée à l'action synergique de plusieurs métabolites antimicrobiens, notamment les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène ainsi que les bactériocines (**Armas et al., 2017, Reuben et al., 2020**). L'isolat 01 (supposé *Lactobacillus*) s'est révélé le plus actif. Il a montré une importante activité inhibitrice contre *Candida albicans*, avec un diamètre de zone d'inhibition de 26 mm. Ce résultat est en accord avec ceux rapportés par **(Saidi et al., 2002)**. Cette activité antimicrobienne serait principalement liée à la production d'acides organiques et d'autres métabolites secondaires à effet inhibiteur. Le même isolat a également montré une activité inhibitrice intermédiaire contre *Pseudomonas aeruginosa*, avec un diamètre d'inhibition avoisinant 16,25 mm. Ce résultat concorde avec les travaux de **(Benreguiég, 2015)**, qui ont démontré l'effet antagoniste de certaines souches de *Lactobacillus* isolées du lait de chèvre vis-à-vis de bactéries pathogènes à Gram négatif, notamment *Pseudomonas aeruginosa*.

Cette activité pourrait être expliquée par la production de composés antimicrobiens tels que les bactériocines, le peroxyde d'hydrogène et les acides organiques. À l'inverse, l'isolat 02 (supposé *Enterococcus*) a présenté une activité antimicrobienne très faible, limitée à une zone d'inhibition d'environ 2,5 mm contre *Candida albicans*, et aucune activité inhibitrice n'a été constatée contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. D'ailleurs, **(Mami et al., 2014)** ainsi que **(Yang et al., 2023)** ont souligné l'hétérogénéité biologique et métabolique au sein des bactéries lactiques, du fait que certaines souches ne possèdent pas les gènes nécessaires à la synthèse de bactériocines et n'ayant pas une capacité suffisante de production de métabolites inhibiteurs. La résistance d'*Escherichia coli* vis-à-vis aux deux isolats testés semble être liée à la structure de la membrane externe des bactéries à coloration Gram négatif, laquelle constitue une barrière limitant la pénétration des substances antimicrobiennes produites par les bactéries lactiques **(Chalmers et al., 2000)**. Ce résultat est en accord avec ceux de **(Daoudi et Khelef ,2018)**. De même, **(Benyagoub ,2022)** a montré que certaines bactéries lactiques issues du lait de chèvre fermenté présentent une activité antagoniste limitée ou inexistante vis-à-vis de bactéries à Gram négatif. Enfin, **(Rahmoun ,2010)** a rapporté que plusieurs souches de *Lactobacillus* isolées du lait cru de chèvre exercent une inhibition non négligeable sur *E. coli*. De même, **(Yang et al., 2023)** ont démontré que certaines souches d'*Enterococcus faecalis*

possèdent une activité antimicrobienne contre *E. coli.* , principalement grâce à la production de bactériocines. Il est à signaler que l'activité inhibitrice des bactéries lactiques est fortement variable, aussi bien au niveau intra- qu'interspécifique. Cette variabilité est directement liée à la diversité des mécanismes d'action et à la nature chimique des composés produits. (**Cleveland *et al.*, 2001**). A l'inverse, les résultats obtenus par la méthode de double couche ont montré une absence de zone d'inhibition, indiquant un résultat négatif de l'activité antimicrobienne des isolats lactiques testés.

Les résultats obtenus au cours de notre étude de la méthode de double couche diffèrent de ceux rapportés par **Fleming *et al.*, (1975)**, **Tabac *et al.*, (2007)**, **Ameur *et al.*,(2021)** et **Deffous et Foughalia (2017)**, qui ont observé des zones d'inhibition traduisant une activité antagoniste des bactéries lactiques contre différentes bactéries pathogènes. Ces auteurs ont attribué cette activité inhibitrice à la production de substances antimicrobiennes telles que les bactériocines, les acides organiques et le peroxyde d'hydrogène.

Conclusion

Conclusion

Les bactéries lactiques jouent un rôle fondamental dans la conservation des aliments, le développement des saveurs et la protection de la santé humaine. Elles occupent une place essentielle dans les industries agroalimentaires et laitières, notamment dans la fabrication des fromages et des laits fermentés.

Cette étude a permis d'isoler et de caractériser phénotypiquement des isolats lactiques à partir du lait cru de chèvre récolté dans la région d'Ain Témouchent, ensuite évaluer leur potentiel antimicrobien. Les analyses physico-chimiques ont révélé des valeurs de pH et d'acidité titrable conformes aux normes du lait frais de chèvre. Les analyses microbiologiques ont confirmé l'absence de germes pathogènes (*coliformes*, *Staphylocoques*), témoignant d'une qualité sanitaire satisfaisante. L'isolement sur milieu sélectif M17 a permis d'obtenir deux isolats de bactéries lactiques à Gram positif et catalase négatifs. Après purification, les tests d'identification morphologique, physiologique et biochimique ont montré que l'isolat S1, est thermophile et homofermentaire, rattaché aux genres *Streptococcus* ou *Enterococcus*, alors que l'isolat S2, est mésophile et hétérofermentaire, rattaché au genre *Lactobacillus*. Les deux isolats se sont montrés tolérants au sel et aux variations de pH, et ont démontré une activité réductrice dans le lait de Sherman. A la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que ces deux isolats ont montré une résistance non négligeable à l'égard des conditions hostiles testées.

Les profils de résistance aux antibiotiques ont montré que les isolats possèdent une résistance à certains antibiotiques testés. L'étude de l'activité antimicrobienne a révélé que l'isolat S1 possède un pouvoir inhibiteur non négligeable contre *Candida albicans* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Ces résultats offrent quelques perspectives et peuvent être complétés par :

- Une étude approfondie d'identification des isolats lactiques à l'aide d'outils moléculaire (PCR et séquençage)
- Une évaluation des propriétés probiotiques permettant de valoriser ces isolats dans les filières laitières.
- Il est également souhaitable de multiplier les échantillons de lait de chèvre et de diversifier l'origine afin de pouvoir établir un screening efficace des isolats lactiques.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abdul Hakim, B. N., Xuan, N. J., & Oslan, S. N. H. (2023). A comprehensive review of bioactive compounds from lactic acid bacteria : Potential functions as functional food in dietetics and the food industry. *Foods*, 12(15), Article 2850. <https://doi.org/10.3390/foods12152850>

Afriza, Y., Purwadi, & Tallei, T. E. (2020). Indigenous lactic acid bacteria isolated from spontaneously fermented goat milk as potential probiotics. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(7), 883–890. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.883.890>

Agriopoulou, S.; Stamatelopoulou, E.; Sachadyn-Król, M.; Varzakas, T. (2020). Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects. *Microorganisms* , 8, 952.

Ahmed, A. A. (2013). In vitro screening of Lactobacillus species from homemade yoghurt for antagonistic effects against common bacterial pathogens. *Jordan Journal of Biological Sciences*, vol. 147, no 898, p. 1-6.

Akinyemie, M., Kleyn, M., Abdelmaksoud, M., Van Wyk, D., Adeleke, R., & Ezekiel, C. (2025). Functional and safety profiles of microbial communities in milk of ranches and nomadic goats and their predictive role in mycotoxin reduction. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 41. <https://doi.org/10.1007/s11274-025-04507-3>.

Akshit, F., Mao, T., Kaushik, R., Poswal, V., & Deshwal, G. (2024). Global comprehensive review and meta-analysis of goat milk composition by location, publication year and lactation stage. *Journal of Food Composition and Analysis*. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.105973>.

Alais, C. (1984). Science du lait : principes des techniques laitières. *Paris : La Maison Rustique*, 500 p.

Ameur, A., Della, R., & Djellil, H. (2021). Screening des bactéries lactiques productrices des bactériocines isolées à partir du colostrum et caractérisation de leur activité antimicrobienne vis-à-vis des souches cliniques. Mémoire de Master, Université Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie

Anumudu, C. K., Miri, T., & Onyeaka, H. (2024). Multifunctional applications of lactic acid bacteria : Enhancing safety, quality, and nutritional value in foods and fermented beverages. *Foods*, 13(23), Article 3714. <https://doi.org/10.3390/foods13233714>

ARAAR, B., & BOURIACHE, S. (2024). Isolement et caractérisation des bactéries lactiques à partir de lait de chèvre [Mémoire de master]. Université Oran1 Ahmed Ben Bella.

Araar, B., & Bouriache, S. (2024). Isolement et caractérisation des bactéries lactiques à partir de lait de chèvre (Mémoire de master, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella, Département de Biologie).

Armas, F., Camperio, C., et Marianelli, C. (2017). In vitro assessment of the probiotic potential of *Lactococcus lactis* LMG 7930 against ruminant mastitis-causing pathogens. *PLoS One*, 12(1), e0169543.

Ayed, L., M'hir, S., Nuzzolese, D., Di Cagno, R., & Filannino, P. (2024). Harnessing the health and techno-functional potential of lactic acid bacteria : A comprehensive review. *Foods*, 13(10), Article 1538. <https://doi.org/10.3390/foods13101538>

Amiot, J. (1991). Science et technologie du lait : Physiologie de la lactation, constitution et propriétés du lait, hygiène et santé. Presses de l'Université Laval.

B

BADIS A., G. D. (2004). Etude physiologique des bactéries lactiques isolées du lait cru de chèvre de la race Ouled Djellal. *Journal algérien des régions Arides*, 16.

Benabou, T. A. (2020). Mécanismes d'antibiorésistance de bactéries lactiques. Thèse de doctorat en sciences, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie.DSpace de l'université d'Oran1

BENAYECHE, M., & GUENIFI, C. (2021). Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait de vache et de lait de chèvre [Mémoire de master]. Université 8 Mai 1945 de Guelma.

Benderouich B, (2009). La kémaria: un produit du terroir à valoriser, mémoire d'ingénieure, université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, p.17.

Benmehidi, N. E., & Bennani, B. (2022). Caractérisation biochimique et microbiologique de quelques souches lactobacilles isolées de produits terroir (Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem). DSpace de l'université de Mostaganem

Benreguieg, M. (2015). Propriétés antibactériennes et probiotiques de bactéries lactiques isolées à partir du lait de vache, de chèvre et de brebis dans la région de l'Ouest algérien (Mémoire de master/Magister). Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.

Benyagoub, E. (2022). Technological properties and antagonistic effect of lactic acid bacteria isolated from fermented goat milk flavoured with juniper leaves – a product from the southwest region of Algeria – against some microbial contaminants. *Nutrafoods*, 2(1), 1–12.

Bermúdez-Humarán LG, Aubry C, Motta JP, Deraison C, Steidler L, Vergnolle N, Chatel JM, Langella P. (2013). Engineer-ing lactococci and lactobacilli for human health. *Current Opinion in Microbiology*, 16, 278–283.

BERRADIA AMOURIA. (2016). Isolement, purification et identification des bactéries lactiques à partir de lait cru de chèvre [Mémoire de master]. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Bouameur, n., & moukar, s. N. (2020). Étude d'une substance antimicrobienne produite par des bactéries lactiques autochtones vis-à-vis des bactéries multirésistantes (Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).

Bouguerra, A. (2018). Caractérisation des bactéries lactiques du lait de chamelle

Brouti, C., & Goudiaby, M.-C. (2021). Transformer le lait local en Afrique de l'Ouest: Procédés et clés du développement des minilaiteries. Éditions Quae.

C

Carr, F. J., Don, C., & and Maida, N. (2002). The Lactic Acid Bacteria: A Literature Survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(4), 281–370

Cassinello, J., & Pereira, C. (2001). Qualité du lait et paramètres d'évaluation. *Revue Laitière Française*, 610, 37–42.

Castellano, P.; Ibarreche, M.P.; Massani, M.B.; Fontana, C.; Vignolo, G.M. Strategies for Pathogen Biocontrol Using Lactic Acid Bacteria and Their Metabolites: A Focus on Meat Ecosystems and Industrial Environments. *Microorganisms* 2017, 5, 38.

Chalmers, R., et Aird, D. F. (2000). Waterborne Escherichia coli O157. *Journal of Applied Microbiology*, 88, 124-132.

Chauhan, S., Powar, P., & Mehra, R. (2021). A review on nutritional advantages and nutraceutical properties of cow and goat milk. *International Journal of Applied Research*. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2021.v7.i10b.9025>.

Cheurfi, S., & Aouidat, F. Z. (2021). L'étude de l'utilisation des bactéries lactiques genre lactobacillus dans l'industrie agro-alimentaire.

Cleveland, J., Montville, T. J., Nes, I. F., et Chikindas, M. L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71(1), 1-20.

Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (36th ed., CLSI supplement M100).

Contreras, A., Sierra, D., Sánchez, A., Corrales, J. C., Marco, J. C., Paape, M. J., & Gonzalo, C. (2007). Mastitis in small ruminants. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.01.010>

Crépin, J. (1906). La chèvre : son histoire, son élevage pratique, ses bienfaits, ses services (2e éd.). Paris, France : Librairie Hachette et Cie.

Ctinils. (2010). Conduite à tenir en cas de suspicion d'infection invasive à *Streptococcus pyogenes* (streptocoque bêta-hémolytique du groupe A) en service de gynécologie obstétrique et maternité. *Centre de Coordination de Lutte contre les Infections Nosocomiales Sud-Est*. P9.
D

Da Cruz, A., Oliveira, A., Da Silva, B., Da Silva, E., & Lima, A. (2021). Physicochemical and microbiological aspects of goat milk. *Scientia Agraria Paranaensis*. <https://doi.org/10.18188/sap.v20i1.25314>.

Daoudi, H., et Khelef, C. (2018). Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques isolées à partir du lait cru (Mémoire de master). Université d'El Oued, Algérie.

DAYON, A. (2005). Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre revue des travaux récents ; colloque sur la chèvre, CRAAQ 7 Octobre, Québec, Canada.

De Rouissat, L. & Bensoltane, A. (2006). Physico-chemical, microbiological and biotechnological studies of lactic acid bacteria isolated from ewe's milk of Algeria two breeds (Ouled Djellal and El Hamra). *Egypt. J. App.ci.21* : (2B), 567-580.

Deffous, S., & Foughalia, S. (2017). Étude de l'activité antibactérienne et d'adhésion des souches de bactéries lactiques. Mémoire de Master, Université Mohammed Seddik Ben Yahia, Jijel, Algérie.

Dib, W. (2015). Caractéristiques et rôle probiotique des bactéries lactiques isolées à partir du lait de chèvre : Effet immunomodulateur chez la souris Balb/c (Mémoire de doctorat, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella). DSpace de l'Université Oran 1.

Diof L .(2004). Etude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans les Niayes(senegal). Mémoire d'études approfondies de productions animales. Université Cheikh antaDiop de Dakar. P 7

F

FabLab Sorbonne Université. (s.d). Test catalase. Wiki FablabSU. <https://wiki.fablab.sorbonne-universite.fr/BookStack/books/techniques-de-base/page/test-catalase>.

Fleming, H. P., Etechells, J. L., & Costilow, R. N. (1975). Microbial inhibition by an isolate of *Pediococcus* from cucumber brines. *Applied Microbiology*.

Food and Agriculture Organization. (2011). Guide to good dairy farming practice. FAO Animal Production and Health Guidelines.

G

Gaddour, A., Najari, S., Abdennebi, M., Arroum, S., & Assadi, M. (2013). Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collectée localement dans les régions arides de la Tunisie. *Options Méditerranéennes A*, 108, 151-154.

Garofalo C, Zannini E, Aquilanti L, Silvestri G, Fierro O, Picariello G, Clementi F. (2012). Selection of sourdough lactobacilli with antifungal activity for use as bio-preservatives in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7719–7728.

Garvie, E.I. (1986). Genus *pediococcus*. In-Bergey's manual of systematic bacteriology, Vol.2. (P. H .A. Sneath., N. S. Mair., M. E. Sharpe & K. G. Holt, eds.), Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 1075-1079.genomics of 213 strains and associated genera. *Nature Communications*, 6(1), 1-13.

Gerhardt P., Murray R.G.E., Wood W.A. Krieg N.R. (1994). Method for general and molecular bacteriology. *American Society for Microbiology*. 518

Grujović, M. Ž., Marković, K. G., Morais, S., & Semedo-Lemsaddek, T. (2024). Unveiling the potential of lactic acid bacteria from Serbian goat cheese. *Foods*, 13(13), Article 2065. <https://doi.org/10.3390/foods13132065>

Guiraud J.P., (2003). Microbiologie alimentaire. Tec &Doc, Dunod. *Paris*. Pp : 90-292.

Guiraud, J. P., (1998). Microbiologie alimentaire, microbiologie des principaux produits laitiers. *Edition DUNOD, Paris*, 65.

Gupta, R.; Jeevaratnam, K.; Fatima, A. Lactic Acid Bacteria: Probiotic Characteristic, Selection Criteria, and its Role in Human Health. *J. Emerg. Technol. Innov. Res.* 2018, 5, 411–424.

H

Hansal,N.(2020). Etude du potentiel probiotique des bactéries lactiques isolées à partir du lait cru de chèvre (Mémoire de doctorat, université d’Oran 1 Ahmed Ben Bella).DSpace de l’université Oran 1.

Hwanhlem N., Buradaleng S., Wattanachant S., Benjakul S., Tani A., Maneerat S., 2011. Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. *Food Control*. 22 : 401-407.

I

IDRISSA, H., & COULIBALY, L. (s.d.). Contribution à l’étude physico-chimique et bactériologique du lait de chèvre et essais de fabrication de fromages frais [Mémoire de master]. Université 8 Mai 1945 de Guelma.

International Organization for Standardization. (2013). ISO 4833-1 : Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms.

International Organization for Standardization. ISO 21527-1:2008 / ISO 21527-2:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization. ISO 4832:2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coliforms — Colony-count technique. Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization. ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique. Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization. ISO 6888-1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. Geneva, Switzerland.

Islam, M. Z., Uddin, M. E., Rahman, M. T., Islam, M. A., & Harun-Ur-Rashid, M. (2021). Isolation and characterization of dominant lactic acid bacteria from raw goat milk : Assessment of probiotic potential and technological properties. *Small Ruminant Research*, 205, Article 106532. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106532>

J

Jamet, E. (2009). Application alimentaire : produits fermentes. Les bacteries lactiques : une composante de l'écosysteme microbien des fromages. In : Bactéries lactiques : physiologie, metabolisme, genomique et application industrielles. (Dridet, D., Prevost, H). *Economica. Paris*, 319-327.

Joffin, J. N., & Leyral, G. (1996). Microbiologie technique : Tome 1, Dictionnaire des techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

Jouhannet, P. (1992). Le lait de chèvre : Un produit d'avenir ? (Thèse de doctorat en pharmacie). Université de Limoges. <https://cdn.unilim.fr>

Jyoti., Singh, N. (2024). Unveiling the culturable bacterial diversity, pathogens and impact of seasonality on microflora of raw goat milk : A Phylogenetic Outlook. *International Dairy Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105904>.

JYu, J., Wang, W. H., Menghe, B. L. G., Jiri, M. T., Wang, H. M., Liu, W. J., Bao, Q. H., Lu, Q., Zhang, J. C., Wang, F., Xu, H. Y., Sun, T. S., & Zhang, H. P. (2011). Diversity of lactic acid bacteria associated with traditional fermented dairy products in Mongolia. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3229–3241. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3727>

K

Kanmani P, Satish Kumar R, Yuvaraj N, Paari KA, Pattuku-mar V, Arul V. (2013). Probiotics and its functionally valuable products-a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(6), 641-58.

KETZ. F, (2016). Infections urinaires hautes aux urgences : Incidence et facteurs associés au bon diagnostic. Université de Paris Diderot – Paris-7. Paris. Thèse de doctorat.49p

L

L. Vassal (1993), Qualité bactériologique du lait cru de chèvre en France, ou les travaux sur la microflore et l'hygiène du lait.

Luquet, F. M. (1985). Lait et produits laitiers : vache, chèvre, brebis. Tome 2 : Les traitements et les produits laitiers. Éditions Tec & Doc.

Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4):2782-2858.

Leveau J.Y., Bouix M. & De Roissart H.B., (1991). La flore lactique : technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. 2e Éd., Tec & Doc, Lavoisier. Paris. 3: 2-40.

Lescure A., Blanc A. (2002). Microbiologie et Hygiène. Cours de 2^{ème} année, génie biologie Diététique. Montpellier, France

Lodygin, A., Kulikova, I., & Mikhailov, I. (2023). The goat milk composition and properties as a raw material for functional foods manufacturing. *Sovremennaya nauka i innovatsii*. <https://doi.org/10.37493/2307-910x.2023.3.12>

M

Maiouet, I., Mahi, K., Abouloifa, H., & Rhallabi, N. (2024). Technological characterization of lactic acid bacteria isolated from raw milk. *Interactions*, 245, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10751-024-02059-w>

Maleki, M., Daneshniya, M., & Abdolmaleki, F. (2025). Investigating the physicochemical and antioxidant properties of goat milk enriched with rice extract fermented by exopolysaccharide-producing lactic bacteria for functional yogurt production. *International Journal of Food Science*, 2025, Article 8008452. <https://doi.org/10.1155/ijfo/8008452>

Mallet, A., Guéguen, M., Kauffmann, F., Chesneau, C., Sesboué, A., & Desmasures, N. (2012). Quantitative and qualitative microbial analysis of raw milk reveals substantial diversity influenced by herd management practices. *International Dairy Journal*, 27(1-2), 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.07.006>

Mami, A., Kerfouf, A., et Kihal, M. (2014). *Study of the Antimicrobial and Probiotic Effect of Lactobacillus plantarum Isolated from Raw Goat's Milk from Western Algeria.*

Mandha, J.; Shumoy, H.; Devaere, J.; Schouteten, J.J.; Gellynck, X.; Winne, A.; Matemu, A.O.; Raes, K. Effect of lactic acid fermentation of watermelon juice on its sensory acceptability and volatile compounds. *Food Chem.* 2021, 358, 129809

Marino, M., Maifreni, M., & Rondinini, G. (2003). Microbiological characterization of artisanal Montasio cheese : Analysis of its indigenous lactic acid bacteria. *Journal of Food Science*, 68(5), 1828–1834. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12337.x>

Mebarki,A et Sadli,K.(2025).étude biotechnologique des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre cru. (Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem).DSpace de l'université de Mostaganem

Mechai, A. (2009). Isolement, caractérisation et purification de bactériocines produites par des bactéries lactiques autochtones : études physiologiques et biochimiques (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

Miranda, C., Contente, D., Igrejas, G., Câmara, S., Dapkevicius, M. D. L. E., & Poeta, P. (2021). Role of Exposure to Lactic Acid Bacteria from Foods of Animal Origin in Human Health. *Foods*, 10(9), 2092.

Monareng, N., Ncube, K., Van Rooi, C., Modiba, M., & Mtileni, B. (2025). A Systematic Review on Microbial Profiling Techniques in Goat Milk : Implications for Probiotics and Shelf-Life. *International Journal of Molecular Sciences*, 26. <https://doi.org/10.3390/ijms26125551>.

Morgan, F. (1999). Le lait de chèvre : composition et propriétés. Paris : Éditions Tec & Doc.

Moumene, M. (2015). Isolement et identification des bactéries lactiques et étude de l'effet antagoniste vis-à-vis des germes pathogènes (Thèse de doctorat). Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie.

N

Nayik, G., Jagdale, Y., Gaikwad, S., Devkatte, A., Dar, A., & Ansari, M. (2022). Nutritional Profile, Processing and Potential Products : A Comparative Review of Goat Milk. *Dairy*. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>.

P

Parambil, J., A. V., Veettil, V., & Kadavath, S. (2025). Antimicrobial and therapeutic properties of bacteriocins from *Lactobacillus casei* isolated from goat milk. *Cellular and Molecular Biology*, 71(5), 78–84. <https://doi.org/10.14715/cmb/2025.71.5.11>

Park, Y., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88-113.

Q

Quigley, L., McCarthy, R., McCarthy, R., O’Sullivan, O., Beresford, T., Fitzgerald, G., Ross, R., Stanton, C., & Cotter, P. (2013). The microbial content of raw and pasteurized cow milk as determined by molecular approaches.. *Journal of dairy science*, 96 8, 4928-37 . <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6688>.

R

Rahmoun, A. (2010). Évaluation de l’activité antimicrobienne des espèces de *Lactobacillus* isolées du lait cru de chèvre (Mémoire de magister). Université d’Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie.

Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, A. R. U., et Jahid, I. K. (2020). Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties. *Journal of dairy science*, 103(2), 1223-123

Rodrigues, V. M. T., Tanomaru, J. M. G., Tanomaru, M., Spolidório, D. M. P., & Ito, I. Y. (2002). *In vitro* antimicrobial activity of root canal filling and retrofilling materials. *Journal of Dental Research*, 81, B59–B59.

Romano-Bertrand, S., Pozzetto, B., & Decousser, J.-W. (2023). L’antibiogramme : objectifs, méthodes et interprétation. *Hygiènes*, 31(3), 253–258.

S

Saeed, Z. H., Abbas, B. A., & Othman, R. M. (2020). Molecular identification and phylogenetic analysis of lactic acid bacteria isolated from goat raw milk. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 34(2), 287–293. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2019.125896.1176>

Saidi, N., Guessas, B., Bensalah, F., Badis, A., Hadadji, M., Henni, D. E., Prevost, H., et Kihal, M. (2002). Caractérisation des bactéries lactiques isolées du lait cru de chèvre des régions arides d’Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, 1(1), 1–10.

Sánchez Macías, D., Laubscher, A., Castro, N., Argüello, A., & Mendoza Grimón, V. (2018). Effects of feeding system on the microbial population of goat milk. *Journal of Dairy Research*, 85(4), 407–411. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000742>

Schaeren, W. (2007). Production de lait de chèvre et de brebis : La qualité s'avère payante (ALP actuel, n° 29). Agroscope Liebefeld-Posieux ALP.

Siboukeur O., 2007. Etude du lait camelin collecte localement: caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat. Institut national agronomique El-Harrach-Algérie, p 22.

Sionek, B., Szydłowska, A., Trzaskowska, M., & Kołożyn-Krajewska, D. (2024). The impact of physicochemical conditions on lactic acid bacteria survival in food products. *Fermentation*, 10(6), Article 298. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060298>

Solanki, D., & Hati, S. (2018). Fermented camel milk: A Review on its biofunctional properties. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(4), 268-274

Sonu ,KS.,Basavaprabhu ,HN. (2020). Compositional and therapeutic signatures of goat milk : A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8, 1013-1019. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2p.8902>.

ST-GELAIS, D., BABA ALI, O., AND TURCOT, S. (2000). Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. In "Site du ministère de l'agriculture et agroalimentaire du Canada."

Sun, Z., Harris, H., McCann, A., Guo, C., Argimón, S., Zhang, W., et O'Toole, P. W. (2015). Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative
T

Tahar Berrabah,C., et Tahar Berrabeh,F.(2020).Isolement et caractérisation des lactobacilles à partir du lait de chèvre (mémoire de master, université Belhadj Bouchaib d'Ain témouchnet). DSpace de l'Université d'Ain témouchent.

Tormo, H., Lekhal, D. A. H., & Roques, C. (2015). Phenotypic and genotypic characterization of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk and effect of farming practices on the dominant species of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 210, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.002>

Tourette, I. (2002). Filières laitières en Afrique et points critiques pour la maîtrise des dangers sanitaires des laits et produits laitiers (Doctoral dissertation, UM2).

Trimulyono, G., Salamun, S., & Fatimah, F. (2025). Diversity of lactic acid bacteria in Senduro goat milk. *Jurnal Riset Biologi Dan Aplikasinya*, 7(1), 77–87.
<https://doi.org/10.26740/jrba.v7n1.p77-87>

U

Université Frères Mentouri Constantine 1. (s.d.). Cours de microbiologie clinique : l'antibiogramme. Faculté de médecine.

V

Vignola, C. L. (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. Pp. 26

Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K.-H., & Whitman, W. B. (2011). Bergey's manual of systematic bacteriology . *The Firmicutes* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Wang, G., Feng, G., Snyder, A. B., Manns, D. C., Churey, J. J., & Worobo, R. W. (2014). Bactericidal thurincin H causes unique morphological changes in *Bacillus cereus* F4552 without affecting membrane permeability. *FEMS Microbiology Letters*, 357(1), 69-76

Wang, G., Feng, G., Snyder, A. B., Manns, D. C., Churey, J. J., & Worobo, R. W. World Health Organization. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Press.

Y

Yang, Z., Ni, L., Tian, W., et Chi, H. (2023). Screening and identification of goat-milk-derived lactic acid bacteria with bacteriocin-like activity and probiotic potentials. *Microorganisms*, 11(4), 849.

Z

Zarour, K., Zeid, A. F., Mohedano, M. L., Prieto, A., Kihal, M., & López, P. (2024). *Leuconostoc mesenteroides* and *Liquorilactobacillus mali* strains, isolated from Algerian food products, are producers of the postbiotic compounds dextran, oligosaccharides and mannitol. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(4), 114.

Zervas, G., and Tsiplakou, E. (2013).Goat milk.Milk and dairy products in human nutrition: production, *composition and health*, p. 498-518.

Zhang, Z., Shu, G., Nan, J., Meng, F., Zhang, M., & Chen, L. (2025). Exploring the healthy potential of goat milk fermented by novel isolated lactic acid bacteria : Genetic identification, bioactive peptides, nutritional mechanism and sensory evaluation. *International Journal of Food Microbiology*, 442, Article 111354. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111354>

Zheng, J.; Wittouck, S.; Salvetti, E.; Franz, C.M.; Harris, H.; Mattarelli, P.; O'Toole, P.W.; Pot, B.; Vandamme, P.; Walter, J. (2020).A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 70, 2782–2858 .

Zoumpopoulou, G., Tzouvanou, A., Mavrogonatou, E., Alexandraki, V., Georgalaki, M., Anastasiou, R. (2018). Probiotic features of lactic acid bacteria isolated from a diverse pool of traditional Greek dairy products regarding specific strain-host interactions. *Probiotics and antimicrobial proteins*, vol. 10, no 2, p. 313-322.

Annexe

Annexe

Annexe 01 : Milieux de cultures

1/ Milieux solides:

Milieu de Chapman

(ou gélose Chapman / Mannitol Salt Agar)

Utilisé pour l'isolement des *Staphylococcus aureus* grâce à sa forte concentration en NaCl.

Peptone	10 g
Extrait de viande	1 g
D-mannitol	10 g
Chlorure de sodium (NaCl)	75 g
Rouge de phénol	0,025 g
Agar	15 g
Eau distillée	qsp 1000 mL

pH $7,4 \pm 0,2$ Autoclavage : 121°C pendant 20min.

Milieu Sabouraud (ou gélose Sabouraud)

Utilisé pour la culture des levures et moisissures.

Peptone	10 g
Glucose (dextrose)	40 g
Agar	15 g
Eau distillée	qsp 1000 mL

pH $5,6 \pm 0,2$ Autoclavage : 121°C pendant 20min.

Milieu Désoxycholate (ou gélose au désoxycholate)

Utilisé pour l'isolement des bactéries entériques Gram négatif.

Peptone	10 g
Lactose	10 g
Citrate de sodium	2 g
Désoxycholate de sodium	1 g
Chlorure de sodium	5 g
Rouge neutre	0,03 g
Agar	13 à 15 g
Eau distillée	qsp 1000 mL

pH 7,3 $\pm$ 0,2 Autoclavage : 121°C pendant 20min.

Milieu gélose MRS (de Man Rogosa et Sharpe,1960)

Est utilisée pour la culture et le dénombrement des Lactobacillus dans les produits laitiers et les autres produits alimentaires ainsi que dans les produits destinés à

l'alimentation animale.

Extrait de levure	5g
Extrait de viande	5g
Peptone	10g
Acétate de sodium	5g
Citrate de sodium	2g
Glucose	20g
KH ₂ PO ₄	2g
MgSO ₄	0.1g
MnSO ₄	0.05 g
Agar	12g
Tween80	1ml
Eau distille	1000ml

pH=6.5 à 37°C Autoclavage : 121°C pendant 20min.

Gélose M17 (M17 Agar)

La gélose M17 est un milieu utilisé pour l'isolement et la culture des bactéries lactiques, principalement *Lactococcus* et certains *Streptococcus*.

Peptone de soja	5 g
Peptone de viande	2,5 g
Tryptone	2,5 g
Extrait de viande	5 g
Extrait de levure	2,5 g
β -glycérophosphate disodique	19 g
Acide ascorbique	0,5 g
Sulfate de magnésium ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0,25 g
Agar	15 g
Lactose (souvent ajouté)	5 g
Eau distillée	qsp 1000 mL

pH $7,1 \pm 0,2$ à 25°C Autoclavage : 121°C pendant 20min.

Milieu Mueller-Hinton (Mueller et Hinton, 1941)

Infusion de viande de bœuf	3000 cm ³
Peptone de caséine	17,5 g
Amidon de maïs	1,5 g
Agar-agar	17 g

pH 7.4 Autoclavage 120°C/ 20 minutes

2/ Milieux liquides

Milieu MRS

MRS (milieu solide) sans agar	12 g
-------------------------------	------